



Pola doświadczalne w Radzikowie  
*Fot. Gabriela Wodzyńska-Lapińska*

BIULETYN  
INSTYTUTU HODOWLI  
I AKLIMATYZACJI ROŚLIN  
Nr 268/2013



Pola doświadczalne w Radzikowie. Fot. Gabriela Wodzyńska-Łapińska

RADZIKÓW 2013  
INSTYTUT HODOWLI I AKLIMATYZACJI ROŚLIN  
PAŃSTWOWY INSTYTUT BADAWCZY — RADZIKÓW  
05-870 BŁONIE pod WARSZAWĄ

INSTYTUT HODOWLI I AKLIMATYZACJI ROŚLIN  
PAŃSTWOWY INSTYTUT BADAWCZY

Dyrektor: Prof. dr hab. Edward Arseniuk

Komitet Redakcyjny:

Editorial Committee:

HENRYK J. CZEMBOR (Przewodniczący — Editor-in Chief)

DANUTA BOROS, WIESŁAW MĄDRY, WOJCIECH NOWACKI,

STANISŁAWA ROZTROPOWICZ-SZKUBEL, BARBARA ZAGDAŃSKA,

GABRIELA WODZYŃSKA-ŁAPIŃSKA (Sekretarz Redakcji — Editorial Secretary)

Redaktor Statystyczny — WIESŁAW MĄDRY

CZASOPISMO UKAZUJE SIĘ OD 1951 ROKU

Redaktor techniczny i skład komputerowy

GABRIELA WODZYŃSKA-ŁAPIŃSKA

---

Druk: CENTRUM POLIGRAFII Sp. z o.o.

**KONFERENCJA NAUKOWA**

**NAUKA DLA HODOWLI I NASIENICTWA ROŚLIN UPRAWNYCH**

**ZAKOPANE, 4. 02 — 8. 02. 2013**

**POD HONOROWYM PATRONATEM**

WICEPREMIERA RZĄDU RP I MINISTRA GOSPODARKI

MINISTRA ROLNICTWA I ROZWOJU WSI

**ORGANIZATOR**

**INSTYTUT HODOWLI I AKLIMATYZACJI ROŚLIN — PAŃSTWOWY  
INSTYTUT BADAWCZY W RADZIKOWIE**

ZAKŁAD ROŚLIN ZBOŻOWYCH, KRAKÓW

**WSPÓŁORGANIZATOR**

**KOMITET FIZJOLOGII, GENETYKI I HODOWLI ROŚLIN**

WYDZIAŁU NAUK BIOLOGICZNYCH I ROLNICZYCH POLSKIEJ AKADEMII NAUK

**KOMITET NAUKOWY KONFERENCJI**

PROF. DR HAB. EDWARD ARSENIUK — PRZEWODNICZĄCY  
PROF. DR HAB. IWONA BARTKOWIAK-BRODA  
PROF. DR HAB. EWA ZIMNOCH-GUZOWSKA  
DR HAB. GRZEGORZ ŻUREK  
DR MIROSŁAW NOWAKOWSKI  
DR JACEK WAGA

**KOMITET ORGANIZACYJNY**

DR ANNA STRZEMBICKA  
DR KAROLINA MITURA  
DR TADEUSZ ŚMIAŁOWSKI  
DR PRZEMYSŁAW SZECÓWKA  
MGR AGATA KRUKOWSKA  
MGR TADEUSZ ZAWISKI  
ZBIGNIEW GRYMEK

**KONFERENCJA NAUKOWA**

**OFICJALNY SPONSOR KONFERENCJI**

**SYNGETA, CROP PROTECTION SP. Z O.O.**

**WARSZAWA UL. POWĄZKOWSKA 44C**

**SPONSORZY KONFERENCJI**

ZÜRN HARVESTING GMBH &CO

KG KAPELLENSTRASSE 1  
D – 74214 SCHÖNTAL-WESTERNHAUSEN

DAR NATURY POLSKA S.A.

KRAKÓW UL. VETULANIEGO 1A

TYSKIE BROWARY KSIĄŻECE

TYCHY UL. MIKOŁOWSKA 5

CEREUS WENA

TORUŃ UL. BIAŁA 19

BAHLEN SP. ZO.O.

SKAWINA UL. PIŁSUDSKIEGO 1

LAJKONIK SNACKS S.A.

SKAWINA UL. PIŁSUDSKIEGO 1

PRECOPTIC CO. WOJCIECHOWSCY

WARSZAWA UL. ARKUSZOWA 60

MERAZET S.A.

POZNAŃ UL. KRAUTHOFERA 36

SPONSORZY

syngenta®

**ZÜRN**  
H A R V E S T I N G

darnatury®

Czas na wodę, woda na czas



PRECOPTIC Co.



ANNA STRZEMBICKA  
GRZEGORZ CZAJOWSKI  
KATARZYNA KARSKA

Zakład Roślin Zbożowych w Krakowie  
Instytut Hodowli i Aklimatyzacji Roślin — PIB

## Charakterystyka materiałów hodowlanych pszenicy ozimej pod względem odporności na rdzę brunatną (*Puccinia triticina*)

### Characteristics of the winter wheat breeding materials in respect of resistance to leaf rust *Puccinia triticina*

Oceniano odporność rodów pszenicy ozimej na rdzę brunatną *Puccinia triticina*, w latach 2008–2012. Badania prowadzono w warunkach sztucznej inokulacji oraz naturalnej infekcji w stadium rośliny dorosłej w Grodkowicach i Krzeczowicach. Ogółem przebadano 2080 genotypów, w tym 655 form z doświadczeń wstępnych, oraz 1425 rodów z ośrodków hodowli z różnych rejonów uprawy pszenicy. Ocenę odporności prowadzono w skali 9-stopniowej w której 9 — oznacza wysoką odporność, 1 — wysoką wrażliwość. Stwierdzono zróżnicowanie badanego materiału pod względem odporności na *Puccinia triticina*, w latach badań i miejscowościach. Ogółem w grupie form odpornych, ocena w skali 9–7, znalazło się od 22–40% badanych, najczęściej 35–48% miało ocenę 5–6. W grupie 655 form z doświadczeń wstępnych 78 (12,8%) wykazywało wysoką odporność w obu miejscowościach. Spośród tych dokonano wyboru 29 genotypów, które charakteryzowały się odpornością przez okres 2–3 lat w Grodkowicach i Krzeczowicach i mogą być wykorzystane jako źródła odporności.

**Słowa kluczowe:** materiały hodowlane, odporność, pszenica ozima, *Puccinia triticina*

The resistance to leaf rust (*Puccinia triticina*) of winter wheat breeding lines in the years 2008–2012 was evaluated. Studies were carried out using the method of artificial inoculation and under conditions of natural infection at the adult plant stage at Grodkowice and Krzeczowice. A total 2080 breeding lines of wheat: 655 from preliminary trials and 1425 forms from breeding stations were tested. A scale of 9 — high resistance to 1 — high susceptibility was used for resistance assessment. Considerable differences of tested materials with respect to reaction to leaf rust were found in both localities and years. In the group of resistant forms (scored with 9–7 degrees) 22–40% of tested lines were found. The most of genotypes (35–48%) were scored within the range 6–5. In the group of lines from preliminary trials 78 (12.8%) showed a high resistance in both localities. The obtained results

allowed to select 29 genotypes with high resistance to leaf rust lasting for 2–3 years at Grodkowice and Krzeczowice and thus they can be used as resistance sources.

**Key words:** breeding materials, *Puccinia triticina*, resistance, winter wheat

## WSTĘP

Wśród chorób pszenicy ozimej jedną z ważniejszych jest rdza brunatna, powodowana przez grzyb *Puccinia triticina* Erikss. Cechą charakterystyczną, która decyduje o ekonomicznym znaczeniu tej choroby jest systematyczność jej występowania w wielu rejonach świata oraz istotny wpływ na plon. Rokrocznie powoduje ona straty w plonach szacowane na około 15%, a w latach epifitoz 30–60% (Roelfs i in., 1992; Sayre i in., 1998).

W Polsce rdza brunatna występuje corocznie na jarych i ozimych formach pszenicy z różnym nasileniem w zależności od warunków pogodowych. Do szerokiego rozpowszechnienia grzyba *Puccinia triticina* przyczyniły się między innymi specjalizacja paszytnictwa, migracja zarodników oraz mała liczba odpornych genotypów często o podobnej bazie genetycznej.

Pomimo możliwości stosowania fungicydów najlepszym sposobem zapobiegania i zwalczania rdzy brunatnej jest wykorzystanie genetycznej odporności. Hodowla odmian odpornych wymaga zarówno badania chorobotwórczości patogena, jak i badania odporności rośliny-gospodarza (Arseniuk, 1995).

Informacje dotyczące struktury populacji *Puccinia triticina*, oraz częstotliwości genów wirulencji korespondujących z genami odporności mają duże znaczenie dla programów hodowli odpornościowej, ukierunkowują badania nad odpornością i pozwalają wybrać najistotniejsze genotypy odporne w stosunku do określonych typów wirulencji (Woźniak-Strzembicka, 1997; Czajowski i in., 2011).

Prace hodowlane wymagają stałego poszukiwania i doboru źródeł odporności dla tworzenia nowych genotypów stąd bardzo ważne znaczenie ma dysponowanie aktualnymi i pełnymi danymi o odporności form i materiałów hodowlanych pszenicy.

Celem pracy była ocena odporności na rdzę brunatną *Puccinia triticina* w stadium rośliny dorosłej (stadium od kłoszenia do wczesnej dojrzałości mleczej) genotypów pszenicy ozimej z doświadczeń wstępnych oraz z różnych rejonów uprawy. Próbowano także wytypować ewentualne źródła odporności spośród zaawansowanych materiałów w procesie hodowli.

## MATERIAŁ I METODY

Ocenę odporności pszenicy ozimej przeprowadzono na rodach z doświadczeń wstępnych oraz na materiałach z kilku ośrodków hodowli pszenicy, z różnych rejonów uprawy w latach zbioru 2008–2012. Odporność roślin badano w polu w stadium rośliny dorosłej w Zakładzie Doświadczalnym IHAR — PIB Grodkowice w warunkach sztucznej inokulacji oraz w SHR Krzeczowice w warunkach naturalnej infekcji. W obu miejscowościach obiekty wysiewano w polu w jednym powtórzeniu po 2 rzędy. Łącznie w omawianym okresie badań testowano 2080 genotypów, w tym 655 z doświadczeń

wstępnych oraz 1425 form z różnych rejonów uprawy pszenicy. W każdym roku, do każdego zestawu badanych rodów, dołączano odmianę kontrolną jako wzorzec wrażliwości Michigan Amber.

W sezonie wegetacyjnym przeprowadzono w Grodkowicach w polu sztuczną inokulację rdzą brunatną wszystkich biorących udział w doświadczeniu genotypów pszenicy. Rośliny inokulowano w stadium 8–9 w skali Feeke’a przez oprysk zawiesiną uredospor, mieszaniną patotypów *Puccinia tritica* (z dodatkiem Tween 20). Użyte w latach badań patotypy występowały z dużą częstotliwością w krajowej populacji grzyba i odznaczały się znaczną wirulencją w stosunku do linii monogenicznych z genami *Lr* (tab. 1). Wybrane do badań poszczególne patotypy *Puccinia tritica* rozmnażano w szklarni na siewkach wrażliwej odmiany Michigan Amber, mieszaninę sporządzano bezpośrednio przed zakażaniem.

Tabela 1

**Genetyczna formuła wirulencji wybranych patotypów *Puccinia tritica***  
**Virulence of selected pathotypes *Puccinia tritica***

| Patotyp<br>Pathotype | Wirulencja wobec linii z genami odporności <i>Lr</i><br>Virulence against lines with <i>Lr</i> resistance genes |
|----------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 12720                | <i>Lr1, Lr3, Lr11, Lr15, Lr17, Lr21</i>                                                                         |
| 12724                | <i>Lr1, Lr3, Lr11, Lr15, Lr17, Lr21, Lr28</i>                                                                   |
| 12725                | <i>Lr1, Lr3, Lr11, Lr15, Lr17, Lr21, Lr24, Lr28</i>                                                             |
| 16724                | <i>Lr1, Lr3, Lr9, Lr11, Lr15, Lr17, Lr21, Lr28</i>                                                              |
| 13724                | <i>Lr1, Lr2c, Lr3, Lr11, Lr15, Lr17, Lr21, Lr28</i>                                                             |
| 14765                | <i>Lr1, Lr9, Lr11, Lr15, Lr17, Lr21, Lr23, Lr24, Lr28</i>                                                       |
| 13726                | <i>Lr1, Lr2c, Lr3, Lr11, Lr15, Lr17, Lr21, Lr26, Lr28</i>                                                       |
| 36725                | <i>Lr1, Lr2a, Lr3, Lr9, Lr11, Lr15, Lr17, Lr21, Lr24, Lr28</i>                                                  |

Inokulowano pas roślin o szerokości 50 cm każdego 2-rzędowego poletka. Wariant kontrolny stanowiły rośliny z przeciwnej strony poletka. Inokulację przeprowadzono dwukrotnie w odstępie 7 dni.

Ocenę porażenia rdzą brunatną genotypów pszenicy przeprowadzono w Grodkowicach i w Krzeczowicach trzykrotnie w odstępach ok. dwutygodniowych w oparciu o powszechnie stosowaną wizualną skalę 9-stopniową, gdzie: stopień 9 oznacza wysoką odporność, 1 — wysoką wrażliwość.

Dla zbadania zróżnicowania genotypów pod względem odporności zostały obliczone współczynniki zmienności (CV%).

#### WYNIKI I DYSKUSJA

Przeprowadzone w latach 2008–2012 badania nad reakcją genotypów pszenicy ozimej na porażenie rdzą brunatną *Puccinia tritica* wskazują na znaczne zróżnicowanie badanego materiału w latach i miejscowościach.

Zestawienie ilościowe genotypów pszenicy ozimej z doświadczeń wstępnych w klasach porażenia rdzą brunatną w Grodkowicach w warunkach sztucznej inokulacji oraz Krzeczowicach w warunkach naturalnej infekcji w latach 2008–2012 oraz współczynniki zmienności CV% przedstawia tabela 2.

Ogółem w grupie form odpornych, ocena w skali 9–7, znalazło się od 22–27% badanych, odpowiednio w Krzczowicach i w Grodkowicach. Najwięcej form (41–45%) otrzymało ocenę 6–5, znaczny też był odsetek genotypów, które wykazały dużą wrażliwość na rdzę brunatną, ponad 32% w obydwu miejscowościach. Obliczone współczynniki zmienności CV% wskazują na zróżnicowanie badanego materiału pod względem odporności na *Puccinia triticina*, w latach badań, ich wartość w kształtowała się od 16,0–46,0% w Grodkowicach i 17,6–47,3% w Krzczowicach, zakres porażenia w skali 9-stopniowej wahał się w poszczególnych latach od 2–9 do 5–9 (tab. 2).

Tabela 2

**Reakcja rodów pszenicy z doświadczeń wstępnych na porażenie rdzą brunatną w Grodkowicach i Krzczowicach w latach 2008–2012**

**Reaction of wheat breeding lines from preliminary trials to leaf rust in Grodkowice and Krzczowice in 2008–2012**

| Lata<br>Years                                             | Liczba<br>badanych<br>rodów<br>Number of<br>breeding lines | Liczba rodów w klasach porażenia**<br>Number of breeding lines in classes of infection |     |                  | Zakres<br>porażenia<br>Range of<br>infection | Współczynnik<br>zmienności<br>Coefficient of<br>variability<br>(CV%) |
|-----------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------|-----|------------------|----------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------|
|                                                           |                                                            | 7–9*                                                                                   | 6–5 | 4 i ≤<br>4 and ≤ |                                              |                                                                      |
| Grodkowice (sztuczna inokulacja — artificial inoculation) |                                                            |                                                                                        |     |                  |                                              |                                                                      |
| 2008                                                      | 118                                                        | 23                                                                                     | 23  | 72               | 2–9                                          | 46,6                                                                 |
| 2009                                                      | 130                                                        | 27                                                                                     | 48  | 55               | 3–9                                          | 33,2                                                                 |
| 2010                                                      | 130                                                        | 99                                                                                     | 31  | 0                | 5–9                                          | 16,0                                                                 |
| 2011                                                      | 131                                                        | 16                                                                                     | 79  | 36               | 3–9                                          | 26,3                                                                 |
| 2012                                                      | 146                                                        | 14                                                                                     | 87  | 45               | 2–9                                          | 30,3                                                                 |
| Ogółem<br>Total                                           | 655                                                        | 179                                                                                    | 268 | 208              |                                              |                                                                      |
| Krzeczowice (naturalna infekcja — natural infection)      |                                                            |                                                                                        |     |                  |                                              |                                                                      |
| 2008                                                      | 118                                                        | 18                                                                                     | 26  | 74               | 2–9                                          | 47,3                                                                 |
| 2009                                                      | 130                                                        | 13                                                                                     | 58  | 59               | 3–9                                          | 28,5                                                                 |
| 2010                                                      | 130                                                        | 30                                                                                     | 48  | 52               | 2–9                                          | 36,8                                                                 |
| 2011                                                      | 131                                                        | 15                                                                                     | 87  | 29               | 4–9                                          | 23,2                                                                 |
| 2012                                                      | 146                                                        | 71                                                                                     | 75  | 0                | 5–9                                          | 17,6                                                                 |
| Ogółem<br>Total                                           | 655                                                        | 147                                                                                    | 294 | 214              |                                              |                                                                      |

\*Ocena w skali 9-stopniowej: 9 — odporny, 1 — wrażliwy; Assessment on scale: 9 — resistant, 1 — susceptible

\*\*Klasy 7–9 odporne, 6–5 średnio odporne, 4 i ≤ wrażliwe; Classes 7–9 resistant, 6–5 moderately resistant, 4 and ≤ susceptible

Reakcję form pszenicy ozimej pochodzących z różnych rejonów uprawy na porażenie rdzą brunatną w obu miejscowościach w omawianym okresie badań ilustruje tabela 3. Analiza reakcji tych genotypów wskazuje również na duże zróżnicowanie tego materiału w latach o czym świadczą współczynniki zmienności, ich wartość wynosiła od 12,5–38,1% w Grodkowicach oraz 19,7–46,6% w Krzczowicach. Spośród 1425 badanych obiektów wysoką odporność na rdzę notowano u 40% genotypów w Grodkowicach, zaś 27,5% form odznaczało się wysoką odpornością w Krzczowicach.

W tej grupie badanych materiałów wysoką wrażliwość na rdzę notowano u 25% genotypów zarówno w Grodkowicach, jak i Krzczowicach, przy czym udział form

wrażliwych w poszczególnych latach wahał się od 0–42% w Grodkowicach oraz 1,5–53% w Krzeczowicach.

Rozwój rdzy brunatnej *Puccinia triticina* zależny jest w wysokiej mierze od warunków środowiska, jeżeli te warunki układają się dla patogena pomyślnie to szybko się rozmnaża i rozprzestrzenia. Duże znaczenie w uzyskaniu pozytywnych wyników w pracy ma przebieg pogody w okresie wegetacyjnym. Rdza brunatna ma wysokie wymagania odnośnie temperatury, światła i wilgotności. W warunkach sprzyjających rozwojowi grzyba nasilenie choroby może być znaczne, wręcz epidemiczne (McIntosh i in., 1995).

Tabela 3

**Reakcja materiałów hodowlanych pszenicy z ośrodków hodowlanych na porażenie rdzą brunatną w Grodkowicach i Krzeczowicach w latach 2008–2012**  
**Reaction of wheat breeding lines from breeding stations to leaf rust in Grodkowice and Krzeczowice in 2008–2012**

| Rok<br>Years                                              | Liczba badanych<br>rodów<br>Number of<br>breeding lines | Liczba rodów w klasach porażenia<br>Number of breeding lines in classes of infection |     |                  | Zakres<br>porażenia<br>Range of<br>infection | Współczynnik<br>zmienności<br>Coefficient of<br>variability<br>(CV%) |
|-----------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------|-----|------------------|----------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------|
|                                                           |                                                         | 7–9                                                                                  | 6–5 | 4 i ≤<br>4 and ≤ |                                              |                                                                      |
| Grodkowice (sztuczna inokulacja — artificial inoculation) |                                                         |                                                                                      |     |                  |                                              |                                                                      |
| 2008                                                      | 296                                                     | 119                                                                                  | 75  | 102              | 2–9                                          | 38,1                                                                 |
| 2009                                                      | 331                                                     | 114                                                                                  | 138 | 79               | 3–9                                          | 30,3                                                                 |
| 2010                                                      | 295                                                     | 271                                                                                  | 24  | 0                | 6–9                                          | 12,5                                                                 |
| 2011                                                      | 228                                                     | 33                                                                                   | 133 | 62               | 4–9                                          | 26,1                                                                 |
| 2012                                                      | 275                                                     | 31                                                                                   | 129 | 115              | 2–9                                          | 34,3                                                                 |
| Ogółem<br>Total                                           | 1425                                                    | 568                                                                                  | 499 | 358              |                                              |                                                                      |
| Krzeczowice (naturalna infekcja — natural infection)      |                                                         |                                                                                      |     |                  |                                              |                                                                      |
| 2008                                                      | 296                                                     | 80                                                                                   | 58  | 158              | 2–9                                          | 46,6                                                                 |
| 2009                                                      | 331                                                     | 55                                                                                   | 179 | 97               | 3–9                                          | 29,9                                                                 |
| 2010                                                      | 295                                                     | 91                                                                                   | 149 | 55               | 3–9                                          | 27,3                                                                 |
| 2011                                                      | 228                                                     | 34                                                                                   | 154 | 40               | 4–9                                          | 24,3                                                                 |
| 2012                                                      | 275                                                     | 132                                                                                  | 139 | 4                | 4–9                                          | 19,7                                                                 |
| Ogółem<br>Total                                           | 1425                                                    | 392                                                                                  | 679 | 354              |                                              |                                                                      |

\*Ocena w skali 9-stopniowej: 9 — odporny, 1 — wrażliwy; Assessment on scale: 9 — resistant, 1 — susceptible

\*\*Klasy 7–9 odporne, 6–5 średnio odporne, 4 i ≤ wrażliwe; Classes 7–9 resistant, 6–5 moderately resistant, 4 and ≤ susceptible

Podczas prowadzonych w omawianym okresie badań obserwowano różne nasilenie choroby w poszczególnych latach, na co niewątpliwie miały wpływ czynniki środowiska.

Istotny wpływ na stopień porażenia miała zastosowana sztuczna inokulacja patogenem w Grodkowicach, gdzie rdza wystąpiła w większym nasileniu, zwłaszcza w latach sprzyjających rozwojowi choroby 2011–2012. Szczególnie uwidoczniło się to w ostatnim roku badań gdzie obserwowano znaczne nasilenie rdzy brunatnej w Grodkowicach. Na rozwój choroby miały wpływ wyższa temperatura i umiarkowane opady deszczu oraz zapewnienie we właściwym czasie inokulum grzyba. Podczas gdy w Krzeczowicach z uwagi na niesprzyjające warunki pogodowe notowano bardzo słabe nasilenie choroby i nie stwierdzono zróżnicowania obiektów pod względem odporności na *Puccinia triticina*.

Wśród genotypów z doświadczeń wstępnych nie notowano form wrażliwych, w pozostałej grupie badanych form zaledwie 4 wykazały wrażliwość (tab. 2 i 3).

W trakcie badań prowadzonych w tych miejscowościach obserwowano także sytuację odwrotną, przykładem może być rok 2010 gdzie w Grodkowicach, mimo zastosowanej sztucznej inokulacji *Puccinia triticina* nie stwierdzono zróżnicowanej reakcji badanych genotypów na porażenie, nie notowano form wysoce wrażliwych. Na rozwój choroby nie pozwoliły wówczas warunki pogodowe, niska temperatura powietrza, obfite opady deszczu w maju i czerwcu powodujące splukiwanie zarodników. W analogicznym okresie w Krzeczowicach obserwowano silne nasilenie rdzy brunatnej przy sprzyjających warunkach pogodowych, tj. wyższej temperaturze i mniej obfitych opadach deszczu niż w innych rejonach Polski południowej.

Podsumowując można zauważyć, że badane genotypy pszenicy ozimej były w różnym stopniu porażane przez rdzę brunatną *Puccinia triticina* w obu miejscowościach w poszczególnych latach. Obliczone współczynniki zmienności wskazują na duże zróżnicowanie pod względem odporności na rdzę brunatną zarówno w Grodkowicach w warunkach sztucznej inokulacji, jak i w warunkach naturalnej infekcji w Krzeczowicach, która to miejscowość okazała się trafnym punktem dla prowadzenia oceny zdrowotności materiałów hodowlanych.

Testowanie genotypów na ważne gospodarczo cechy, w tym odporność na choroby w różnych warunkach środowiska i możliwie w większej liczbie miejscowości umożliwia wybór odmian o szerokiej adaptacji, nie bez znaczenia jest dobór miejscowości do badań (Węgrzyn in., 1994; Śmiałowski, Węgrzyn, 2001).

W omawianym okresie badań spośród 655 genotypów z doświadczeń wstępnych wytypowano łącznie 78 o wysokiej odporności polowej na rdzę brunatną *Puccinia triticina* zarówno w Grodkowicach jak i w Krzeczowicach, co stanowi 12,8%. (tab. 4).

Tabela 4

**Liczba rodów pszenicy z doświadczeń wstępnych odpornych na rdzę brunatną w obydwu miejscowościach w latach 2008–2012**  
**Number of wheat breeding lines from preliminary trials resistant to leaf rust in both location in 2008–2012**

| Rok<br>Years                                                          | Liczba badanych rodów<br>Number of breeding lines | Liczba rodów odpornych<br>w obydwu miejscowościach<br>Number of breeding lines resistant<br>in both locations | Procentowy udział rodów<br>odpornych<br>Percent of resistant breeding lines |
|-----------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------|
| Rody z doświadczeń wstępnych — Breeding lines from preliminary trials |                                                   |                                                                                                               |                                                                             |
| 2008                                                                  | 118                                               | 17                                                                                                            | 14,4                                                                        |
| 2009                                                                  | 130                                               | 11                                                                                                            | 8,5                                                                         |
| 2010                                                                  | 130                                               | 28                                                                                                            | 21,5                                                                        |
| 2011                                                                  | 131                                               | 9                                                                                                             | 6,9                                                                         |
| 2012                                                                  | 146                                               | 13                                                                                                            | 8,9                                                                         |
| Ogółem<br>Total                                                       | 655                                               | 78                                                                                                            | 12,8                                                                        |

Stosunkowo mała liczba form odpornych w obydwu miejscowościach świadczy, że większość rodów wykazała małą stabilność pod względem tej cechy. Może to wynikać ze

sprzyjających warunków dla rozwoju grzyba w danej miejscowości, jak również ze słabego uwarunkowania genetycznego odporności tych rodów.

Obserwacje i badania innych autorów również wskazują na znaczną podatność uprawianych krajowych odmian jak i rodów hodowlanych pszenicy na rdzę brunatną (Zamorski i in., 2001; Chełkowski i in., 2005).

Na podstawie uzyskanych wyników w trakcie badań w latach 2008–2012, spośród 78 odpornych genotypów dokonano wyboru 29, które charakteryzowały się odpornością przez okres dłuższy niż 2 lata. Wymienione genotypy zostały wysiane jesienią w doświadczeniu w Grodkowicach i Krzeczowicach w formie kolekcji źródeł odporności, celem sprawdzenia czy ich odporność będzie trwała w czasie, stabilna i efektywna w różnych środowiskach.

Na podstawie rodowodów odpornych genotypów oraz danych z literatury starano się określić genetyczne podstawy odporności na rdzę brunatną u ich form rodzicielskich. Analizując te dane można stwierdzić, że wśród wybranych form kilkanaście zawiera w pochodzeniu odmiany u których podstawą odporności jest kombinacja genów odporności specyficznej (*Lr10*, *Lr14a*, *Lr26*) w fazie siewek z genami kontrolującymi odporność w stadium rośliny dorosłej (*Lr13*, *Lr37*). Według literatury przedmiotu kombinacja tych genów warunkuje efektywną odporność i wnosi znaczny wkład w trwałość odporności pszenicy na rdzę brunatną (Winzeler i in., 2000; Pathan, Park, 2006).

#### PODSUMOWANIE

1. Badania genotypów pszenicy ozimej pod względem odporności na rdzę brunatną w stadium rośliny dorosłej w warunkach sztucznej inokulacji oraz w warunkach naturalnej infekcji pozwoliły na dokładniejszą ocenę poziomu odporności poszczególnych form.
2. Wyodrębnione w trakcie badań genotypy pszenicy o wysokiej odporności mogą stanowić interesujący materiał jako źródła odporności na rdzę brunatną *Puccinia triticina*.
3. Badania potwierdzają, że rdza brunatna występuje na pszenicy corocznie na zasiewach pszenicy w Polsce z mniejszym lub większym nasileniem w zależności od warunków pogodowych.
4. Wśród badanych obiektów stosunkowo niewielki był udział wysoce odpornych genotypów. W związku z powyższym celowym są ciągłe prace nad poszukiwaniem źródeł odporności spośród różnych materiałów hodowlanych pszenicy.

#### LITERATURA

- Arseniuk E. 1995. Odporność roślin uprawnych na stresy biologiczne i fizyczne. Materiały 2-go Krajowego Sympozjum pt. Odporność roślin na choroby, szkodniki i niesprzyjające warunki środowiska. 12–14 wrzesień IHAR Radzików 19 — 37.
- Chełkowski J., Stępień Ł., Strzembicka A. 2005. Ocena podatności pszenicy ozimej na rdzę brunatną oraz poszukiwanie źródeł odporności. *Acta Agrobotanica* 58. z. 1: 143 — 152.

- Czajowski G., Strzembicka A., Karska K. 2011. Wirulencja populacji *Puccinia triticina* sprawcy rdzy brunatnej pszenicy i pszenżyta w Polsce w latach 2008–2010. Biul. IHAR 260/261: 145 — 153.
- McIntosh R. A., Wellings C. R., Park R. F. 1995. Wheat rusts: an atlas of resistance genes. CSIRO. Australia. Kluwer Acad. Publ., Dordrecht: 200 pp.
- Pathan A. K., Park R. F. 2006. Evaluation of seedling and adult plant resistance to leaf rust in European wheat cultivars. Euphytica 149: 327 — 342.
- Roelfs A. P., Singh R. O., Saari E. E. 1992. Rust Disease of wheat. Concepts and methods of disease management. CIMMYT Mexico: 81 pp.
- Sayre K. D., Singh R. P., Huertaespino J., Rajaram S. 1998. Genetic progress in reducing losses to leaf rust in CIMMYT – derived Mexican spring wheat cultivars. Crop Sci. 38: 654 — 659.
- Śmiałowski T., Węgrzyn S. 2001. Przydatność punktów doświadczalnych do oceny materiałów hodowlanych żyta ozimego. Biul. IHAR 218/219: 409 — 418.
- Winzeler M., Mesterhazy A., Park R. F., Bartos P., Csoosz M., Goyeau H., Ittu M., Jones E., Loschenberger F., Manninger K., Pasquini M., Richter K., Rubiales D., Schachermayr G., Strzembicka A., Trottet M., Unger O., Vida G., Walther U. 2000. Resistance of European winter wheat germplasm to leaf rust. Agronomie 20: 783 — 792.
- Węgrzyn S., Strzembicka A., Gajda Z. 1994. Variability of the winter wheat breeding materials with respect to their reaction to leaf rust and powdery mildew. Genet. Pol. 35B: 241 — 245.
- Woźniak-Strzembicka A. 1997. Rdza brunatna pszenicy — genetyczne podstawy odporności. Biul. IHAR 204: 245 — 251.
- Zamorski C., Nowacki B., Wakuliński W., Schollenberger M. 2001. Źródła odporności na rdzę żółtą, rdzę brunatną i rdzę żdźbłową w polskich materiałach hodowlanych pszenicy. Biul. IHAR 218/219: 137 — 145.

EDWARD WITKOWSKI <sup>1</sup>  
KRYSTYNA WITKOWSKA <sup>1</sup>  
URSZULA WOŹNA-PAWLAK <sup>2</sup>  
KRZYSZTOF RUBRYCKI <sup>2</sup>  
PRZEMYSŁAW MATYSIK <sup>3</sup>  
MARIA BOGACKA <sup>4</sup>  
HELENA BIELERZEWSKA <sup>4</sup>  
MARCIN KONIECZNY <sup>4</sup>  
MAŁGORZATA ŁAGODZKA-GOLA <sup>5</sup>  
TADEUSZ DRZAZGA <sup>5</sup>  
TADEUSZ ŚMIAŁOWSKI <sup>6</sup>

<sup>1</sup> HR Smolice

<sup>2</sup> PHR Antoniny

<sup>3</sup> HR Strzelce

<sup>4</sup> Dębina HR Danko <sup>4</sup> Szelejewo HR Danko

<sup>5</sup> Polanowice MHR

<sup>6</sup> IHAR — PIB Kraków

## Przydatność badań mrozoodporności w przewidywaniu zimotrwałości odmian pszenicy ozimej

### Usefulness of frost resistance assessments for prediction of winter hardiness of winter wheat cultivars

Celem badań było porównanie wyników oceny mrozoodporności i zimotrwałości 426 rodów i odmian pszenicy ozimej badanych w latach 2010–2012. Stwierdzono wysoce istotną korelację pomiędzy wynikami ocen obu metod wynoszącą w 2010 roku,  $r = 0,683$ , w 2011 roku,  $r = 0,561$ , a w 2012 roku  $r = 0,614$ . Ważnymi czynnikami w ocenie mrozoodporności i zimotrwałości okazały się warunki środowiska, które należy uwzględnić w trakcie prowadzenia badań oraz podczas analizy otrzymanych wyników.

**Słowa kluczowe:** pszenica ozima, mrozoodporność, zimotrwałość

The purpose of the study was to compare the results of the evaluation of frost resistance and winter hardiness of 426 winter wheat varieties tested in the years 2010–2012. A highly significant correlation was found between the results of both methods of evaluations in 2010,  $r = 0,683$ , in 2011,  $r = 0,561$ ,

and in 2012  $r = 0,614$ . Important factors in the evaluation of frost resistance and winter hardiness have proven to be environmental conditions, which should be taken into account in the preparation, and conducting the evaluations as well as during analysis of the obtained results.

**Key word:** winter wheat, frost resistance, winter hardiness

## WSTĘP

Poziom zimotrwałości roślin jest konsekwencją współdziałania wielu czynników, takich jak niska temperatura, dłuższe zaleganie śniegu i lodu, zamarzanie i rozmarzanie roślin w okresie spoczynku zimowego (Gut, 2003, Hömmö, 1994). W przejściowym klimacie Polski takie zjawiska stanowią podstawową przyczynę częściowego lub rzadko, ale całkowitego zniszczenia plantacji jęczmienia ozimego, pszenicy ozimej a także pszenżyta ozimego (Gut i in., 1991; Kacperska, 1997). Łagodne zimy powodują brak sprzyjających warunków do oceny mrozoodporności a zatem i zimotrwałości pszenicy ozimej. W latach 2010, 2011, a także wcześniejszych, panowały warunki sprzyjające dobremu przezimowaniu. Niespotykana od lat sytuacja wystąpiła w Polsce na przełomie 2011/2012 roku. Szczególnie niska temperatura bez pokrywy śnieżnej późną zimą (tab. 2) spowodowała wymarznącie ok. 1 mln ha upraw pszenicy ozimej, jęczmienia ozimego oraz innych plantacji roślin. Dotkliwie ucierpiały również materiały hodowlane pszenicy ozimej w skali niespotykanej w latach poprzednich. W hodowli nowych odmian nie ma możliwości oceny wszystkich wymienionych wcześniej elementów składających się na zimotrwałość. Zatem wybiera się pośredni prosty sposób poznania tej właściwości poprzez ocenę mrozoodporności w warunkach laboratoryjnych. Mrozoodporność jest jednym z najważniejszych elementów zimotrwałości i jest zdolnością roślin do przetrwania krótkich okresów dużego spadku temperatury bez negatywnych konsekwencji szczególnie zamarzania wody w komórkach i zniszczenia żywotnych tkanek umożliwiających rozwój wegetacji wiosennej. Dlatego celem niniejszej pracy jest prezentacja i porównanie stopnia przezimowania oraz mrozoodporności kilkuset rodów i odmian pszenicy ozimej badanych w doświadczeniach polowych i laboratoryjnych na tle warunków przyrodniczych w latach 2010–2012.

## MATERIAŁ I METODY

Materiałem badawczym było 426 rodów i odmian hodowlanych pszenicy ozimej badanych w latach 2010–2012 (tab. 1). Obiekty stanowiły materiał ustabilizowany genotypowo i fenotypowo o bardzo dobrych cechach rolniczych i użytkowych. Każdy badany ród spełniał wymogi odmiany hodowlanej i był badany w zespołowych doświadczeniach polowo-laboratoryjnych. Najlepsze pod względem plonu i innych cech rody kierowano do doświadczeń przedrejestracyjnych. Jednym z najważniejszych kryteriów stanowiących o wartości rodu była jego wysoka mrozoodporność i zimotrwałość. Do oceny mrozoodporności zastosowano bezpośrednią polowo-laboratoryjną metodę Kocha-Lehmana (1969) polegającą na ocenie przeżywalności roślin (% roślin żywych po przemrożeniu) w dwóch ośrodkach Antoninach i Smolicach (tab. 1). W tym celu wysiewano w hali wegetacyjnej w wazonach lub skrzynkach napełnionych ziemią

odliczoną ilość ziarniaków rodów i linii wraz odmianami wzorcowymi, następnie po wschodach i uzyskaniu siewek roślin w fazie 3/4 liści stopniowo je hartowano w warunkach naturalnego jesienno-zimowego spadku temperatury. W całym okresie hartowania sukcesywnie monitorowano warunki termiczne w celu ustalenia właściwej temperatury rozpoczęcia mrożenia. Proces ten rozpoczynał się od aktualnie panującej temperatury np. 2°C i był stopniowo obniżany do temperatury krytycznej dla pszenicy ozimej -17 -18°C, po czym ponownie stopniowo temperaturę podwyższano, aż do uzyskania +2°C. Po upływie tego czasu skrzynki przeniesiono do chłodnej szklarni (około +10 - +15°C), siewki przycinano na wysokości ok. 2 cm i pielęgnowano przez okres ok. 14 dni w celu uzyskania odróstów. Po tym okresie przeprowadza się ocenę mrozoodporności i wynik podaje się w % siewek żywych w stosunku do ilości siewek przed mrożeniem (Gut, 2003). Ocenę przetrwania rodów pszenicy ozimej w warunkach polowych wykonano wiosną w 7 zróżnicowanych środowiskach zlokalizowanych na terenie całego kraju: Żuławy w Dębnie (DED), Dolny Śląsk — Kobierzyce (KOC), Małopolska — Polanowice (POB), środkowa Wielkopolska — Nragradowice (NAD), południowa Wielkopolska — Smolice (SMH), zachodnie Mazowsze — Strzelce (STH), środkowa Wielkopolska — Szelejewo (SZD) (tab. 1).

Tabela 1

**Material badawczy pszenicy w latach 2010–2012**  
**Plant material of wheat investigated in years 2010–2012**

| Pochodzenie materiału hodowlanego<br>Origin of plant material | Lata<br>Years |      |      |     |
|---------------------------------------------------------------|---------------|------|------|-----|
|                                                               | 2010          | 2011 | 2012 | Σ   |
| DANKO lines                                                   | 38            | 32   | 36   | 106 |
| Małopolska Hodowla Roślin lines                               | 30            | 35   | 31   | 96  |
| Poznańska Hodowla Roślin lines                                | 22            | 22   | 26   | 70  |
| Hodowla Roślin Smolice lines                                  | 20            | 21   | 23   | 64  |
| Hodowla Roślin Strzelce lines                                 | 20            | 22   | 30   | 72  |
| Odmiany wzorcowe<br>Standard varieties                        | 6             | 6    | 6    | 18  |
| Razem<br>Total                                                | 136           | 138  | 152  | 426 |

Doświadczenia polowe prowadzone były na poletkach o pow. 10 m<sup>2</sup> w 3 powtórzeniach, stosując siew mechaniczny, z zastosowaniem wysiewu 400 ziaren na 1 m<sup>2</sup>. Po wschodach oceniano stan roślin przed zimą, a po ruszeniu wegetacji przezimowanie w skali 1–9, gdzie stopień 1 — oznacza całkowite wymarzenie czyli brak zimotrwałości, a stopień 9 — całkowitą zimoodporność. W trakcie badań monitorowano przebieg warunków meteorologicznych w okresie jesienno-zimowym. Zebrane obserwacje i oceny zestawiono w arkuszach kalkulacyjnych. Analizy statystyczne obejmowały obliczenie średnich arytmetycznych, odchyłeń standardowych, współczynników zmienności i współczynników korelacji.

## WYNIKI BADAŃ

Ocena mrozoodporności zastępująca często w hodowli roślin bonitację zimotrwałości powinna charakteryzować się wysoką zbieżnością wyników umożliwiającą precyzyjne wyodrębnienie najwartościowszych obiektów pszenicy ozimej.

Tabela 2

**Temperatury minimalne w lutym w 7 miejscowościach w latach 2010–2012**  
**Minimal temperature in February in 7 locations in 2010–2012 period**

| Rok<br>Years | DED             | KOC   | NAD   | POB   | SMH   | STH   | SZD   | Średnia<br>Mean |
|--------------|-----------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-----------------|
|              | Luty — February |       |       |       |       |       |       |                 |
| 2010         | -2,4            | -7,7  | -6,47 | -11   | -21,6 | -17,1 | -15,5 | -11,7           |
| 2011         | -6,8            | -3,2  | -5,7  | -10,8 | -9,5  | -15,1 | -18,1 | -9,9            |
| 2012         | -15,1           | -12,3 | -16,5 | -19,6 | -15,2 | -19,5 | -19,2 | -16,8           |

W naszych badaniach (komora mrozeniowa) otrzymywano wyższy procent roślin żywych w Antoninach niż w Smolicach, a średnie wyniki mrozoodporności wahały się od niskich wartości (w 2011 roku w Smolicach: 12,0% roślin żywych) do wysokich (w 2012 roku Antoninach: 73,7% roślin żywych (tab. 3).

Tabela 3

**Wyniki oceny mrozoodporności i zimotrwałości pszenicy ozimej w latach 2010–2012**  
**The results of estimation of frost resistance and winter hardiness in 2010–2012 years**

| Lokalizacja<br>Site                                      | Mrozoodporność w latach (% roślin żywych)<br>Frost resistance in years (% of live plants) |      |      |
|----------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------|------|------|
|                                                          | 2010                                                                                      | 2011 | 2012 |
| Antoniny                                                 | 46,5                                                                                      | 28,1 | 73,7 |
| Smolice                                                  | 27,7                                                                                      | 12,0 | 32,9 |
| Średnia<br>Mean                                          | 37,1                                                                                      | 20,0 | 53,3 |
| Zimotrwałość (skala 1–9)<br>Winter hardiness (scale 1–9) |                                                                                           |      |      |
|                                                          | 2010                                                                                      | 2011 | 2012 |
| Dębina                                                   | 7,1                                                                                       | 6,1  | 1,59 |
| Nagradowice                                              | 8,0                                                                                       | 8,7  | 3,27 |
| Kobierzyce                                               |                                                                                           | 6,7  | 1,41 |
| Polanowice                                               | 7,1                                                                                       | 6,7  | 4,48 |
| Smolice                                                  | 7,3                                                                                       | 8,6  | 1,24 |
| Strzelce                                                 | 6,5                                                                                       |      | 1,74 |
| Szelejewo                                                | 8,9                                                                                       | 8,8  | 1,65 |
| Średnia<br>Mean                                          | 7,7                                                                                       | 7,8  | 2,20 |

Różnice pomiędzy latami są rezultatem badania innego zestawu obiektów w obu latach badań (wspólnym elementem łączącym były odmiany wzorcowe: Tonacja, Muszelka i Ozon). Również nieznaczne różnice w ocenie mrozoodporności pomiędzy Smolicami a Antoninami wynikają z niewielkich różnic metodycznych, tj. warunków hartowania roślin, a także niewielkich modyfikacji w stosowanej metodyce np. wielkości wazonów, terminów siewu. Podobne rezultaty uzyskano we wcześniejszych badaniach (Gut, 1993). Okazało się

jednak, że różnice w poziomie mrozoodporności między miejscowościami nie miały wpływu na ocenę wartości badanych obiektów, odnotowano bowiem dużą zbieżność rezultatów w obu punktach (rody o dobrej mrozoodporności uzyskały wyższe wartości w obydwu miejscowościach). Potwierdziły to wysokie dodatnie współczynniki korelacji pomiędzy ocenami w Smolicach i Antoninach, wynoszące odpowiednio w 2010 roku  $r=0,81$ , w 2011  $r=0,72$ , a w 2012  $r=0,65$  (tab. 4).

Tabela 4

**Współczynniki korelacji pomiędzy mrozoodpornością w Antoninach i Smolicach**  
**Correlation coefficients between frost resistance in Antoniny and Smolice**

| Lata<br>Years | 2010   | 2011   | 2012   |
|---------------|--------|--------|--------|
| $r$           | SMH    | SMH    | SMH    |
| AND           | 0,81** | 0,72** | 0,65** |

\*, \*\* Istotne dla  $\alpha = 0,05$  lub  $0,01$

\*, \*\* Significant for  $\alpha = 0.05$  and  $0.01$

Równolegle oceniano przezimowania w warunkach polowych w 7 miejscowościach (Dębinie, Kobierzycach, NAGRADOWICACH, Polanowicach, Smolicach, Strzelcach i Szelejewie) (tab. 3). Istotny wpływ na uzyskane wyniki miały warunki w okresie jesienno zimowym. W latach 2010–2011 jesienne przymrozki hartowały prawidłowo rośliny pszenicy ozimej, a opady śniegu łagodziły niskie temperatury i sprzyjały dobremu przezimowaniu. Potwierdziły to uzyskane oceny: w 2010 średnie przezimowanie wyniosło 7,7 stopnia a w 2011 średnia wartość wyniosła 7,8 stopnia (tab. 3). Na przełomie 2011/2012 roku wystąpiły, jak się okazało, krytyczne warunki; długa ciepła jesień i zima (wegetacja nie została zahamowana do połowy stycznia), brak okrywy śnieżnej oraz gwałtowny spadek temperatury pod koniec zimy (tab. 2). Zespół tych zjawisk przyczynił się do całkowitego wymarznienia niezahartowanych plantacji pszenicy ozimej w 5 lokalizacjach; NAGRADOWICACH, Kobierzycach, Smolicach, Strzelcach i Szelejewie oraz częściowo w Dębinie. Średnia ocena zimotrwałości wyniosła 2,2 stopnia (tab. 3). Jedynie w Polanowicach okrywa śniegu ochroniła poletka pszenicy ozimej przed silnymi mrozami i przezimowanie na poziomie przeciętnym = 4,48 stopnia (tab. 3) okazało się na tyle wystarczającym, aby rośliny zregenerowały się i uzyskały średni plon = 87,5 dt/ha. Czy wysoka ocena mrozoodporności roślin pszenicy ozimej uzyskana w warunkach laboratoryjnych przełożyła się na ich wysoką zimotrwałość i może być przydatna do wyodrębniania najlepszych obiektów?

Porównanie wyników oceny mrozoodporności i zimotrwałości pszenicy ozimej w latach 2010–2012 (tab. 5) wskazuje na szczególnie dużą rozpiętość ocen mrozoodporności i w konsekwencji znaczną zmienność tej cechy mierzoną współczynnikiem zmienności wahającym się od 38,84 CV (%) w 2012 roku do 76,2 CV (%) w 2010 (tab. 5). Stwierdzono niską zmienność zimotrwałości w 2010 i 2011, natomiast wysoka zmienność badanych obiektów pszenicy ujawniła się tylko w roku 2012 (tab. 5). Zatem jeśli brak jest naturalnych warunków do selekcji pszenicy ozimej pod względem jej wysokiej zimotrwałości, ocena mrozoodporności przeprowadzana w warunkach laboratoryjnych jest niezbędną i

przydatną do wstępnej selekcji materiałów hodowlanych pszenicy ozimej. Potwierdzeniem skuteczności oceny mrozoodporności siewek pszenicy ozimej w omawianym okresie okazała się wysoka zbieżność z wynikami przezimowania pszenicy ozimej odnotowanymi w ocenie polowej (tab. 6) Stwierdzono wysoce istotne współczynniki korelacji pomiędzy oceną przezimowania a oceną mrozoodporności wynoszące w 2010 roku,  $r=0,683$ , w 2011 roku  $r=0,561$ , i w 2012 roku  $r=0,614$  (tab. 6).

Tabela 5

**Porównanie mrozoodporności z przezimowaniem w latach 2010–2012**  
**Comparison of frost resistance and winter hardiness in the years 2010–2012**

|                                   | Rok — year 2010 |       |      |       |
|-----------------------------------|-----------------|-------|------|-------|
|                                   | średnia — mean  | max.  | min  | CV(%) |
| Mrozoodporność — Frost resistance | 37,1            | 90,3  | 0,4  | 66,0  |
| Zimotrwałość — Winter hardiness   | 7,7             | 8,6   | 6,3  | 6,3   |
| Rok — Year 2011                   |                 |       |      |       |
| Mrozoodporność — Frost resistance | 20,0            | 69,8  | 0,04 | 76,2  |
| Zimotrwałość — Winter hardiness   | 7,8             | 8,3   | 6,6  | 4,8   |
| Rok — Year 2012                   |                 |       |      |       |
| Mrozoodporność — Frost resistance | 53,3            | 96,15 | 5,00 | 38,84 |
| Zimotrwałość — Winter hardiness   | 2,2             | 7,33  | 1,52 | 46,28 |

Tabela 6

**Współczynniki korelacji pomiędzy mrozoodpornością a zimotrwałością**  
**Coefficients of correlation between frost resistance and winter hardiness**

| Rok<br>Year | Współczynniki korelacji<br>Coefficients of correlation |
|-------------|--------------------------------------------------------|
| 2010        | 0,683**                                                |
| 2011        | 0,561**                                                |
| 2012        | 0,614**                                                |

\*, \*\* - Istotne dla  $\alpha = 0,05$  lub  $0,01$

\*, \*\* - Significant for  $\alpha = 0.05$  and  $0.01$

Zatem z tego względu wyniki bezpośredniej oceny mrozoodporności w komorach mroźniowych mogą być wykorzystane do wstępnej selekcji siewek pszenicy w przypadku braku warunków naturalnych (mroźna i bezśnieżna zima) i pozwalają na skuteczne wyodrębnienie grupy odpornych obiektów oraz eliminowanie słabszych. Problemy związane z mrozoodpornością i zimotrwałością zbóż ozimych prezentowane są w licznych krajowych i zagranicznych pracach naukowych. W badaniach Rybki (1994) podobnie jak w prezentowanych wynikach uzyskano wysoką zgodność pomiędzy oceną polową zimotrwałości materiałów hodowlanych pszenicy z oceną mrozoodporności w komorach mroźniowych. W przeprowadzonych w latach 1985–1995 badaniach (Gut i in., 1993) stwierdzono, że ocena mrozoodporności rodów hodowlanych pszenicy ozimej zależy od warunków hartowania siewek. W innych pracach (Veisz i in., 2000) zwraca się uwagę, że czynnikiem, który należy uwzględnić przy ocenie mrozoodporności jest zdrowotność nasion używanych do siewu. Istotny postęp w uzyskaniu wysokiej zimotrwałości i

mrozoodporności pszenicy ozimej wniosły badania nad podstawami genetycznymi tego zjawiska (Limin i in., 1993; Snape i in., 2001; Sutka i in., 1994; 1997).

#### WNIOSKI

1. Stwierdzono wysoką korelację wyników oceny mrozoodporności i zimotrwałości u badanych pszenic ozimych.
2. Ocena mrozoodporności pszenicy ozimej w komorach mrożeniowych ujawniła duże zróżnicowanie badanych obiektów. Zatem, w przypadku braku możliwości oceny zimotrwałości w warunkach polowych, metoda ta jest bardzo przydatna dla hodowli.
3. Ocena mrozoodporności umożliwia skuteczne wyodrębnienie rodów pszenicy ozimej o wysokiej mrozoodporności i wyeliminowanie słabszych.
4. Czynniki, które mogą mieć istotny wpływ na wynik mrozoodporności pszenicy ozimej jest przebieg hartowania siewek.

#### LITERATURA

- Koch M. D., Lehman E. O. 1969. Resistenzigenschaften im Gersten und Weizensortiment Gatersleben, 7 Prüfung der Frostresistenzpflanze D.A.I. XIV: 263 — 282. (cyt. Gut M., 2003. Monografie i rozprawy naukowe. 20/2003).
- Gut M. 2003. Mrozoodporność rodów hodowlanych pszenicy (*Triticum aestivum* L.). Monografie i Rozprawy Naukowe IHAR Nr 20, IHAR, Radzików.
- Gut M., Witkowski E. 1991. Zimotrwałość i mrozoodporność rodów pszenicy ozimej (*Triticum aestivum* L.) w latach 1987–1989. Biul. IHAR 177: 83 — 91.
- Gut M., Witkowski E., Gołębiowska-Malek H. 1993. Wpływ hartowania na mrozoodporność rodów hodowlanych pszenicy (*Triticum aestivum* L.). Biul. IHAR 187: 13 — 18.
- Hömmö L. M. 1994. Hardening of winter wheat (*Triticum aestivum* L.). Triticale (*Triticosecale Wittmack*) and winter barley (*Hordeus vulgare* L.) cultivars during autumn and the final winter survival in Finland. Plant Breeding — Zeitschrift für Pflanzenzüchtung 112, 4: 285 — 293.
- Kacperska A. 1997. Plant response to low temperature stress: signaling pathways involved. In: Crop development for the cool and wet regions of Europe. Research progress COST 814 — II. IHAR. Radzików: 133 — 146.
- Limin A. E., Fowler D. B. 1993. Inheritance of cold hardiness in *Triticum aestivum* × synthetic hexaploid wheat crosses. Plant Breeding — Zeitschrift für Pflanzenzüchtung 110 (2): 103 — 108.
- Rybka Z., Zagdańska B., Gut M., Witkowski E. 1994. Przydatność metod oceny mrozoodporności materiałów hodowlanych pszenicy ozimej. Biul. IHAR 192: 59 — 68.
- Snape J. W., Sarma R., Quarrie S. A., Fish L., Galiba G., Sutka J. 2001. Mapping genes for flowering time and frost tolerance in cereals using precise genetic stocks. Euphytica 120: 309 — 315.
- Sutka J., Galiba G., Veisz O., Snape J. W. 1997. Genetic analysis of frost resistance and its contribution to development of frost resistant cereal varieties — a review. Plant Breeding and Seed Science 41 (2): 39 — 50.
- Sutka J. 1994. Genetic control of frost tolerance in wheat (*Triticum aestivum* L.). Euphytica 77: 277 — 282.
- Veisz O., Szunics L. 2000. Effect of common bunt on the frost resistance and winter hardiness of wheat (*Triticum aestivum* L.) lines containing *Bt* genes. Euphytica 114 (2): 159 — 164.



KRYSTYNA WITKOWSKA <sup>1</sup>EDWARD WITKOWSKI <sup>1</sup>TADEUSZ ŚMIAŁOWSKI <sup>2</sup>JACEK WAGA <sup>2</sup><sup>1</sup> HR Smolice Sp. z o.o. Grupa IHAR<sup>2</sup> Zakład Roślin Zbożowych IHAR — PIB w Krakowie

## Związek białek zapasowych z zimotrwałością u wybranych mieszańców pszenicy ozimej \*

### Relationship between wheat storage proteins and winter hardiness in chosen hybrids of winter wheat

Celem badań było poszukiwanie związków pomiędzy markerami biochemicznymi a stopniem przetrzymywania u 2 grup pszenic ozimych: 19 wieloliniowych genotypów (90 linii F<sub>5</sub>) pochodzących z 6 kombinacji mieszańcowych pszenicy zwyczajnej (*T. aestivum* ssp. *vulgare*) oraz trzech par genotypów wytworzonych z mieszańca orkisz (odmiany Oberkummer Rotkorn (*Triticum aestivum* ssp. *spelta* L.) i rodu LAD 480 (*T. aestivum* ssp. *vulgare*). Materiał poddano analizom elektroforetycznym. W pierwszej grupie badanego materiału stwierdzono silne zróżnicowanie pod względem zimotrwałości wahające się od 4 do 9 stopni (w skali 9°). Uzyskane wyniki sugerują, że kombinacja podjednostek HMW glutenin [*Glu* A1(Null), *Glu* B1(7+9), *Glu* D1 (5+10)] jest powiązana z podwyższoną zimotrwałością pszenicy ozimej. Zimotrwałość drugiej grupy mieszańców oddalonych była niższa i wahała się od 1 do 5 stopnia. Markerami wysokiej zimotrwałości u tej grupy mieszańców okazał się blok białek gluteninowych z podjednostką HMW warunkowanych przez locus *Glu* A1 z podjednostką „2” i locus *Glu* D1 z podjednostką „5+10/2+12” oraz blok białek gliadynowych z podjednostkami zawierającymi markery białkowe linii z null allele w locus *Gli* B2.

**Słowa kluczowe:** elektroforeza, markery biochemiczne, pszenica ozima, zimotrwałość

The aim of these studies was to find out whether polymorphic wheat storage proteins (gliadins and HMW glutenins) and winter hardiness are interrelated. Two sets of winter wheats were analyzed. In the first set 19 groups of hybrid genotypes (90 lines in total) of F<sub>5</sub> generation from cross combinations between common wheat (*Triticum aestivum* ssp. *vulgare*) cultivars and strains were analyzed. The second set comprised four pairs of hybrid genotypes originating from crossing between spelt (*Triticum aestivum* ssp. *spelta*, cv. Oberkummer Rotkorn) and common wheat breeding strain LAD 480. Gliadins and HMW glutenins extracted from individual kernels of analyzed hybrid genotypes were separated using electrophoretic techniques: A-PAGE and SDS-PAGE. The obtained results suggested close

\* Część badań finansowana ze środków na naukę w latach 2010–2013 jako projekt badawczy nr N N310 162238

relationships between HMW glutenin subunits: *Glu A1-1*, *Glu B1-7+9/6+8*, *Glu D1-5+10* and gliadin null alleles localized on the chromosome 6B (*locus Gli B2*) and winter hardness of winter wheat.

**Key words:** electrophoresis, biochemical markers, winter wheat, winter hardness

## WSTĘP

Wysoka zimotrwałość zbóż ozimych jest jedną z ważniejszych cech w naszej szerokości klimatycznej. Udowodniły to warunki zimowe w 2012 roku, w którym niskie ujemne temperatury powietrza, jakie wystąpiły w styczniu i lutym, przy jednoczesnym braku okrywy śnieżnej, spowodowały niemal całkowite wymarznącie roślin pszenicy ozimej i jęczmienia ozimego na znacznym obszarze kraju. Warunki klimatyczne panujące w okresie zimy w Polsce na ogół uniemożliwiają wykonanie selekcji materiałów hodowlanych w polu pod względem zimotrwałości. Bada się zatem możliwość oceny tej cechy przy użyciu metod pośrednich, np. markerów biochemicznych czy molekularnych.

Wśród markerów biochemicznych na szczególną uwagę zasługują polimorficzne białka zapasowe ziarniaków pszenicy: gliadyny i gluteniny o wysokiej masie cząsteczkowej (HMW gluteniny) (Kączkowski, 2002). W ostatnich dziesięcioleciach obie grupy białek były przedmiotem intensywnych badań z uwagi na ich silny związek z cechami jakościowymi, głównie z właściwościami reologicznymi glutenu (Payne i in., 1987). Wykazano, że HMW gluteniny są odpowiedzialne za jego elastyczność natomiast gliadyny warunkują rozciągliwość, zaś końcowy efekt jakości pszenicy jest wypadkową obu tych cech (Popineau i in., 1997). Jednocześnie stwierdzono, że zmienność allelicznych wariantów kontrolujących syntezę gliadyn i HMW glutenin pozostaje w statystycznym związku także z innymi cechami użytkowymi, takimi jak: plon ziaren z kłosa, liczba ziaren z kłosa czy odporność na mączniaka (*Erysiphe graminis*) (Węgrzyn i Waga, 1999). Spośród cech użytkowych, powiązanych z odpornością na stresy abiotyczne, a jednocześnie powiązanych ze zmiennością frakcji i podjednostek białek zapasowych, na szczególną uwagę zasługuje zimotrwałość. Już wczesne prace Sozinova i Poperelli (1980) wykazały związek allelicznych wariantów białkowych ω-gliadyn kontrolowanych chromosomem 1D ze zmiennością tej cechy. Badania nad polimorfizmem HMW glutenin w polskich rodach i odmianach pszenicy ozimej wskazały na znaczącą przewagę ilościową null allele genu na chromosomie 1A (*locus Glu A1*) nad innymi, allelicznymi wariantami tego genu kontrolującymi podjednostki *Glu A1-1* i *Glu A1-2\**. Jednocześnie badania na populacjach mieszańcowych wykazały, że *locus Glu A1* jest sprzężony z jednym z genów odpowiadających za zimotrwałość, a nieaktywny wariant genu w tym *locus* jest sprzężony z genem poprawiającym zimotrwałość (Witkowski i in., 2008).

Celem niniejszych badań było określenie związku pomiędzy zmiennością allelicznych frakcji gliadyn i glutenin kontrolowanych przez geny zlokalizowane na chromosomach 1. i 6. grupy homeologicznej a zimotrwałością linii mieszańcowych ozimej pszenicy zwyczajnej i orkisz. Badania mogą poszerzyć spektrum markerów białkowych tej cechy użytkowej i stworzyć możliwości ich praktycznego wykorzystania w selekcji genotypów.

## MATERIAŁ I METODY

Materiałem badawczym były dwa zestawy pszenic ozimych. Pierwszy zestaw stanowiło 19 grup genotypów  $F_5$  pochodzących z 6 kombinacji krzyżowań pszenicy zwyczajnej (*Triticum aestivum* ssp. *vulgare*) i 4 odmiany wzorcowe: Almari, Tonacja, KWS Ozon i Muszelka (tab. 1). Każda z grup zawierała po kilka spokrewnionych ze sobą linii, w sumie przebadano 90 linii i 4 wzorce. Analizowane linie były znacznie zróżnicowane pod względem stopnia przezimowania oraz składu podjednostek HMW glutenin *Glu A1*, *Glu B1* i *Glu D1*.

Drugi zestaw materiałów badawczych stanowiły trzy pary genotypów mieszańcowych wytworzonych z potomstwa kombinacji krzyżowań orkisz — odmiany Oberkummer Rotkorn (*Triticum aestivum* ssp. *spelta*) i rodu LAD 480 (*Triticum aestivum* ssp. *vulgare*) (tab. 5). Jeden z dwóch genotypów w obrębie każdej pary zawierał null allel w jednym z sześciu loci kontrolujących syntezę gliadyn, natomiast drugi stanowił kontrolę zawierającą wszystkie geny gliadyn w postaci aktywnej. Każdy z rozpatrywanych genotypów obejmował od kilku do kilkunastu blisko spokrewnionych linii mieszańcowych. Opracowywane wyniki dotyczą oceny przezimowania w okresie styczeń — luty 2012 w HR Smolice. Warunki pogodowe (temperatura) przedstawiono na rysunku 1. Analizy elektroforetyczne oraz obliczenia statystyczne wykonano w Zakładzie Roślin Zbożowych IHAR PIB w Krakowie.

**Analizy elektroforetyczne**

Białka gliadynowe izolowano przy użyciu zmodyfikowanej elektroforezy na żelu poliakryloamidowym w środowisku kwaśnym buforu mleczanowo-glinowego (A-PAGE) opracowanej przez Bushuka i Zillmana (1978). Bloki białek gliadynowych różnicujące badane genotypy pszenicy ozimej identyfikowano na podstawie katalogu opracowanego w Zakładzie Roślin Zbożowych IHAR w Krakowie (Waga, 2000). HMW gluteniny izolowano roztworem ekstrakcyjnym (6% mocznik, 2% SDS, 1,5% merkaptotniolem), analizowano metodą elektroforezy SDS-PAGE (Laemmli, 1970). Białka identyfikowano na podstawie katalogu Payne'a (Payne i Lawrence, 1983). Rysunek 3, prezentuje wybrane elektroforegramy białek gliadynowych analizowanych pszenic.

**Analizy statystyczne**

Wczesną wiosną w warunkach polowych wykonano ocenę zimotrwałości roślin w skali 9-stopniowej (9 — bardzo dobre, 1 — bardzo złe przezimowanie). Na podstawie uzyskanych wyników wykonano statystyki opisowe klasyfikujące każdą grupę białek gluteninowych oraz analizy wariancji. Statystyki opisowe obejmowały obliczenie średnich arytmetycznych, odchyleń standardowych i współczynników zmienności dla badanych podjednostek HMW glutenin *Glu A1*, *Glu B1*, *Glu D1* oznaczonych dla 19 grup genotypów wieloliniowych  $F_5$  pochodzących z 6 kombinacji krzyżowań i 4 odmian wzorcowych oraz dla glutenin *Glu A1*, *Glu B1* i *Glu D1* i gliadyn *Gli B1*, *Gli B2* i *Gli D1* oznaczonych dla 3 par genotypów wytworzonych z kombinacji krzyżowań orkisz i pszenicy zwyczajnej. Do zbadania istotności zróżnicowania średnich zimotrwałości badanych 90 linii w stosunku do odmian wzorcowych wykorzystano test „t” Studenta. Testem tym sprawdzono również istotności zróżnicowania pomiędzy średnimi przezimowania prób różniących się składem

białek zapasowych w liniach pszenicy ozimej. Badano następujące kontrasty: 1- *Gli B1*-Null/kontrola-*Gli B1*, 2- *Gli B2*-Null//*Gli B2*-kontrola, 3- *Glu B1*-6+8o/*Glu B1*-6+8 ). Przyjęto założenie, że różnica pomiędzy średnimi równa się 0 a próby mają nierówne wariancje. Do obliczeń zastosowano programy: SAS® 9.13, oraz XLstat (2012).

## WYNIKI I DYSKUSJA

W badanych 23 genotypach (19 wieloliniowych mieszańcach F<sub>5</sub> i 4 odmianach wzorcowych) pszenicy ozimej zidentyfikowano następujące podjednostki HMW glutenin: *Glu A1*: 1, 2, Null; *Glu B1*: 6+8, 7+8, 7+9; *Glu D1*: 5+10 oraz 2+12 (tab. 1). Liczebność linii w 9 klasach przezimowania 94 linii i odmian wzorcowych przedstawiono na histogramie (rys. 2). 12 spośród 19 grup genotypów wieloliniowych przewyższało lub prezentowało poziom zimotrwałości najlepszej odmiany wzorcowej Tonacji (tab. 1).

Tabela 1

**Wykaz 19 grup genotypów i 4 odmian wzorcowych zróżnicowanych pod względem 3 markerów HMW uszeregowanych malejąco pod względem średniej wartości zimotrwałości**

**List of 19 groups of genotypes and 4 standard varieties differing in terms of 3 markers of HMW (in order of descending winter hardiness)**

| Genotypy<br>Genotypes | No. | <i>Glu A1</i> |     |     |      |    | Średnia<br>ocena<br>zimotrwałości<br>Mean winter<br>hardiness | Odchylenie.<br>standardowe<br>Standard<br>deviation | CV%  |
|-----------------------|-----|---------------|-----|-----|------|----|---------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------|------|
|                       |     | L1            | L2  | L3  | L4   | L5 |                                                               |                                                     |      |
| 1                     | 2   | 3             | 4   | 5   | 6    | 7  | 8                                                             | 9                                                   | 10   |
| 01643-R-R-43          | 5   | 1             | 9,0 | 0,0 | 0,0  | N  | 9,0                                                           | 0,0                                                 | 0,0  |
| 01643-R-R-52          | 5   | N             | 9,0 | 0,0 | 0,0  | N  | 9,0                                                           | 0,0                                                 | 0,0  |
| 01643-R-R-68          | 4   | N             | 8,8 | 0,5 | 5,7  |    | 8,8                                                           | 0,5                                                 | 5,7  |
| 01643-R-R-20          | 5   | N             | 8,6 | 0,5 | 6,4  | N  | 8,6                                                           | 0,5                                                 | 6,4  |
| 01643-R-R-114         | 4   | N             | 8,0 | 0,0 | 0,0  |    | 8,0                                                           | 0,0                                                 | 0,0  |
| 01509-R-R-29          | 5   | N             | 7,2 | 1,3 | 18,1 | N  | 7,2                                                           | 1,3                                                 | 18,1 |
| 01433-R-R-77          | 4   | 1+N           | 7,0 | 0,8 | 11,7 |    | 7,0                                                           | 0,8                                                 | 11,7 |
| 01508-R-R-13          | 5   | 1             | 6,6 | 2,5 | 38,0 | 1  | 6,6                                                           | 2,5                                                 | 38,0 |
| 01643-R-R-106         | 5   | N             | 6,6 | 1,7 | 25,4 | N  | 6,6                                                           | 1,7                                                 | 25,4 |
| 01509-R-R-5           | 5   | 1             | 6,2 | 2,0 | 33,1 | 1  | 6,2                                                           | 2,0                                                 | 33,1 |
| 01643-R-R-40          | 3   | N             | 6,0 | 1,0 | 16,7 |    | 6,0                                                           | 1,0                                                 | 16,7 |
| 01643-R-R-59          | 5   | N             | 6,0 | 2,3 | 39,1 | N  | 6,0                                                           | 2,3                                                 | 39,1 |
| 01506-R-R-9           | 5   | N             | 5,8 | 1,6 | 28,3 | N  | 5,8                                                           | 1,6                                                 | 28,3 |
| 01508-R-R-24          | 5   | 1             | 5,8 | 1,8 | 30,8 | N  | 5,8                                                           | 1,8                                                 | 30,8 |
| 01433-R-R-72          | 5   | 1             | 5,6 | 2,3 | 41,1 | 1  | 5,6                                                           | 2,3                                                 | 41,1 |
| 01478-R-R-34-1        | 5   | 2             | 5,6 | 2,1 | 37,0 | N  | 5,6                                                           | 2,1                                                 | 37,0 |
| 01506-R-R-17          | 5   | N             | 5,6 | 2,1 | 37,0 | N  | 5,6                                                           | 2,1                                                 | 37,0 |
| 01643-R-R-103         | 5   | N             | 4,8 | 1,8 | 37,3 | N  | 4,8                                                           | 1,8                                                 | 37,3 |
| 01643-R-R-34-2        | 5   | N             | 4,0 | 1,2 | 30,6 | N  | 4,0                                                           | 1,2                                                 | 30,6 |
| Tonacja               | 1   | N             | 6,0 | 0,0 | 0,0  |    | 6,0                                                           | 0,0                                                 | 0,0  |
| Almari                | 1   | N             | 4,0 | 0,0 | 0,0  |    | 4,0                                                           | 0,0                                                 | 0,0  |
| Ozon                  | 1   | 1             | 3,0 | 0,0 | 0,0  |    | 3,0                                                           | 0,0                                                 | 0,0  |
| Kris                  | 1   | 1             | 2,0 | 0,0 | 0,0  |    | 2,0                                                           | 0,0                                                 | 0,0  |

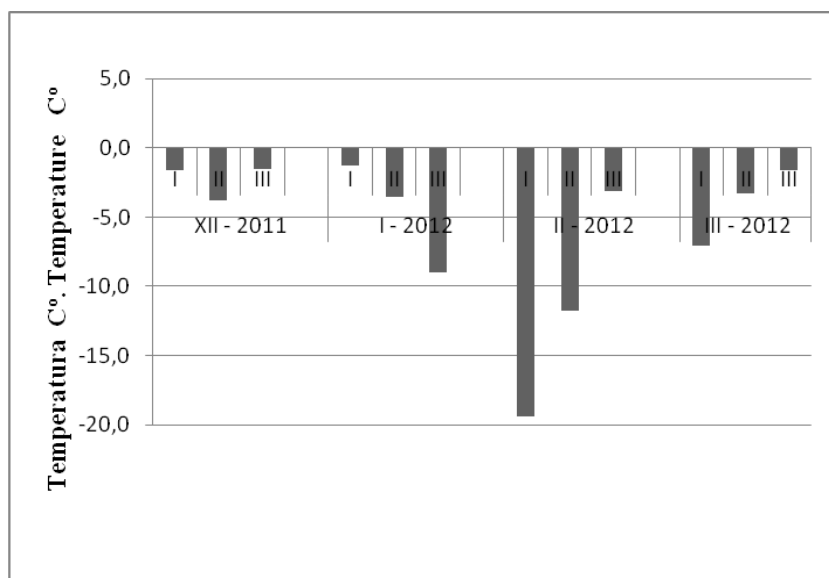
c.d. Tabela 1

| 1              | 2 | 3       | 4   | 5   | 6    | 7       | 8   | 9   | 10   |
|----------------|---|---------|-----|-----|------|---------|-----|-----|------|
|                |   | Glu B1  |     |     |      |         |     |     |      |
|                |   | L1      | L2  | L3  | L4   | L5      |     |     |      |
| 01643-R-R-43   | 5 | 7+9     | 9,0 | 0,0 | 0,0  | 7+9     | 9,0 | 0,0 | 0,0  |
| 01643-R-R-52   | 5 | 7+9     | 9,0 | 0,0 | 0,0  | 7+9     | 9,0 | 0,0 | 0,0  |
| 01643-R-R-68   | 4 | 7+9     | 8,8 | 0,5 | 5,7  |         | 8,8 | 0,5 | 5,7  |
| 01643-R-R-20   | 5 | 7+8     | 8,6 | 0,5 | 6,4  | 7+8     | 8,6 | 0,5 | 6,4  |
| 01643-R-R-114  | 4 | 7+9     | 8,0 | 0,0 | 0,0  |         | 8,0 | 0,0 | 0,0  |
| 01509-R-R-29   | 5 | 6+8     | 7,2 | 1,3 | 18,1 | 6+8     | 7,2 | 1,3 | 18,1 |
| 01433-R-R-77   | 4 | 6+8     | 7,0 | 0,8 | 11,7 |         | 7,0 | 0,8 | 11,7 |
| 01508-R-R-13   | 5 | 7+9     | 6,6 | 2,5 | 38,0 | 7+9/6+8 | 6,6 | 2,5 | 38,0 |
| 01643-R-R-106  | 5 | 7+9     | 6,6 | 1,7 | 25,4 | 7+9     | 6,6 | 1,7 | 25,4 |
| 01509-R-R-5    | 5 | 7+9     | 6,2 | 2,0 | 33,1 | 7+9     | 6,2 | 2,0 | 33,1 |
| 01643-R-R-40   | 3 | 7+8/7+9 | 6,0 | 1,0 | 16,7 |         | 6,0 | 1,0 | 16,7 |
| 01643-R-R-59   | 5 | 7+8     | 6,0 | 2,3 | 39,1 | 7+8     | 6,0 | 2,3 | 39,1 |
| 01506-R-R-9    | 5 | 6+8     | 5,8 | 1,6 | 28,3 | 6+8     | 5,8 | 1,6 | 28,3 |
| 01508-R-R-24   | 5 | 6+8     | 5,8 | 1,8 | 30,8 | 6+8     | 5,8 | 1,8 | 30,8 |
| 01433-R-R-72   | 5 | 6+8     | 5,6 | 2,3 | 41,1 | 6+8     | 5,6 | 2,3 | 41,1 |
| 01478-R-R-34-1 | 5 | 7+8     | 5,6 | 2,1 | 37,0 | 7+8     | 5,6 | 2,1 | 37,0 |
| 01506-R-R-17   | 5 | 6+8     | 5,6 | 2,1 | 37,0 | 6+8     | 5,6 | 2,1 | 37,0 |
| 01643-R-R-103  | 5 | 7+9     | 4,8 | 1,8 | 37,3 | 7+9     | 4,8 | 1,8 | 37,3 |
| 01643-R-R-34-2 | 5 | 7+8     | 4,0 | 1,2 | 30,6 | 7+9     | 4,0 | 1,2 | 30,6 |
| Tonacja        | 1 | 7+9     | 6,0 | 0,0 | 0,0  |         | 6,0 | 0,0 | 0,0  |
| Almari         | 1 | 6+8     | 4,0 | 0,0 | 0,0  |         | 4,0 | 0,0 | 0,0  |
| Ozon           | 1 | 7+9     | 3,0 | 0,0 | 0,0  |         | 3,0 | 0,0 | 0,0  |
| Kris           | 1 | 7+9     | 2,0 | 0,0 | 0,0  |         | 2,0 | 0,0 | 0,0  |

| 1              | 2 | 3         | 4         | 5         | 6         | 7         | 8   | 9   | 10   |
|----------------|---|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----|-----|------|
|                |   | Glu D1    |           |           |           |           |     |     |      |
|                |   | L1        | L2        | L3        | L4        | L5        |     |     |      |
| 01643-R-R-43   | 5 | 5+10      | 5+10      | 5+10      | 5+10      | 5+10      | 9,0 | 0,0 | 0,0  |
| 01643-R-R-52   | 5 | 5+10      | 5+10      | 5+10      | 5+10      | 5+10      | 9,0 | 0,0 | 0,0  |
| 01643-R-R-68   | 4 | 5+10      | 5+10      | 5+10      | 5+10      |           | 8,8 | 0,5 | 5,7  |
| 01643-R-R-20   | 5 | 5+10      | 5+10      | 5+10      | 5+10      | 5+10      | 8,6 | 0,5 | 6,4  |
| 01643-R-R-114  | 4 | 5+10      | 5+10      | 5+10      | 5+10      |           | 8,0 | 0,0 | 0,0  |
| 01509-R-R-29   | 5 | 5+10      | 5+10      | 5+10      | 5+10      | 5+10      | 7,2 | 1,3 | 18,1 |
| 01433-R-R-77   | 4 | 2+12      | 2+12      | 2+12      | 2+12      |           | 7,0 | 0,8 | 11,7 |
| 01508-R-R-13   | 5 | 5+10/2+12 | 5+10/2+12 | 2+12      | 5+10      | 5+10/2+12 | 6,6 | 2,5 | 38,0 |
| 01643-R-R-106  | 5 | 5+10      | 5+10      | 5+10      | 5+10      | 5+10      | 6,6 | 1,7 | 25,4 |
| 01509-R-R-5    | 5 | 5+10/2+12 | 5+10      | 5+10/2+12 | 5+10/2+12 | 2+12      | 6,2 | 2,0 | 33,1 |
| 01643-R-R-40   | 3 | 5+10      | 5+10      | 5+10      |           |           | 6,0 | 1,0 | 16,7 |
| 01643-R-R-59   | 5 | 5+10      | 5+10      | 5+10      | 5+10      | 5+10      | 6,0 | 2,3 | 39,1 |
| 01506-R-R-9    | 5 | 2+12      | 2+12      | 2+12      | 2+12      | 2+12      | 5,8 | 1,6 | 28,3 |
| 01508-R-R-24   | 5 | 5+10      | 5+10      | 5+10/2+12 | 5+10/2+12 | 5+10      | 5,8 | 1,8 | 30,8 |
| 01433-R-R-72   | 5 | 2+12      | 2+12      | 2+12      | 2+12      | 2+12      | 5,6 | 2,3 | 41,1 |
| 01478-R-R-34-1 | 5 | 5+10      | 5+10      | 5+10      | 2+12      | 5+10      | 5,6 | 2,1 | 37,0 |
| 01506-R-R-17   | 5 | 2+12      | 2+12      | 2+12      | 2+12      | 2+12      | 5,6 | 2,1 | 37,0 |
| 01643-R-R-103  | 5 | 5+10      | 5+10      | 5+10      | 5+10      | 5+10      | 4,8 | 1,8 | 37,3 |
| 01643-R-R-34-2 | 5 | 5+10      | 5+10      | 5+10      | 5+10      | 5+10      | 4,0 | 1,2 | 30,6 |
| Tonacija       | 1 | 2+12      |           |           |           |           | 6,0 | 0,0 | 0,0  |
| Almari         | 1 | 2+12      |           |           |           |           | 4,0 | 0,0 | 0,0  |
| Ozon           | 1 | 5+10      |           |           |           |           | 3,0 | 0,0 | 0,0  |
| Kris           | 1 | 2+12      |           |           |           |           | 2,0 | 0,0 | 0,0  |

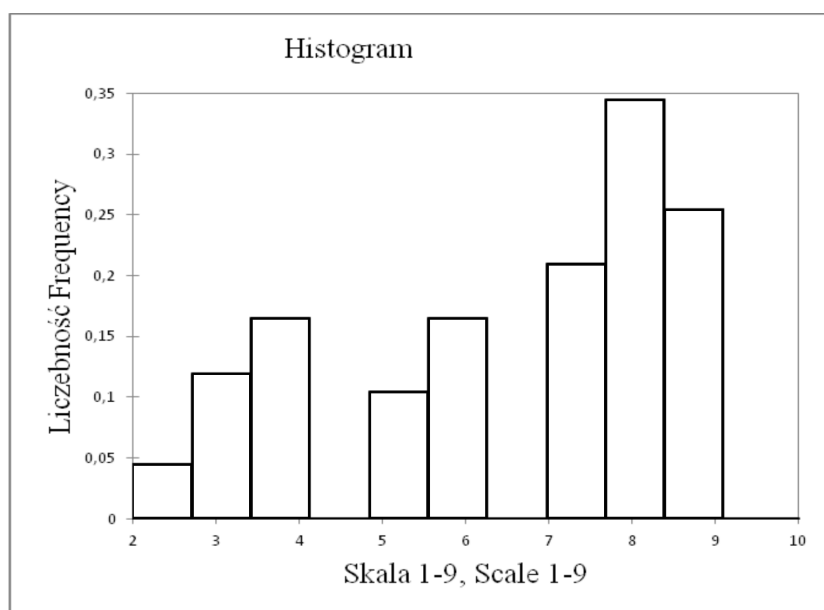
N — liczba linii; Number of lines

L1,L2...Ln — linie w grupie; Lines in group



Rys. 1. Średnie dekadowe temperatury przy gruncie od 1 grudnia 2011 do 31 marca 2012 roku w Smolicach

Fig. 1. Average ground temperature of decades from 1 December 2011 to 31 March 2012 in Smolice



Rys. 2. Histogram rozkładu stopnia oceny przezimowania dla badanych 90 linii i odmian wzorcowych pszenicy ozimej

Fig. 2. Frequency distribution of winter hardiness for investigated 90 lines and standard varieties of winter wheat

Poziom przezimowania wahał się od maksymalnych wartości (ocena — 9) dla genotypów: 01643-R-R-43 i 01643-R-R-52 do niskich dla genotypu 01643-R-R-34 (ocena — 4) (tab. 1). Genotypy wieloliniowe były na ogół wyrównane pod względem zimotrwałości, ale kilka okazało się wewnątrznie zróżnicowanych np. genotyp 01433-R-R-72 (CV = 41,1%). Przeprowadzona analiza elektroforetyczna ujawniła, że linie z grup o kolejnych numerach: 1, 2, 3, 5, 9 miały taki sam układ podjednostek HMW [*Glu A1* (N), *Glu B1* (7+9) i *Glu D1* (5+10)], linie 4 i 12 miały *Glu A1* (Null), *Glu B1* (7+8), *Glu D1* (5+10), i 13 i 17 *Glu A1* (Null), *Glu B1* (6+8) i *Glu D1* (2+12). Linie pozostałych grup genotypów różniły się od siebie często jedną podjednostką HMW. Test „t” Studenta ujawnił, że badane linie istotnie różniły się stopniem przezimowania od czterech odmian wzorowych (tab. 2).

Tabela 2

**Zróżnicowanie zimotrwałości 19 genotypów F<sub>5</sub> pszenicy ozimej w stosunku do odmian wzorcowych oszacowane testem „t” Studenta**  
**Differentiation of winter hardiness of 19 winter wheat hybrid F<sub>5</sub> genotypes in relation to standard varieties assessed by test „t” Student**

| Obiekt<br>Object   | N  | Średnia ocena zimotrwałości<br>Mean winter hardiness | $\sigma^2$ | <i>t</i> | P     |
|--------------------|----|------------------------------------------------------|------------|----------|-------|
| Genotyp — Genotype | 19 | 6,64                                                 | 2,10       | 3,15     | <0,05 |
| Wzorzec — Standard | 4  | 3,75                                                 | 2,92       |          |       |

Czy oznaczone podjednostki HMW mogą być zatem markerami zimotrwałości? Krytyczne warunki zimowe w roku 2012 na przełomie stycznia i lutego (rys. 1) sprzyjały ujawnieniu zróżnicowanej mrozoodporności i zimotrwałości pszenicy ozimej. Skutki tych warunków znalazły odbicie również w analizowanych pod względem glutenin mieszańcach pszenic ozimych.

Wysoką lub niską zimotrwałością charakteryzowały się genotypy niezróżnicowane pod względem podjednostek HMW jak i zróżnicowane przynajmniej jedną podjednostką HMW, np. u genotypów: 01643-R-R-43, 01643-R-R-52 i 01643-R-R-106 o identycznym składzie podjednostek — *Glu: A1*, *Glu B1*, *Glu D1*, zimotrwałość wyniosła odpowiednio 9,0, 9,0 i 6,6 stopnia w skali dziewięciostopniowej (tab. 1). Poszukując związku pomiędzy wysoką zimotrwałością a zróżnicowaniem składu wysokocząsteczkowych białek zapasowych przeprowadzono klasyfikację na podstawie której przypisano średnie wartości przezimowania do poszczególnych podjednostek badanych glutenin oraz wykonano ocenę zmienności pod względem zimotrwałości dla tych podjednostek (tab. 3). Stwierdzono wysokie zróżnicowanie zimotrwałości kilku podjednostek: gluteniny *Glu A1* dla podjednostki „2” = 47,14% CV, oraz *Glu D1* dla podjednostki „5+10/2+12” = 37,3 CV% (tab. 4). Rozpiętość zimotrwałości okazała się zatem duża, co oznacza, że wśród badanych genotypów istnieje możliwość wyboru linii o kombinacji podjednostek HMW, które mogłyby być wykorzystane jako markery zimotrwałości. Przeprowadzona statystyka agregująca (tab. 4) dla podjednostek HMW ujawniła, że wysoką zimotrwałością (ocena 8,0) charakteryzował się unikalny poziomy układ podjednostek [*Glu A1* (2), *Glu B1* (7+8), *Glu D1* (5+10)].

Tabela 3

**Ocena stopnia zimotrwałości linii pszenicy ozimej zróżnicowanych pod względem składu białek  
zapasowych loci *GluA1*, *GluB1* i *GluD1***  
**The winter resistance of winter wheat lines differing in the composition of storage protein loci *GluA1*,  
*GluB1* and *GluD1***

| Poziom<br>Level | N  | Zimotrwałość<br>Winter resistance                     |                                              | CV (%) |
|-----------------|----|-------------------------------------------------------|----------------------------------------------|--------|
| <i>Glu A1</i>   |    | średnia ocena zimotrwałości<br>mean winter resistance | odchylenie standardowe<br>standard deviation |        |
| 1               | 19 | 5,58                                                  | 2,22                                         | 39,77  |
| 1+N             | 4  | 7,00                                                  | 0,82                                         | 11,66  |
| 2               | 2  | 6,00                                                  | 2,83                                         | 47,14  |
| N               | 69 | 6,72                                                  | 2,06                                         | 30,59  |
| <i>Glu B1</i>   |    |                                                       |                                              |        |
| 6+8             | 28 | 5,79                                                  | 1,79                                         | 30,97  |
| 7+8             | 14 | 6,86                                                  | 2,18                                         | 31,77  |
| 7+8/7+9         | 3  | 5,33                                                  | 1,15                                         | 21,65  |
| 7+9             | 44 | 6,84                                                  | 2,25                                         | 32,91  |
| 7+9/6+8         | 5  | 7,00                                                  | 1,73                                         | 24,74  |
| <i>Glu D1</i>   |    |                                                       |                                              |        |
| 2+12            | 24 | 5,71                                                  | 1,90                                         | 33,27  |
| 5+10            | 62 | 6,82                                                  | 2,08                                         | 30,55  |
| 5+10/2+12       | 8  | 6,25                                                  | 2,31                                         | 37,03  |

N — Liczebność

N — Number

Tabela 4

**Zimotrwałość blisko spokrewnionych linii pszenicy ozimej zróżnicowanych pod względem loci *GluA1*,  
*GluB1* i *GluD1***

**Winter hardiness of closely related hybrid lines differing in loci *GluA1*, *GluB1*, *GluD1***

| Glu A1                           | Glu B1    | Glu D1  | Liczba<br>obs.<br>No. obs. | Średnia<br>Mean | Odchylenie<br>standardowe<br>Standard<br>deviation | Błąd<br>standar-<br>dowy<br>Standard<br>error | Minimum<br>Min. | Maksimum<br>Max. | Współ-<br>czynnik<br>wariancji<br>CV<br>(%) |
|----------------------------------|-----------|---------|----------------------------|-----------------|----------------------------------------------------|-----------------------------------------------|-----------------|------------------|---------------------------------------------|
| Podjednostki HMW<br>Subunits HMW |           |         |                            |                 |                                                    |                                               |                 |                  |                                             |
| 1+N                              | 6+8       | 2+12    | 4                          | 7,00            | 0,82                                               | 0,41                                          | 6,00            | 8,00             | 11,66                                       |
| 1                                | 6+8       | 5+10    | 2                          | 7,50            | 0,71                                               | 0,50                                          | 7,00            | 8,00             | 9,43                                        |
|                                  |           | 2+12    | 3                          | 4,00            | 1,41                                               | 1,00                                          | 3,00            | 5,00             | 35,36                                       |
|                                  | 7+9       | 5+10    | 3                          | 7,25            | 1,71                                               | 0,85                                          | 5,00            | 9,00             | 23,56                                       |
|                                  |           | 2+12    | 3                          | 6,67            | 2,31                                               | 1,33                                          | 4,00            | 8,00             | 34,64                                       |
|                                  | 5+10/2+12 | 9       | 6,44                       | 2,07            | 0,69                                               | 3,00                                          | 9,00            | 32,09            |                                             |
|                                  |           | 7+9/6+8 | 5+10/2+12                  | 2               | 6,00                                               | 2,83                                          | 2,00            | 4,00             | 8,00                                        |
| 2                                | 6+8       | 5+10    | 1                          | 4,00            | .                                                  | .                                             | 4,00            | 4,00             | .                                           |
|                                  | 7+8       | 5+10    | 1                          | 8,00            | .                                                  | .                                             | 8,00            | 8,00             | .                                           |
| N                                | 6+8       | 5+10    | 4                          | 5,00            | 2,65                                               | 1,53                                          | 3,00            | 8,00             | 52,92                                       |
|                                  |           | 2+12    | 14                         | 6,08            | 1,75                                               | 0,49                                          | 2,00            | 8,00             | 28,87                                       |
|                                  | 7+8       | 5+10    | 13                         | 6,77            | 2,24                                               | 0,62                                          | 3,00            | 9,00             | 33,12                                       |
|                                  | 7+8/7+9   | 5+10    | 3                          | 5,33            | 1,15                                               | 0,67                                          | 4,00            | 6,00             | 21,65                                       |
|                                  | 7+9       | 5+10    | 32                         | 7,28            | 2,10                                               | 0,39                                          | 2,00            | 9,00             | 28,90                                       |

N — liczebność, N — number

Obiecujący okazał się również układ podjednostek [*Glu A1*(1), *Glu B1* (6+8), *Glu D1* (5+10)], których średnia zimotrwałość wyniosła 7,5. Podobnie układ podjednostek [*Glu*

*Al*(1), *Glu B1* (7+9), *Glu D1* (5+10)] wykazał się również wysokim przeciętnym przezimowaniem (ocena 7,3) (tab. 4). Liczebność linii powyższych układów jest jednak niewielka, dlatego ryzykownym jest twierdzenie, że mogą one być dobrymi markerami zimotrwałości. Stwierdzony u licznej grupy badanych linii pszenicy ozimej (32 obiekty) układ podjednostek [*Glu A1* (Null), *GluB1* (7+9), *Glu D1* (5+10)] o wysokim przeciętnym przezimowaniu (7,28) może być przydatny jako marker tej cechy (tab. 4).

Drugi zestaw materiałów roślinnych obejmował trzy pary blisko spokrewnionych genotypów mieszańcowych (tab. 5).

Tabela 5

**Grupa materiałów badawczych stanowiąca cztery pary genotypów mieszańcowych wytworzonych z potomstwa kombinacji krzyżowań orkiszu Oberkummer Rotkorn i pszenicy zwyczajnej LAD 480**  
**The group of hybrids obtained from crosses between spelt (varieties Oberkummer Rotkorn) and wheat line LAD 480**

| Lp.<br>No. | Frakcje białkowe<br>Protein fractions | Liczba linii<br>Number of lines |
|------------|---------------------------------------|---------------------------------|
| 1          | <i>GliB1 GluB1</i>                    | 42                              |
| 2          | <i>GliB2</i>                          | 150                             |
| 3          | <i>GliD1.1</i>                        | 47                              |
| 4          | <i>GliD1.2</i>                        | 37                              |
|            | Razem<br>Total                        | 276                             |

Dwie z trzech porównywanych par różniły się składem frakcji białek gliadynowych kontrolowanych chromosomami *1B* i *6B*. Jeden z dwóch genotypów w obrębie każdej pary stanowił linię kontrolną zawierającą pełny zestaw sześciu genów gliadynowych w postaci aktywnej, natomiast drugi genotyp w obrębie każdej z obu par zawierał null allel — w *locus Gli B1* oraz *Gli B2*. Trzecia para porównywanych linii różniła się składem podjednostek HMW glutenin — jeden genotyp zawierał podjednostki *Glu B1*-6+8, natomiast drugi zawierał charakterystyczną dla orkiszu parę podjednostek *Glu B1*-6+8o (oznaczenie własne). Badane obiekty charakteryzowały się znacznym zróżnicowaniem pod względem zimotrwałości (tab. 6).

Tabela 6

**Zimotrwałość blisko spokrewnionych linii mieszańcowych zróżnicowanych pod względem loci *Gli B1*, *Gli B2* i *Gli D1***

**Winter hardiness of closely related hybrid lines differing in loci *Gli B1*, *Gli B2* and *Gli D1***

| <i>Loci</i>                     | 1              | 2           | 3           | <i>Loci</i>   | 4          | 5          | <i>Loci</i>   | 6            | 7           | <i>Loci</i>   | 8            | 9           |
|---------------------------------|----------------|-------------|-------------|---------------|------------|------------|---------------|--------------|-------------|---------------|--------------|-------------|
| <i>Glu A1</i>                   | N              | N           | N           | <i>Glu A1</i> | 1          | 1          | <i>Glu A1</i> | 1            | 1           | <i>Glu A1</i> | N            | N           |
| <i>Glu B1</i>                   | 6+8o           | 6+8         | 6+8o        | <i>Glu B1</i> | 7+9        | 7+9        | <i>Glu B1</i> | 7+9          | 7+8         | <i>Glu B1</i> | 7+8          | 7+8         |
| <i>Glu D1</i>                   | 5+10           | 5+10        | 5+10        | <i>Glu D1</i> | 5+10       | 5+10       | <i>Glu D1</i> | 5+10         | 2+12        | <i>Glu D1</i> | 2+12         | 2+12        |
| <i>Gli B1</i>                   | <i>B1 Null</i> | <i>B1 K</i> | <i>B1 K</i> | <i>Gli B2</i> | <i>B2N</i> | <i>B2K</i> | <i>Gli D1</i> | <i>D1 K1</i> | <i>D1N1</i> | <i>Gli D1</i> | <i>D1N 2</i> | <i>D1K2</i> |
| Średnie wartość<br>Means values | 1,7            | 5,0         | 1,6         |               | 5,7        | 1,3        |               | 1,1          | 2,8         |               | 1,3          | 1,0         |

Poziom zimotrwałości nie był wprawdzie zbyt wysoki (najwyższe wartości 5,0 i 5,7 w skali 9°), ale sygnalizuje możliwość wykorzystania markerów białkowych do selekcji

mieszańców pszenicy ozimej na wstępnych etapach hodowli pod względem mrozoodporności i zimotrwałości.

Na podstawie testu „t” Studenta (tab. 7) stwierdzono istotne zróżnicowanie zimotrwałości w parach genotypów różniących się pod względem frakcji gliadynowych kontrolowanych chromosomem *6B* oraz podjednostek HMW gluteninowych kontrolowanych chromosomem *1B*. Uzyskane wyniki wskazują na znacząco wyższą zimotrwałość linii zawierających null allele w *locus Gli B2* oraz dla linii zawierających typowe dla pszenicy zwyczajnej podjednostki 6+8 HMW glutenin kontrolowane chromosomem *1B* (podjednostki orkisz sugerują znacznie słabszą zimotrwałość). O ile związek gliadyn i HMW glutenin z cechami jakościowymi jest wynikiem specyficznej struktury 1.- 2.- i 3.- rzędowej tych białek to wykazany związek z zimotrwałością jest efektem sprzężenia przynajmniej niektórych spośród genów warunkujących tę cechę z *loci* białek zapasowych na chromosomach 1.- i 6.- grupy homeologicznej. Uzyskane wyniki wskazują na sprzężenie genów zimotrwałości z *loci Gli B1* oraz *Glu B1* (analiza genetyczna sprzężenia będzie przedmiotem przyszłych badań) a przede wszystkim poszerzają zakres informacji na temat związku białek zapasowych pszenicy ozimej z zimotrwałością. Na podstawie badań proteomicznych stwierdzono, że niektóre domeny polipeptydów gliadynowych wykazują znaczne analogie z sekwencjami niektórych białek szoku termicznego stanowiąc specyficzny przykład pleiotropii (Blumenthal i in., 1990).

Tabela 7

**Zróżnicowanie stopnia zimotrwałości w liniach mieszańcowych pszenicy ozimej zróżnicowanych pod względem składu białek zapasowych na podstawie średnich wartości oszacowanych testem „t”**

**Studenta**

**Variation of the mean winter hardiness of winter wheat hybrid lines differing in the composition of storage proteins, on the basis of the „t” Student test**

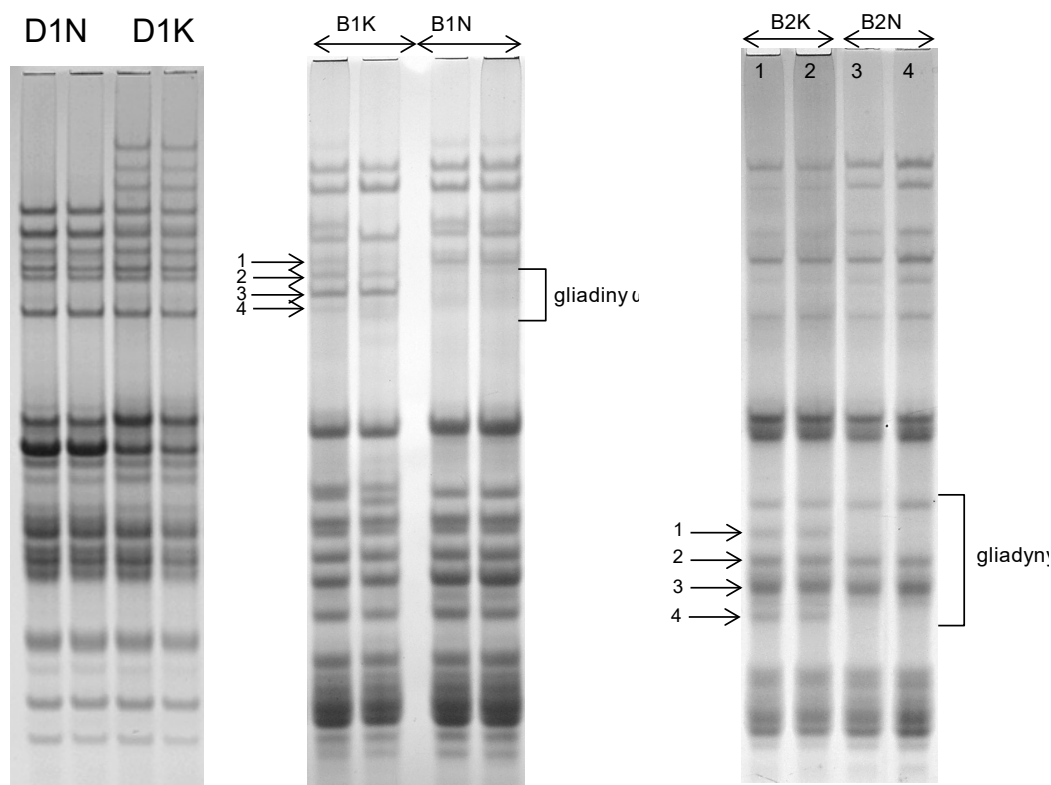
| Frakcje białkowe<br>Protein fractions | No. | Średnia zimotrwałość<br>Mean winter hardiness | $\sigma^2$ | $t$    | P      |
|---------------------------------------|-----|-----------------------------------------------|------------|--------|--------|
|                                       |     |                                               | $\sigma^2$ | $T$    | P      |
| <i>Gli B1</i> -Null                   | 20  | 1,700                                         | 0,432      | 0,443  | >0,05  |
| <i>Gli B1</i> -Kontrola               | 14  | 1,571                                         | 0,879      |        |        |
| <i>Gli B2</i> -Null                   | 88  | 5,682                                         | 0,495      | 47,246 | <0,001 |
| <i>Gli B2</i> -Kontrola               | 62  | 1,258                                         | 0,195      |        |        |
| <i>Glu B1</i> -6+8o                   | 20  | 1,700                                         | 0,432      | 22,465 | <0,001 |
| <i>Glu B1</i> -6+8                    | 8   | 5,000                                         | 0,000      |        |        |

N — liczebność linii

N — Number of lines

Na podstawie badań proteomicznych stwierdzono, że niektóre domeny polipeptydów gliadynowych wykazują znaczne analogie z sekwencjami niektórych białek szoku termicznego (Blumenthal i in., 1990). Fakt ten sugeruje możliwość istnienia związków o charakterze ewolucyjnego pokrewieństwa genów kontrolujących syntezę białek zapasowych pszenicy i genów odporności na niekorzystne warunki przezimowania co dodatkowo może tłumaczyć powiązanie między zmiennością gliadyn i HMW glutenin a zimotrwałością. Można przypuszczać, iż kontynuacja badań opisanych w niniejszej pracy pozwoli zidentyfikować znacznie większą grupę frakcji białek zapasowych pszenicy

powiązanych z zimotrwałością, a w konsekwencji umożliwi bardziej precyzyjny i kontrolowany dobór komponentów rodzicielskich do krzyżowań, ułatwiający wytwarzanie genotypów łączących cechę podwyższonej odporności na niekorzystne warunki zimowania roślin z cechą wysokiej jakości technologicznej.



Rys. 3. Wybrane elektroforegramy białek gliadynowych dla pszenic ozimych ze Smolice  
Fig. 3. Gliadin proteins electrophoregrams for winter wheat from Smolice

#### WNIOSKI

1. Powiązanie wyników analizy elektroforetycznej badanych materiałów ze stopniem ich przetrzymywania umożliwiło sprawdzenie tezy o przydatności pośrednich biochemicznych metod do selekcji zimotrwałych materiałów hodowlanych. Rezultaty tych badań poszerzają również zakres informacji na temat związku białek zapasowych pszenicy z zimotrwałością.
2. Stwierdzono istotne zróżnicowanie pod względem zimotrwałości wśród 19 wieloliniowych grup genotypów pszenicy ozimej. Najwyższy poziom przetrzymywania (ocena — 9) ujawnił się u 3 genotypów wieloliniowych pszenic ozimych: 01643-R-R-43 i

- 01643-R-R-52, 01643-R-R-68 o układzie podjednostek [*Glu A1*(Null), *Glu B1* (7+9), *Glu D1* (5+10)].
3. Uzyskane wyniki sugerują, że kombinacja podjednostek HMW glutenin: *Glu A1*-N, *Glu B1*-(7+9) oraz *Glu D1*-5+10 jest powiązana z podwyższoną zimotrwałością pszenicy ozimej.
  4. Null allele białek gliadynowych zlokalizowane na chromosomie 6B (*locus Gli B2*), powstałe jako efekt spontanicznych mutacji w mieszańcowym potomstwie orkiszu i pszenicy zwyczajnej, mogą być wykorzystane w hodowli jako markery podwyższonej zimotrwałości.
  5. Badania powinny być kontynuowane ze względu na brak skutecznych i prostych pośrednich metod oceny mrozoodporności i zimotrwałości przeznaczonych do masowego przesiewowego testowania materiałów hodowlanych pszenic ozimych.

#### LITERATURA

- Blumenthal C. S., Batey I. L., Bekes F., Wrigley C. W., Barlow E. W. R. 1990. Gliadin genes contain heat shock elements: Possible relevance to heat induced changes in grain quality. *J. Cereal Sci.* 11: 185 — 187.
- Bushuk W., Zillman R. R. 1978. Wheat cultivar identification by gliadin electrophoregrams. I. Apparatus, method and nomenclature. *Can. J. Plant Sci.* 58: 505 — 515.
- Kączkowski J. 2002. Nowe poglądy na strukturę i funkcje białek zapasowych zbóż na przykładzie pszenicy (*Triticum aestivum* L.). *Biul. IHAR* 223/224: 3 — 31.
- Laemmli V. K. 1970. Cleavage of structural proteins during assembly of the head of bacteriophage T4. *Nature* 227: 680 — 685.
- Payne P. I., Lawrence G. J. 1983. Catalogue of alleles for the complex gene loci *Glu-A1*, *Glu-B1*, *Glu-D1*, which code for high-molecular-weight subunits of glutenin in hexaploid wheat. *Cereal Res. Commun.* 11/1: 29 — 35.
- Payne P. I., Nightingale M. A., Krattiger A. F., Holt L. M. 1987. The relationship between HMW glutenin subunits composition and the bread-making quality of British-grown wheat varieties. *J. Sci. Food Agric.* 40: 51 — 65.
- Popineau Y., Cornec M., Lefebvre J., Marchylo B. 1994. Influence of high *Mr* glutenin subunits on gluten polymers and rheological properties of glutens and gluten sub-fractions of near-isogenic lines of wheat Siccio. *J. Cereal Sci.* 19: 231 — 241.
- Sozinov A. A., Poperella F. A. 1980. Genetic classification of prolamins and its use for plant breeding. *Ann. Techn. Agric.* 28: 229 — 245.
- Waga J. 2000. Syntetyczna metoda klasyfikacji białek gliadynowych. *Biul. IHAR* 215: 35 — 60.
- Węgrzyn S., Waga J. 1999. Powiązanie białek gluteninowych ze zmiennością ważniejszych cech użytkowych odmian i rodów pszenicy ozimej. *Biul. IHAR* 211: 55 — 69.
- Witkowski E., Waga J., Witkowska K., Rapacz M., Gut M., Bielawska A., Lubert H., Łukaszewski A. J. 2008. Association between frost tolerance and the alleles of high molecular weight glutenin subunits present in Polish winter wheats. *Euphytica* 159: 337 — 384.

JERZY H. CZEMBOR  
OLGA DORACZYŃSKA  
ALEKSANDRA PIETRUSIŃSKA  
HENRYK J. CZEMBOR

Pracownia Genetyki Stosowanej  
Instytut Hodowli i Aklimatyzacji Roślin — PIB w Radzikowie

## Odporność na mączniaka prawdziwego (*Blumeria graminis* f. sp. *hordei*) odmian jęczmienia włączonych do badań rejestrowych w Polsce w roku 2012\*

### Resistance to powdery mildew (*Blumeria graminis* f. sp. *hordei*) in barley cultivars included to registration trials in Poland in 2012

Określono uwarunkowania genetyczne odporności na mączniaka prawdziwego (*Blumeria graminis* f. sp. *hordei*) w kolekcji 17 odmian jęczmienia ozimego i 22 odmian jęczmienia jarego włączonych do badań rejestrowych w Polsce w roku 2012. Do określenia specyficznego genu warunkującego odporność badanych odmian wykorzystano zestaw izolatów różnicujących o znanych genach wirulencji. Dwie odmiany jęczmienia ozimego były podatne na wszystkie patotypy *B. graminis* f. sp. *hordei* wykorzystane w badaniach. Odporności pięciu odmian uwarunkowana była genami Mla7 + MILG2, Mla7 + ? i Mla7 + Mla7 + Ml(Ab) + ?. Obecność genów Mla6 + Mla14 stwierdzono w genomie czterech odmian. Odporność dwóch odmian uwarunkowana jest genem *Mlh* lub *Mlh* + ?. Trzy odmiany mają odporność warunkowaną przez nieznane geny. Jedna odmiana charakteryzowała się reakcją heterogeniczną na porażenie *B. graminis* f. sp. *hordei*. Linia BKH 5735 ma gen *mlo* i inne niezidentyfikowane geny. W grupie odmian jarych odporność na mączniaka prawdziwego uwarunkowana była głównie genem *mlo* w różnych kombinacjach z innymi niezidentyfikowanymi genami. W jednej odmianie stwierdzono obecność genu Mla12 + ?.

**Słowa kluczowe:** geny odporności, jęczmień, mączniak prawdziwy, odporność odmian

Genetic resistance to powdery mildew (*Blumeria graminis* f. sp. *hordei*) in collection of 17 winter barley cultivars and 22 spring barley cultivars included in the registration trials in Poland in the year 2012 was investigated. To postulate a specific resistance gene a set of differentiating isolates of known

---

\* Praca dofinansowana z programu wieloletniego MRiRW, zadanie 6.7

virulence genes was used. Two winter barley cultivars were susceptible to all isolates of *B. graminis* f. sp. *hordei* used. Resistance of five cultivars was determined by genes *Mla7* + *MILG2*, *Mla7* + ? and *Mla7* + *Mla7* + *MI(Ab)* + ?. In four cultivars the presence of *Mla6* + *Mla14* genes was postulated. Resistance of two cultivars was conferred by gene *Mlh* or *Mlh* + ?. Three cultivars possessed resistance provided by unknown genes. One cultivar showed heterogenic resistance reaction to infection by *B. graminis* f. sp. *hordei*. Cultivar BKH 5735 had *mlo* gene and unidentified genes. In the group of spring cultivars the resistance to powdery mildew was conferred mainly by *mlo* gene in different combinations with unknown genes. In one cultivar the presence of gene *Mla12* + ? was postulated.

**Key words:** barley, powdery mildew, resistance genes, resistance of cultivars

## WSTĘP

Mączniak prawdziwy jęczmienia (*Blumeria graminis* D.C. f. sp. *hordei* (Marchal)) to jedna z ważniejszych chorób jęczmienia w Polsce. Występuje z różnym nasileniem na terenie całego kraju powodując straty w plonach (Gacek i in., 1996). W warunkach sprzyjających dla rozwoju grzyba straty w plonie ziarna mogą sięgać 25% natomiast przeciętnie wynoszą ok. 10% (Kozdój i in., 2009). Silniejsze porażenie mączniakiem plantacji jęczmienia browarnego prowadzi do pogorszenia wartości technologicznej ziarna, jako surowca dla przemysłu piwowarskiego, głównie z powodu podwyższenia zawartości białka (Pecio i Bichoński, 2003). Straty w plonie ziarna można ograniczyć przez stosowanie w uprawie odpowiednich fungicydów, uprawę odmian odpornych oraz wykorzystanie naturalnych mechanizmów współzależności roślin między sobą i środowiskiem (Czembor i Gacek, 1990; Gacek, 1990; Nieróbca i in., 2003). Odporność uprawianych odmian na patogeny i możliwie duże jej zróżnicowanie pod względem uwarunkowań genetycznych jest jednym z ważniejszych elementów nowoczesnej proekologicznej produkcji roślinnej. Znajomość genów odporności występujących w uprawianych odmianach jest konieczna do interpretacji współdziałania między populacją patogena a jego gospodarzem. Umożliwia to również rolnikom uzyskanie większej stabilności plonowania przez właściwy z punktu widzenia zdrowotności dobór odmian oraz przestrzenne zróżnicowanie uprawy odmian o różnym uwarunkowaniu genetycznym odporności. W przypadku jęczmienia pastewnego korzystna jest uprawa mieszanek odpowiednio dobranych odmian (Czembor i Gacek, 1990; Gacek i in., 1996; Finckh i in., 1999).

Uwzględniając hipotezę „gen-na gen” można przez zakażanie roślin izolatami patogena o znanym zakresie wirulencji określić spektrum reakcji danej odmiany i na tej podstawie ustalić jej fenotyp odporności (Flor, 1956; Wolfe i McDermott, 1994; Czembor i Czembor, 2001).

Celem podjętych badań było określenie genów odporności na mączniaka prawdziwego występujących w odmianach jęczmienia jarego i ozimego przyjętych do badań rejestrowych w Polsce w roku 2012.

## MATERIAŁ I METODY

Badania uwarunkowania genetycznego odporności na *Blumeria graminis* f.sp. *hordei* prowadzono w stosunku do odmian jęczmienia ozimego i jarego włączonych do doświadczeń rejestrowych Centralnego Ośrodka Badań Roślin Uprawnych w 2012 roku.

Do określenia specyficznego genu warunkującego odporność badanych odmian na mączniaka prawdziwego wykorzystano zestaw izolatów różnicujących o znanych genach wirulencji.

**Zestaw odmian jęczmienia jarego i ozimego**

Badaniami objęto 17 odmian jęczmienia ozimego oraz 22 odmiany jęczmienia jarego włączonych do doświadczeń rejestrowych COBORU w 2012 roku (tab. 1 i 2). Próby ziarna udostępnione zostały przez firmy hodowlane, będące właścicielami odmian.

Tabela 1

**Lista odmian jęczmienia ozimego włączona do badań COBORU w roku 2012**  
**List of winter barley cultivars included to COBORU registration trials in 2012**

| Odmiana<br>Cultivar | Kraj pochodzenia<br>Origin | Hodowca<br>Breeder               |
|---------------------|----------------------------|----------------------------------|
| 116A-2BB            | FR                         | Secobra Recherches               |
| 116A-2C             | FR                         | Secobra Recherches               |
| AC 04/062/6         | DE                         | Ackermann Saatzeit GmbH & Co. KG |
| AC 04/119/6         | DE                         | Ackermann Saatzeit GmbH & Co. KG |
| AC 04/153/2         | DE                         | Ackermann Saatzeit GmbH & Co. KG |
| AC 04/177/28        | DE                         | Ackermann Saatzeit GmbH & Co. KG |
| BE 2004032009       | DE                         | Borries-Eckendorf                |
| BE 2006058017D      | DE                         | Borries-Eckendorf                |
| BKH 5735            | PL                         | HR Smolice                       |
| BKH 7029            | PL                         | HR Smolice                       |
| BKH 8012            | PL                         | HR Smolice                       |
| LEU 93606           | DE                         | Deutsche Saatveredelung          |
| NORD 08076/72       | DE                         | Nordsaat                         |
| NORD 08076/133      | DE                         | Nordsaat                         |
| NORD 08076/138      | DE                         | Nordsaat                         |
| SZD 7010            | DE                         | Saadzeit Donau Ges.m.b.H.&CoKG   |
| SZD 7010            | AT                         | Saadzeit Donau Ges.m.b.H.&CoKG   |

Tabela 2

**Lista odmian jęczmienia jarego włączonych do badań COBORU w roku 2012**  
**List of spring barley cultivars included to COBORU registration trials in 2012**

| Odmiana<br>Cultivar | Kraj pochodzenia<br>Country | Hodowca<br>Breeder               |
|---------------------|-----------------------------|----------------------------------|
| 1                   | 2                           | 3                                |
| AC 05/565/146       | DE                          | Ackermann Saatzeit GmbH & Co. KG |
| AC 05/565/180       | DE                          | Ackermann Saatzeit GmbH & Co. KG |
| AC 06/504/25        | DE                          | Ackermann Saatzeit GmbH & Co. KG |
| BKH 8361            | PL                          | HR Smolice                       |
| KWS 09/330          | DE                          | KWS Lochow                       |
| KWS 10/206          | DE                          | KWS Lochow                       |
| LSB 0315.5          | FR                          | Serasem                          |
| NAD 4311            | PL                          | Poznańska Hodowla Roślin         |

c. d. Tabela 2

| 1                     | 2  | 3                        |
|-----------------------|----|--------------------------|
| NAD 4411              | PL | Poznańska Hodowla Roślin |
| NORD 08/2413          | DE | NORDSAAD                 |
| NORD 08/2530 (Editha) | DE | NORDSAAD                 |
| NOS 16008-51          | DK | Nordic Seeds A/S         |
| RAH 197/08            | PL | HR Smolice               |
| RAH 275/08            | PL | HR Smolice               |
| RAH 443/08            | PL | HR Smolice               |
| SER 35131.16          | FR | RAGT 2n                  |
| STH 8411              | PL | HR Strzelce              |
| STH 8511              | PL | HR Strzelce              |
| STH 8611              | PL | HR Strzelce              |
| STH 8711              | PL | HR Strzelce              |
| STH 8811              | PL | HR Strzelce              |
| STH 8911              | PL | HR Strzelce              |

### Zestaw izolatów różnicujących o znanych genach wirulencji

W badaniach wykorzystano zestaw 28 izolatów *Blumeria graminis* f.sp. *hordei* wirulentnych lub awirulentnych w stosunku do znanych i opisanych w literaturze genów odporności na *B. graminis* f.sp. *hordei* obecnych w zestawie linii izogenicznych Pallas (Kolster i in., 1986). Dodatkowo zestaw linii izogenicznych został uzupełniony o 9 dodatkowych odmian, u których stwierdzono obecność genów innych niż te, które warunkują odporność linii Pallas (tab. 3).

Tabela 3

### Reakcja odmian różnicujących jęczmienia na zakażenie 28 izolatami *Blumeria graminis* f. sp. *hordei* Reaction of differential set of barley cultivars after inoculation with 28 isolates of *Blumeria graminis* f. sp. *hordei*

| Odmiana<br>Cultivar | Gen<br>Gene          | Izolat — Isolate |   |    |    |    |    |    |     |    |    |    |    |    |    |  |  |
|---------------------|----------------------|------------------|---|----|----|----|----|----|-----|----|----|----|----|----|----|--|--|
|                     |                      | 1                | 3 | 12 | 13 | 18 | 19 | 20 | 24R | 25 | 26 | 27 | 30 | 34 | 38 |  |  |
| 1                   | 2                    | 3                | 4 | 5  | 6  | 7  | 8  | 9  | 10  | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 |  |  |
| Pallas              | <i>Mla8</i>          | 4                | 4 | 4  | 4  | 4  | 4  | 4  | 4   | 4  | 4  | 4  | 4  | 4  | 4  |  |  |
| P01                 | <i>Mla1</i>          | 0                | 4 | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0   | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  |  |  |
| P02                 | <i>Mla3</i>          | 0                | 0 | 0  | 1  | 0  | 0  | 0  | 4   | 0  | 0  | 0  | 0  | 1  | 0  |  |  |
| P03                 | <i>Mla6, Mla14</i>   | 0                | 0 | 0  | 0  | 4  | 4  | 0  | 4   | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  |  |  |
| P04A                | <i>Mla7, Mlk, +?</i> | 4                | 4 | 0  | 4  | 2  | 2  | 2  | 2   | 4  | 0  | 0  | 1  | 2  | 0  |  |  |
| P04B                | <i>Mla7, +?</i>      | 4                | 4 | 0  | 4  | 4  | 4  | 2  | 4   | 4  | 0  | 2  | 1  | 4  | 0  |  |  |
| P06                 | <i>Mla7, MILG2</i>   | 4                | 4 | 0  | 4  | 4  | 4  | 0  | 4   | 4  | 0  | 0  | 0  | 4  | 0  |  |  |
| P07                 | <i>Mla9, Mlk</i>     | 4                | 4 | 0  | 4  | 0  | 0  | 0  | 0   | 4  | 4  | 0  | 0  | 0  | 0  |  |  |
| P08A                | <i>Mla9, Mlk</i>     | 4                | 4 | 0  | 4  | 0  | 0  | 0  | 0   | 4  | 4  | 0  | 0  | 0  | 0  |  |  |
| P08B                | <i>Mla9</i>          | 4                | 4 | 0  | 4  | 0  | 0  | 0  | 0   | 4  | 4  | 0  | 0  | 0  | 0  |  |  |
| P09                 | <i>Mla10, MlDu2</i>  | 4                | 4 | 0  | 4  | 0  | 0  | 4  | 0   | 4  | 4  | 4  | 4  | 0  | 1  |  |  |
| P10                 | <i>Mla12</i>         | 0                | 4 | 0  | 0  | 4  | 2  | 4  | 0   | 0  | 0  | 0  | 4  | 4  | 0  |  |  |
| P11                 | <i>Mla13, MlRu3</i>  | 4                | 4 | 0  | 0  | 4  | 4  | 0  | 0   | 0  | 4  | 0  | 0  | 4  | 0  |  |  |
| P12                 | <i>Mla22</i>         | 4                | 0 | 4  | 0  | 4  | 4  | 0  | 4   | 0  | 0  | 0  | 0  | 4  | 4  |  |  |
| P13                 | <i>Mla23</i>         | 4                | 1 | 2  | 2  | 2  | 2  | 1  | 1   | 2  | 2  | 2  | 1  | 2  | 2  |  |  |
| P14                 | <i>Mlra</i>          | 4                | 4 | 4  | 4  | 4  | 4  | 4  | 4   | 4  | 4  | 4  | 4  | 4  | 4  |  |  |
| P15                 | <i>Ml(Ru2)</i>       | 2                | 4 | 4  | 2  | 4  | 4  | 4  | 4   | 4  | 2  | 2  | 2  | 4  | 2  |  |  |
| P17                 | <i>Mlk</i>           | 4                | 4 | 2  | 4  | 2  | 2  | 2  | 1   | 4  | 4  | 0  | 2  | 1  | 0  |  |  |
| P18                 | <i>MlInn</i>         | 4                | 4 | 4  | 4  | 4  | 4  | 4  | 2   | 4  | 2  | 2  | 2  | 4  | 4  |  |  |
| P19                 | <i>Mlp</i>           | 2                | 2 | 2  | 0  | 2  | 2  | 2  | 2   | 2  | 2  | 2  | 2  | 2  | 2  |  |  |
| P20                 | <i>Mlat</i>          | 2                | 2 | 2  | 4  | 2  | 2  | 2  | 2   | 4  | 2  | 2  | 2  | 2  | 2  |  |  |

c.d. Tabela 3

| 1          | 2                      | 3   | 4   | 5   | 6   | 7   | 8   | 9   | 10  | 11  | 12  | 13  | 14  | 15  | 16  |
|------------|------------------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| P21        | <i>Mlg, Ml(CP)</i>     | 4   | 4   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 4   | 4   | 4   | 4   | 4   | 4   | 4   |
| P22        | <i>mlo5</i>            | 0/4 | 0/4 | 0/4 | 0/4 | 0/4 | 0/4 | 0/4 | 0/4 | 0/4 | 0/4 | 0/4 | 0/4 | 0/4 | 0/4 |
| P23        | <i>Ml(La)</i>          | 4   | 4   | 4   | 4   | 4   | 4   | 4   | 4   | 4   | 4   | 4   | 4   | 4   | 4   |
| P24        | <i>Mlh</i>             | 4   | 4   | 1   | 4   | 4   | 4   | 4   | 4   | 4   | 4   | 4   | 2   | 4   | 0   |
| Benedicte  | <i>Mla9, Ml(IM9)</i>   | 0   | 4   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 4   | 4   | 0   |
| Lenka      | <i>Mla13, Ml(Ab)</i>   | 0   | 4   | 0   | 0   | 2   | 4   | 0   | 0   | 0   | 2   | 0   | 0   | 4   | 0   |
| Gunnar     | <i>Mla3, Ml(Tu2)</i>   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   |
| Steffi     | <i>Ml(St1), l(St2)</i> | 0   | 3   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 3   | 0   |
| Kredit     | <i>Ml(Kr)</i>          | 4   | 4   | 0   | 3   | 4   | 4   | 0   | 2   | 2   | 4   | 0   | 0   | 4   | 0   |
| Jarek      | <i>Ml1192, +?</i>      | 4   | 4   | 4   | 4   | 4   | 4   | 4   | 4   | 4   | 2   | 2   | 2   | 4   | 4   |
| Triumph    | <i>Mla7, Ml(Ab)</i>    | 4   | 0   | 4   | 0   | 4   | 4   | 4   | 4   | 4   | 4   | 4   | 4   | 4   | 4   |
| Borwina    | <i>Ml(Bw)</i>          | 2   | 2   | 0   | 2   | 4   | 4   | 4   | 4   | 4   | 2   | 1   | 2   | 4   | 2   |
| Peggy      |                        | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   |
| Manchurian |                        | 4   | 4   | 4   | 4   | 4   | 4   | 4   | 4   | 4   | 4   | 4   | 4   | 4   | 4   |

| Odmiana<br>Cultivar | Gen<br>Gene            | Izolat — Isolate |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |
|---------------------|------------------------|------------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
|                     |                        | 48               | 50  | 51  | 68  | 111 | 113 | 122 | 123 | 128 | 129 | 130 | 131 | 132 | 133 |
| Pallas              | <i>Mla8</i>            | 4                | 4   | 4   | 4   | 4   | 4   | 4   | 4   | 4   | 4   | 4   | 4   | 4   | 4   |
| P01                 | <i>Mla1</i>            | 0                | 0   | 4   | 4   | 0   | 4   | 0   | 4   | 4   | 0   | 4   | 4   | 4   | 4   |
| P02                 | <i>Mla3</i>            | 0                | 0   | 1   | 4   | 0   | 0   | 0   | 0   | 1   | 0   | 4   | 4   | 4   | 4   |
| P03                 | <i>Mla6, Mla14</i>     | 4                | 4   | 4   | 4   | 4   | 4   | 4   | 4   | 4   | 4   | 4   | 4   | 4   | 4   |
| P04A                | <i>Mla7, Mlk, +?</i>   | 0                | 4   | 4   | 4   | 4   | 4   | 2   | 4   | 2   | 4   | 4   | 4   | 4   | 2   |
| P04B                | <i>Mla7, +?</i>        | 0                | 4   | 4   | 4   | 4   | 4   | 4   | 4   | 4   | 4   | 4   | 4   | 4   | 4   |
| P06                 | <i>Mla7, MILG2</i>     | 0                | 4   | 4   | 4   | 2   | 4   | 4   | 4   | 4   | 4   | 4   | 2   | 4   | 4   |
| P07                 | <i>Mla9, Mlk</i>       | 0                | 4   | 0   | 4   | 4   | 4   | 0   | 4   | 2   | 4   | 0   | 0   | 4   | 0   |
| P08A                | <i>Mla9, Mlk</i>       | 0                | 4   | 0   | 4   | 4   | 4   | 0   | 4   | 2   | 4   | 0   | 0   | 4   | 0   |
| P08B                | <i>Mla9</i>            | 0                | 4   | 0   | 4   | 4   | 4   | 0   | 4   | 4   | 4   | 0   | 0   | 4   | 0   |
| P09                 | <i>Mla10, MlDu2</i>    | 0                | 4   | 4   | 4   | 4   | 4   | 0   | 4   | 4   | 4   | 4   | 4   | 4   | 0   |
| P10                 | <i>Mla12</i>           | 0                | 0   | 4   | 4   | 4   | 4   | 1   | 4   | 4   | 4   | 4   | 4   | 4   | 4   |
| P11                 | <i>Mla13, MlRu3</i>    | 0                | 0   | 4   | 4   | 4   | 4   | 4   | 4   | 4   | 4   | 4   | 0   | 4   | 4   |
| P12                 | <i>Mla22</i>           | 4                | 0   | 4   | 4   | 0   | 0   | 4   | 0   | 4   | 4   | 0   | 4   | 4   | 4   |
| P13                 | <i>Mla23</i>           | 4                | 2   | 4   | 1   | 1   | 2   | 1   | 1   | 2   | 1   | 1   | 1   | 1   | 1   |
| P14                 | <i>Mlra</i>            | 4                | 4   | 4   | 4   | 4   | 4   | 4   | 4   | 4   | 4   | 4   | 4   | 4   | 4   |
| P15                 | <i>Ml(Ru2)</i>         | 4                | 4   | 4   | 4   | 4   | 4   | 4   | 4   | 4   | 4   | 4   | 4   | 4   | 2   |
| P17                 | <i>Mlk</i>             | 0                | 4   | 4   | 4   | 4   | 4   | 2   | 4   | 4   | 4   | 4   | 4   | 4   | 2   |
| P18                 | <i>Mlnn</i>            | 4                | 4   | 4   | 4   | 4   | 2   | 4   | 4   | 2   | 2   | 2   | 4   | 2   | 2   |
| P19                 | <i>Mlp</i>             | 2                | 2   | 2   | 2   | 2   | 1   | 2   | 2   | 2   | 2   | 2   | 2   | 2   | 2   |
| P20                 | <i>Mlat</i>            | 2                | 2   | 4   | 4   | 2   | 2   | 2   | 2   | 4   | 2   | 4   | 2   | 4   | 4   |
| P21                 | <i>Mlg, Ml(CP)</i>     | 0                | 0   | 4   | 4   | 4   | 4   | 0   | 4   | 4   | 4   | 4   | 4   | 4   | 4   |
| P22                 | <i>mlo5</i>            | 0/4              | 0/4 | 0/4 | 0/4 | 0/4 | 0/4 | 0/4 | 0/4 | 0/4 | 0/4 | 0/4 | 0/4 | 0/4 | 0/4 |
| P23                 | <i>Ml(La)</i>          | 4                | 4   | 4   | 4   | 4   | 4   | 2   | 4   | 4   | 2   | 2   | 4   | 4   | 2   |
| P24                 | <i>Mlh</i>             | 4                | 4   | 4   | 4   | 4   | 4   | 4   | 4   | 4   | 4   | 4   | 4   | 4   | 4   |
| Benedicte           | <i>Mla9, Ml(IM9)</i>   | 0                | 0   | 4   | 4   | 4   | 4   | 0   | 4   | 4   | 4   | 4   | 4   | 4   | 4   |
| Lenka               | <i>Mla13, Ml(Ab)</i>   | 0                | 0   | 4   | 4   | 4   | 4   | 4   | 4   | 4   | 4   | 4   | 0   | 4   | 4   |
| Gunnar              | <i>Mla3, Ml(Tu2)</i>   | 0                | 0   | 2   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   |
| Steffi              | <i>Ml(St1), l(St2)</i> | 0                | 0   | 2   | 0   | 4   | 4   | 0   | 4   | 4   | 4   | 4   | 4   | 0   | 2   |
| Kredit              | <i>Ml(Kr)</i>          | 0                | 2   | 4   | 4   | 4   | 4   | 4   | 4   | 4   | 4   | 4   | 1   | 4   | 4   |
| Jarek               | <i>Ml1192, +?</i>      | 4                | 4   | 4   | 4   | 4   | 2   | 2   | 4   | 4   | 2   | 2   | 4   | 2   | 2   |
| Triumph             | <i>Mla7, Ml(Ab)</i>    | 4                | 4   | 4   | 4   | 4   | 4   | 4   | 4   | 4   | 4   | 4   | 4   | 4   | 4   |
| Borwina             | <i>Ml(Bw)</i>          | 3                | 4   | 4   | 4   | 4   | 4   | 4   | 4   | 4   | 4   | 4   | 4   | 4   | 1   |
| Peggy               |                        | 0                | 0   | 2   | 1   | 0   | 2   | 0   | 0   | 1   | 0   | 4   | 2   | 4   | 0   |
| Manchurian          |                        | 4                | 4   | 4   | 4   | 4   | 4   | 4   | 4   | 4   | 4   | 4   | 4   | 4   | 4   |

Zestaw izolatów został opracowany na podstawie wyników badań nad strukturą populacji *Blumeria graminis* f.sp. *hordei* występującej na terenie Polski, prowadzonych w Pracowni Genetyki Stosowanej Instytutu Hodowli i Aklimatyzacji Roślin w Radzikowie (IHAR — PIB).

Do każdego genu odporności obecnego w izoliniach Pallas i w odmianach dodatkowych przypisany został swoisty, tylko dla tego genu układ wirulencji i awirulencji izolatów, wchodzących w skład zestawu różnicującego.

#### **Testy odpornościowe**

Doświadczenia infekcyjne prowadzono w szklarni IHAR — PIB w Radzikowie w okresie od października 2012 do kwietnia 2013. Siewki roślin zestawu linii izogenicznych Pallas, 9 dodatkowych odmian o genach innych niż te, które warunkują odporność linii Pallas oraz odmian jęczmienia jarego i ozimego włączonych do badań rejestrowych COBORU rosły w doniczkach o średnicy 10 cm, w warunkach sztucznego doświetlania (długość dnia 16 h) i temperaturze w zakresie 16–22°C. Każdy genotyp reprezentowało średnio 10–15 siewek. Izolaty *Blumeria graminis* f.sp. *hordei*, tworzące zestaw różnicujący namnażano na siewkach podatnej odmiany Manchurian, w genomie której nie opisano dotychczas żadnych genów odporności. Zakażenia każdym izolatem prowadzono przez strząsanie nad siewkami badanych odmian zarodników konidialnych z roślin odmiany Manchurian. Doświadczenia infekcyjne dla każdego izolatu prowadzono w izolacji chroniącej od przypadkowych zakażeń.

Ocenę stopnia porażenia roślin izolacji Pallas, odmian zestawu różnicującego oraz odmian włączonych do badań rejestrowych COBORU przez poszczególne izolaty mączniaka prawdziwego prowadzono po 8–10 dniach od zakażenia. Do oceny wykorzystano pięciostopniową skalę Mains i Dietz (0–4, gdzie 0 = brak widocznych objawów porażenia; 1 = niewielkie nekrozy; 2 = nekrozy powiększają się, skąpe zarodnikowanie; 3 = chlorozy, grzybnia rozwinięta lecz słabo zarodnikująca; 4 = dobrze rozwinięta i zarodnikująca grzybnia.). Skala ta została uzupełniona o dodatkowy szósty stopień 0/4 charakteryzujący reakcję odmian z genem *mlo* (za Czembor i Czembor, 2001). Odmiany, których stopień porażenia siewek oceniono w zakresie 0–2 klasyfikowano, jako odporne. Odmiany, których porażenie siewek oceniono w zakresie 3–4 klasyfikowano, jako podatne. Ocena 0/4 świadczyła o obecności w genomie roślin określonej odmiany genu *mlo*. Określenie „Mix” oznacza heterogeniczny charakter reakcji siewek ocenianej odmiany na zakażenie niektórymi izolatami, a „un” dotyczy odporności warunkowanej przez dotąd nie opisane geny.

#### **Określenie genów warunkujących odporność odmian jęczmienia jarego i ozimego na mączniaka prawdziwego**

Oceny stopnia porażenia siewek odmian jęczmienia ozimego i jarego włączonych do badań COBORU na porażenie izolatami różnicującymi był podstawą do wnioskowania, jakimi znanymi dotychczas genami ich odporność jest uwarunkowana zgodnie z hipotezą gen na gen (Flor, 1956; Brown i Jorgensen, 1991; Czembor i Czembor, 2001).

## WYNIKI

Na podstawie reakcji siewek na zakażenie wybranymi izolatami *Blumeria graminis* f. sp. *hordei* stwierdzono występowanie różnych genów odporności w 39 badanych odmianach jęczmienia (tab. 4 i 5).

Tabela 4

**Reakcja odmian jęczmienia ozimego przyjętych do badań w roku 2011 na zakażenie 28 izolatami *Blumeria graminis* f. sp. *hordei***

**Reaction of winter barley cultivars included in the registration trials in Poland in the year 2011 after inoculation with 28 isolates of *Blumeria graminis* f. sp. *hordei***

| Odmiana<br>Cultivar | Izolat — Isolate |   |    |    |    |    |    |     |    |     |    |     |    |     | Określenie genu<br>Postulated gene |
|---------------------|------------------|---|----|----|----|----|----|-----|----|-----|----|-----|----|-----|------------------------------------|
|                     | 1                | 3 | 12 | 13 | 18 | 19 | 20 | 24R | 25 | 26  | 27 | 30  | 34 | 38  |                                    |
| 116A-2BB            | 4                | 4 | 4  | 4  | 4  | 4  | 4  | 4   | 4  | 4   | 4  | 4   | 4  | 4   | Brak                               |
| 116A-2C             | 4                | 4 | 4  | 4  | 4  | 4  | 4  | 4   | 4  | 4   | 4  | 4   | 4  | 4   | Brak                               |
| AC 04/062/6         | 0                | 0 | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 4   | 0  | 0   | 0  | 4   | 0  | 0   | un                                 |
| AC 04/119/6         | 0                | 0 | 0  | 0  | 4  | 4  | 0  | 4   | 0  | 0   | 0  | 0   | 0  | 0   | <i>Mla6, mla14</i>                 |
| AC 04/153/2         | 4                | 4 | 0  | 4  | 0  | 0  | 0  | 4   | 4  | 4   | 4  | 2   | 4  | 0   | <i>Mlh+?</i>                       |
| AC 04/177/28        | 0                | 0 | 0  | 0  | 4  | 4  | 0  | 4   | 0  | 0   | 0  | 0   | 0  | 0   | <i>Mla6, mla14</i>                 |
| BE 2004032009       | 4                | 4 | 1  | 4  | 4  | 4  | 4  | 4   | 4  | 4   | 4  | 0   | 4  | 2   | <i>Mlh</i>                         |
| BE 2006058017D      | 0                | 0 | 0  | 4  | 0  | 0  | 0  | 0   | 1  | 0   | 0  | 4   | 0  | 0   | un                                 |
| BKH 5735            | 0                | 0 | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0   | 0  | 0/4 | 0  | 0/4 | 0  | 0/4 | <i>mlo</i>                         |
| BKH 7029            | 0                | 0 | 0  | 0  | 4  | 4  | 0  | 4   | 0  | 0   | 0  | 0   | 0  | 0   | <i>Mla6, mla14</i>                 |
| BKH 8012            | 4                | 4 | 0  | 4  | 4  | 4  | 1  | 4   | 4  | 4   | 1  | 0   | 4  | 2   | <i>Mla7, MILG2</i>                 |
| LEU 93606           | 4                | 4 | 0  | 4  | 4  | 4  | 2  | 4   | 4  | 4   | 2  | 0   | 4  | 0   | <i>Mla7, MILG2</i>                 |
| NORD 08076/72       | 0                | 0 | 0  | 0  | 0  | 2  | 0  | 4   | 4  | 0   | 0  | 1   | 0  | 0   | <i>Mla7, +?</i>                    |
| NORD 08076/133      | 0                | 0 | 1  | 0  | 0  | 2  | 0  | 4   | 0  | 0   | 0  | 0   | 0  | 0   | <i>Mla7, +?</i>                    |
| NORD 08076/138      | 2                | 0 | 4  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0   | 0  | 0   | 0  | 0   | 0  | 0   | <i>Mla7, Ml(Ab) + ?</i>            |
| SZD 7010            | 0                | 0 | 0  | 0  | 1  | 2  | 0  | 4   | 0  | 0   | 0  | 0   | 0  | 0   | <i>Mla6, Mla14 + ?</i>             |
| SZD 7385            | 3                | 0 | 0  | 2  | 0  | 0  | 0  | 0   | 2  | 3   | 1  | 0   | 0  | 0   | un                                 |

| Odmiana<br>Cultivar | Izolat — Isolate |     |     |    |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     | Określenie genu<br>Postulated gene |
|---------------------|------------------|-----|-----|----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|------------------------------------|
|                     | 48               | 50  | 51  | 68 | 111 | 113 | 122 | 123 | 128 | 129 | 130 | 131 | 132 | 133 |                                    |
| 116A-2BB            | 4                | 4   | 4   | 4  | 4   | 4   | 4   | 4   | 4   | 4   | 3   | 4   | 4   | 4   | Brak                               |
| 116A-2C             | 4                | 4   | 4   | 4  | 4   | 4   | 4   | 4   | 4   | 4   | 4   | 4   | 4   | 4   | Brak                               |
| AC 04/062/6         | 0                | 1   | 4   | 4  | 4   | 4   | 0   | 4   | 4   | 4   | 4   | 4   | 4   | 4   | un                                 |
| AC 04/119/6         | 4                | 4   | 4   | 4  | 4   | 4   | 4   | 4   | 4   | 4   | 4   | 4   | 4   | 4   | <i>Mla6, mla14</i>                 |
| AC 04/153/2         | 2                | 1   | 4   | 4  | 4   | 4   | 0   | 4   | 4   | 4   | 4   | 4   | 4   | 4   | <i>Mlh+?</i>                       |
| AC 04/177/28        | 4                | 4   | 4   | 4  | 4   | 4   | 4   | 4   | 4   | 4   | 4   | 4   | 4   | 4   | <i>Mla6, mla14</i>                 |
| BE 2004032009       | 4                | 4   | 4   | 4  | 4   | 4   | 4   | 4   | 4   | 4   | 4   | 4   | 4   | 4   | <i>Mlh</i>                         |
| BE 2006058017D      | 0                | 2   | 0   | 0  | 0   | 1   | 4   | 2   | 2   | 2   | 2   | 2   | 0   | 4   | un                                 |
| BKH 5735            | 0                | 0/4 | 0/4 | 0  | 0/4 | 0   | 0/4 | 0   | 0   | 0/4 | 0/4 | 0   | 0   | 0   | <i>mlo</i>                         |
| BKH 7029            | 4                | 4   | 4   | 4  | 4   | 4   | 4   | 4   | 4   | 4   | 4   | 4   | 4   | 4   | <i>Mla6, mla14</i>                 |
| BKH 8012            | 0                | 4   | 4   | 4  | 2   | 4   | 4   | 4   | 4   | 4   | 4   | 2   | 4   | 4   | <i>Mla7, MILG2</i>                 |
| LEU 93606           | 2                | 4   | 4   | 4  | 2   | 4   | 4   | 4   | 4   | 4   | 4   | 2   | 4   | 4   | <i>Mla7, MILG2</i>                 |
| NORD 08076/72       | 4                | 4   | 4   | 4  | 4   | 2   | 4   | 4   | 4   | 4   | 4   | 4   | 4   | 4   | <i>Mla7, +?</i>                    |
| NORD 08076/133      | 4                | 4   | 4   | 4  | 4   | 2   | 4   | 4   | 4   | 4   | 3   | 4   | 4   | 2   | <i>Mla7, +?</i>                    |
| NORD 08076/138      | 0                | 0   | 0   | 0  | 0   | 0   | 4   | 2   | 4   | 0   | 0   | 0   | 0   | 4   | <i>Mla7, Ml(Ab) + ?</i>            |
| SZD 7010            | 4                | 4   | 4   | 4  | 4   | 4   | 4   | 4   | 4   | 4   | 4   | 4   | 4   | 4   | <i>Mla6, Mla14 + ?</i>             |
| SZD 7385            | 0                | 3   | 2   | 0  | 0   | 1   | 4   | 2   | 2   | 3   | 2   | 1   | 0   | 0   | un                                 |

Dwie odmiany jęczmienia ozimego były podatne na wszystkie patotypy *B. graminis* f. sp. *hordei* wykorzystane w badaniach. Odporność pięciu odmian uwarunkowana była genami *Mla7* + *MILG2*, *Mla7* + ? i *Mla7* + *Mla7* + *Ml(Ab)* + ?.

Tabela 5

**Reakcja odmian jęczmienia jarego przyjętych do badań w roku 2012 na zakażenie 28 izolatami  
*Blumeria graminis* f. sp. *hordei***  
**Reaction of spring barley cultivars included in the registration trials in Poland in the 2012 year after  
inoculation with 28 isolates of *Blumeria graminis* f. sp. *hordei***

| Odmiana<br>Cultivar | Izolat — Isolate |       |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |    | Określenie genu<br>Postulated gene |
|---------------------|------------------|-------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|----|------------------------------------|
|                     | 1                | 3     | 12  | 13  | 18  | 19  | 20  | 24R | 25  | 26  | 27  | 30  | 34  | 38 |                                    |
| AC 05/565/146       | 0                | 0     | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0/4 | 0   | 0   | 0   | 0  | mlo                                |
| AC 05/565/180       | 0                | 0     | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0  | mlo                                |
| AC 06/504/25        | 0                | 0/4   | 0   | 0   | 0/4 | 0   | 0   | 0   | 0/4 | 0   | 0   | 0   | 0/4 | 0  | mlo                                |
| BKH 8361            | 0                | 0     | 0   | 0   | 0   | 0/4 | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0/4 | 0   | 0  | mlo                                |
| KWS 09/330          | 0                | 0     | 0   | 0   | 0/4 | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0  | mlo                                |
| KWS 10/206          | 0                | 0     | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0  | mlo                                |
| LSB 0315.5          | 0                | 0/4   | 0   | 0   | 0/4 | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0  | mlo                                |
| NAD 4311            | 0                | 0/4   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0/4 | 0/4 | 0   | 0/4 | 0   | 0   | 0  | mlo                                |
| NAD 4411            | 0                | 0/4   | 0   | 0   | 0/4 | 0   | 0   | 0   | 0   | 0/4 | 0   | 0   | 0   | 0  | mlo                                |
| NORD 08/2413        | 0                | 0     | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0  | mlo                                |
| NORD 08/2530        | 0                | 0     | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0  | mlo                                |
| NOS 16008-51        | 0                | 0     | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0/4 | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0  | mlo                                |
| RAH 197/08          | 0                | 0/4   | 0/4 | 0/4 | 0   | 0/4 | 0/4 | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0  | mlo                                |
| RAH 275/08          | 0                | 0     | 0/4 | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0  | mlo                                |
| RAH 443/08          | 0                | 0     | 0/4 | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0/4 | 0   | 0   | 0  | mlo                                |
| SER 35131.16        | 0                | 0     | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0  | mlo                                |
| STH 8411            | 0                | 0     | 0   | 0   | 0   | 0/4 | 0/4 | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0  | mlo                                |
| STH 8511            | 0                | 0     | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0  | mlo                                |
| STH 8611            | 0                | 0     | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0  | mlo                                |
| STH 8711            | 0                | 4     | 0   | 0   | 1   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 4   | 0   | 4  | Mla12 + ?                          |
| STH 8811            | 0                | 0     | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0  | mlo                                |
| STH 8911            | 0                | 0/4i4 | 0   | 0   | 2   | 0   | 0/4 | 0   | 0   | 0/4 | 0   | 0/4 | 0   | 4  | Mix                                |

| Odmiana<br>Cultivar | Izolat — Isolate |       |       |       |     |     |       |     |       |       |     |       |       |       | Określenie genu<br>Postulated gene |
|---------------------|------------------|-------|-------|-------|-----|-----|-------|-----|-------|-------|-----|-------|-------|-------|------------------------------------|
|                     | 48               | 50    | 51    | 68    | 111 | 113 | 122   | 123 | 128   | 129   | 130 | 131   | 132   | 133   |                                    |
| AC 05/565/146       | 0                | 0/4   | 0/4   | 0/4   | 0/4 | 0   | 0/4   | 0/4 | 0     | 0/4   | 0   | 0     | 0     | 0     | mlo                                |
| AC 05/565/180       | 0                | 0/4   | 0/4   | 0/4   | 0/4 | 0/4 | 0/4   | 0   | 0     | 0     | 0/4 | 0/4   | 0/4   | 0     | mlo                                |
| AC 06/504/25        | 0                | 0/4   | 0/4   | 0     | 0/4 | 0   | 0/4   | 0/4 | 0     | 0     | 0/4 | 0/4   | 0/4   | 0/4   | mlo                                |
| BKH 8361            | 0/4              | 0/4   | 0     | 0/4   | 0/4 | 0   | 0/4   | 0   | 0/4   | 0/4   | 0   | 0/4   | 0/4   | 0     | mlo                                |
| KWS 09/330          | 0                | 0/4   | 0/4   | 0/4   | 0/4 | 0/4 | 0/4   | 0/4 | 0/4   | 0/4   | 0   | 0/4   | 0/4   | 0/4   | mlo                                |
| KWS 10/206          | 0                | 0/4   | 0/4   | 0/4   | 0/4 | 0   | 0/4   | 0/4 | 0     | 0/4   | 0   | 0/4   | 0/4   | 0/4   | mlo                                |
| LSB 0315.5          | 0                | 0/4   | 0/4   | 0/4   | 0/4 | 0   | 0/4   | 0/4 | 0/4   | 0/4   | 0   | 0/4   | 0/4   | 0     | mlo                                |
| NAD 4311            | 0                | 0/4   | 0/4   | 0/4   | 0/4 | 0   | 0/4   | 0/4 | 0/4   | 0/4   | 0   | 0     | 0     | 0/4   | mlo                                |
| NAD 4411            | 0                | 0/4   | 0/4   | 0/4   | 0/4 | 0/4 | 0/4   | 0/4 | 0/4   | 0/4   | 0   | 0/4   | 0/4   | 0/4   | mlo                                |
| NORD 08/2413        | 0                | 0/4   | 0/4   | 0     | 0/4 | 0   | 0/4   | 0   | 0     | 0/4   | 0   | 0/4   | 0/4   | 0/4   | mlo                                |
| NORD 08/2530        | 0                | 0/4   | 0/4   | 0/4   | 0/4 | 0   | 0/4   | 0/4 | 0     | 0/4   | 0   | 0     | 0     | 0/4   | mlo                                |
| NOS 16008-51        | 0                | 0     | 0/4   | 0     | 0   | 0   | 0     | 0   | 0     | 0     | 0/4 | 0/4   | 0/4   | 0/4   | mlo                                |
| RAH 197/08          | 0/4              | 0/4   | 0/4   | 0/4   | 0/4 | 0   | 0/4   | 0/4 | 0/4   | 0     | 0/4 | 0     | 0     | 0/4   | mlo                                |
| RAH 275/08          | 0                | 0/4   | 0/4   | 0/4   | 0/4 | 0   | 0/4   | 0/4 | 0/4   | 0/4   | 0   | 0/4   | 0/4   | 0/4   | mlo                                |
| RAH 443/08          | 0                | 0/4   | 0     | 0/4   | 0/4 | 0   | 0/4   | 0/4 | 0     | 0/4   | 0   | 0/4   | 0/4   | 0/4   | mlo                                |
| SER 35131.16        | 0                | 0/4   | 0/4   | 0/4   | 0/4 | 0   | 0/4   | 0/4 | 0/4   | 0/4   | 0   | 0     | 0     | 0/4   | mlo                                |
| STH 8411            | 0                | 0/4   | 0/4   | 0/4   | 0/4 | 0   | 0/4   | 0/4 | 0/4   | 0/4   | 0   | 0     | 0     | 0     | mlo                                |
| STH 8511            | 0                | 0/4   | 0/4   | 0/4   | 0/4 | 0   | 0/4   | 0/4 | 0/4   | 0/4   | 0   | 0     | 0     | 0     | mlo                                |
| STH 8611            | 0                | 0/4   | 0/4   | 0/4   | 0/4 | 0   | 0/4   | 0   | 0/4   | 0/4   | 0   | 0     | 0     | 0/4   | mlo                                |
| STH 8711            | 0                | 4     | 4     | 4     | 4   | 4   | 4     | 4   | 4     | 4     | 0   | 4     | 4     | 4     | Mla12 + ?                          |
| STH 8811            | 0                | 0     | 0/4   | 0     | 0/4 | 0   | 0/4   | 0/4 | 0     | 0/4   | 0   | 0/4   | 0/4   | 0     | mlo                                |
| STH 8911            | 0                | 0/4i4 | 0/4i4 | 0/4i4 | 4   | 0i4 | 0/4i4 | 4   | 0/4i4 | 0/4i4 | 0   | 0/4i4 | 0/4i4 | 0/4i4 | Mix                                |

Obecność genów *Mla6* + *Mla14* stwierdzono w genomie czterech odmian. Odporność dwóch odmian uwarunkowana jest genem *MLh* lub *MLh* + ?. Trzy odmiany mają odporność warunkowaną przez nie znane geny. Jedna odmiana charakteryzowała się reakcją heterogeniczną na porażenie *B. graminis* f. sp. *hordei*. W trzech odmianach stwierdzono odporność warunkowaną przez dotąd nie opisane geny. Linia BKH 5735 ma gen *mlo* i inne nie zidentyfikowane.

W grupie odmian jarych odporność na mączniaka prawdziwego uwarunkowana była głównie genem *mlo* w różnych kombinacjach z innymi niezidentyfikowanymi genami. W jednej odmianie stwierdzono obecność genu *Mla12* + ?.

#### DYSKUSJA

Intensyfikacja rolnictwa spowodowała ujednolicenie pod względem genetycznym uprawianych na dużych obszarach odmian oraz stosowanie wysokiego nawożenia azotem, co sprzyja szybkiemu rozprzestrzenianiu się chorób (Wolfe, 1984; Nieróbca i in., 2003). W celu ograniczenia strat w plonach często stosuje się fungicydy i to nie zawsze w odpowiednich dawkach i zachowaniem właściwych terminów zabiegów. Przyszłe technologie uprawy jęczmienia powinny uwzględniać w większym stopniu wymogi ograniczonego stosowania pestycydów i nawozów mineralnych. Istotnym elementem strategii rozwoju proekologicznego produkcji roślinnej jest hodowla odmian odpornych (Gulliano i Kuijpers, 1994; Czembor i Gacek, 1995; Jacobsen, 1997; McDonald i Linde, 2002).

Spośród 33 genów odporności na *Blumeria graminis* f.sp. *hordei* wykorzystywanych powszechnie w hodowli jęczmienia w przeszłości, 28 jest ściśle ze sobą sprzężonych lub ma charakter alleliczny. Obecne w starszych odmianach geny z serii aleli w locus *Mla*: *Mla1*, *Mla3*, *Mla6*, *Mla7*, *Mla9*, *Mla12*, *Mla3* są mało efektywne w stosunku do aktualnego spektrum patogeniczności populacji mączniaka w Polsce (Jorgenson, 1994, Gacek i in., 2004, Czembor, 2008). Z końcem lat 90-tych do uprawy zaczęto wprowadzać wysoce odporne odmiany z recesywnym genem *mlo* i nowymi genami pochodzącymi z *Hordeum spontaneum* (Anonymous 2013a, Anonymous 2013b). Prezentowane w tej pracy wyniki wskazują na znaczący przyrost udziału w doświadczeniach rejestrowych odmian jęczmienia jarego o odporności uwarunkowanej genem *mlo* — 95% ocenianych odmian (tab. 5). Po raz pierwszy w roku 2012 oceniano w badaniach rejestrowych w Polsce odmianę ozimą BKH 5735, hodowli IHAR — PIB o odporności na mączniaka warunkowaną genem *mlo* pochodzącym z jarej odmiany Danuta. Jak dotąd, w badaniach rejestrowych i w listach opisowych odmian jęczmienia ozimego nie ma informacji o obecności w nich genu *mlo* (Czembor i in., 2012, Anonymous 2013 a, 2013 b).

W celu zwiększenia trwałości odporności hodowcy dążą do większego zróżnicowania materiałów wyjściowych do hodowli, wprowadzania większej liczby genów odporności do tworzonych odmian oraz wykorzystania genów warunkujących częściową odporność.

W populacji mączniaka w Polsce występują z różnym nasileniem patotypy wirulentne w stosunku do większości genów obecnych w zarejestrowanych w Polsce odmianach za wyjątkiem genu *mlo* (Czembor i Czembor, 2004; Gacek i in., 2004). Odporność typu *Mlo*

odgrywa bardzo ważną rolę w hodowli nowych odmian jęczmienia jarego w Europie, ponieważ jak dotąd nie stwierdzono w świecie występowania patotypów *Blumeria graminis* f. sp. *hordei* wirulentnych w stosunku do genu *mlo* (Hovmoller i in., 2000; Dreiseitl, 2011; Czembor i in., 2012). Wysoką efektywnością odporności jęczmienia na mączniaka cechują się nowsze odmiany z genami: *Ml(SI-1)* *Mlf*, *Mlt*, *Ml(1-B-53)*, *Ml(WI-1)* i *Ml(WI-7)*, pochodzącymi z *Hordeum spontaneum* (Anonymous, 2013 a).

#### WNIOSEK

Kandydujące do rejestracji odmiany mają różne geny warunkujące odporność w stosunku do *Blumeria graminis* f. sp. *hordei* i mogą być wykorzystane w tworzeniu strategii ochrony plantacji jęczmienia przed mączniakiem.

#### LITERATURA

- Anonymous 2013 a. Bundessortenamt, Beschreibende Sortenliste 2013, Getreide, Mais, Ölf Früchte, Leguminosen, Hackfrüchte. Deutscher Landwirtschaft : 20 — 54.
- Anonymous 2013 b. Lista Opisowa Odmian, COBORU 2013: 21 — 45.
- Brown J. K. M., Jorgensen J. H. 1991. A catalogue of mildew resistance genes in European barley varieties. In: Jorgensen J. H. (ed.), Integrated Control of Cereal Mildews: Virulence Patterns and Their Change, Riso National Laboratory, Roskilde, Denmark: 263 — 286.
- Czembor H. J. 2008. Odporność na mączniaka prawdziwego (*Blumeria graminis* f. sp. *hordei*) odmian jęczmienia włączonych do badań rejestrowych w Polsce w latach 2004–2006. Biul. IHAR 248: 33 — 42.
- Czembor H. J., Czembor J. H. 2001. Resistance to powdery mildew in barley cultivars and breeding lines included in 1998–2000 Polish registration trials. Plant Breeding and Seed Science 45 (1): 21 — 41.
- Czembor H. J., Czembor J. H. 2004. Chorobotwórczość mączniaka prawdziwego jęczmienia (*Blumeria graminis* f. sp. *hordei*) w Polsce w roku 2000. Biul. IHAR 233: 107 — 115.
- Czembor H. J., Czembor J. H., Pietrusińska A., Domeradzka O. 2012. Odporność na mączniaka prawdziwego (*Blumeria graminis* f. sp. *hordei*) odmian jęczmienia włączonych do badań rejestrowych w Polsce w roku 2011. Biul. IHAR 265: 23 — 33.
- Czembor H. J., Gacek E. 1990. Wybrane problemy hodowli odpornościowej zbóż na choroby. Biul. IHAR 173/174: 53 — 64.
- Czembor H. J., Gacek E. S. 1995. System for increasing durability of diseases resistance in cereals. In: Arseniuk E., Góral T., Czembor P. C. (eds.) Plant Resistance to Diseases, Pests and Unfavorable Environmental Conditions. IHAR Radzików, Poland: 39 — 48.
- Dreiseitl A. 2011. Differences in powdery mildew epidemics in spring and winter barley based on 30-year variety trials. Annales of Applied Biology 159: 49 — 57.
- Finckh M. R., Gacek E. S., Czembor H. J., Wolfe M. S. 1999. Host frequency and density effects on powdery mildew and yield in mixtures of barley cultivars. Plant Pathol. 48: 807 — 816.
- Flor H. H. 1956. The complementary genic systems in flax and flax rust. Adv. Genet. 8: 29 — 54.
- Gacek E. 1990. Studia nad sposobami wykorzystania odporności genetycznej jęczmienia w zwalczaniu mączniaka prawdziwego (*Erysiphe graminis* DC f. sp. *hordei* Marchal). Hod. Rośl. Aklim. 34, 5/6: 3 — 48.
- Gacek E., Biliński Z. R., Czembor H. J., Czembor J. H. 2004. Chorobotwórczość mączniaka prawdziwego jęczmienia (*Blumeria graminis* f. sp. *hordei*) w Polsce w latach 1993–1996. Biul. IHAR 231: 365 — 376.
- Gacek E., Czembor H. J., Nadziak J. 1996. Wpływ zróżnicowania genetycznego w mieszaninach i mieszkankach zbożowych na rozwój chorób i plonowanie. Biul. IHAR 200: 203 — 209.
- Gulliano M. L., Kuijpers L. A. M. 1994. Social and political implications of managing plant diseases with restricted fungicides in Europe. Annu. Rev. Phytopathol. 32: 559 — 579.

- Hovmöller M. S., Caffier V., Jalli M., Andersen O., Besenhofer G., Czembor J. H., Dreiseitel A., Flath K., Fleck A., Heinrics F., Jonsson R., Limpert E., Mercer P., Plesnik S., Rashal I., Skinnies H., Slater S., Vronska O. 2000. The European barley powdery mildew virulence survey and disease nursery 1993-1999. *Agronomie* 20 (7): 729 — 744.
- Jacobsen B. J. 1997. Role of plant pathology in integrated pest management. *Annu. Rev. Phytopathol.* 35:373 — 391.
- Jorgensen J. H. 1994. Genetics of powdery mildew resistance in barley. *Plant Science* 13: 97 — 119.
- Kolster P., Munk L., Stolen O., Lohde J. 1986. Near-isogenic barley lines with genes for resistance to powdery mildew. *Crop Sci.* 26: 903 — 907.
- Kozdój J., Mańkowski D., Czembor H. J. 2009. Analiza plonu jęczmienia jarego (*Hordeum vulgare* L.) porażonego mączniakiem prawdziwym (*Blumeria graminis* f.sp. *hordei*). *Komunikat. Biul. IHAR* 254: 65 — 74.
- McDonald B., Linde C. 2002. Pathogen population genetics, evolutionary potential, and durable resistance. *Annual Review of Phytopathology* 40: 349 — 379.
- Nieróbca A., Horoszkiewicz-Janka J., Czembor J.H. 2003. Ochrona roślin — ważny element technologii uprawy zbóż w UE. *Pamiętnik Puławski* 132: 311 — 320.
- Pecio A., Bichoński A. 2003. Plon i jakość browarna ziarna jęczmienia jarego w zależności od sposobu ochrony roślin przed chorobami. *Biul. IHAR* 230: 317 — 326.
- Wolfe M. S. 1984. Trying to understand and control powdery mildew. *Plant Pathol.* 33: 451 — 466.
- Wolfe M. S., McDermott. 1994. Population genetics of plant pathogen interactions: the example of the *Erysiphe graminis* — *Hordeum vulgare* pathosystem. *Ann. Rev. Phytopath.* 32:89 — 113.



**DAMIAN GOŁĘBIEWSKI**<sup>1</sup>**KINGA MYSZKA**<sup>1</sup>**ANNA FRAŚ**<sup>1</sup>**DANUTA BOROS**<sup>1</sup>**JANUSZ BUREK**<sup>2</sup>**DARIUSZ R. MAŃKOWSKI**<sup>3</sup><sup>1</sup> Samodzielna Pracownia Oceny Jakości Produktów Roślinnych<sup>2</sup> Zakład Roślin Zbożowych, Oddział Kraków<sup>3</sup> Zakład Nasiennictwa i Nasionoznawstwa

Instytut Hodowli i Aklimatyzacji Roślin — PIB w Radzikowie

## Ocena zróżnicowania genotypowego i środowiskowego cech wartości browarnej rodów jęczmienia jarego z doświadczeń przedrejestrowych z roku 2012

### Evaluation of genetic and environmental variability of traits that determine malting quality of spring barley lines from preliminary trials in 2012

Materiałem badawczym było ziarno 25 rodów jęczmienia jarego browarnego oraz 3 odmian wzorcowych, Blasku, Conchity i Suwerena, uczestniczących w doświadczeniach wstępnych w roku 2012. Ziarno każdego rodzaju i odmiany pochodziło z trzech różnych warunków uprawy: Bąkowa, Radzikowa i Strzelec. Oceny wartości technologicznej ziarna dokonano na podstawie 12 parametrów: masy 1000 ziaren, celności, zawartości białka ogółem i białka rozpuszczalnego słoju, liczby Kolbacha, kruchości, ekstraktywności, lepkości brzezki, siły diastatycznej, zawartości  $\beta$ -glukanu, stopnia ostatecznego odfermentowania oraz wskaźnika Q. Dla tych parametrów jakości obliczono następnie współczynniki zmienności (CV%) i korelacji (r) oraz przeprowadzono dwuczynnikową analizę wariancji, jak również wyznaczono grupy jednorodne. Wyniki badań wykazały istotne zróżnicowanie parametrów jakości technologicznej w obrębie analizowanego materiału i pozwoliły na uszeregowanie kandydujących do rejestracji rodów jęczmienia pod względem przydatności ziarna do słodowania.

**Słowa kluczowe:** jęczmień jary, korelacje, wartość browarna, zmienność

Material for the study comprised of 25 lines of spring malt barley and three standard varieties, Blask, Conchita and Suweren tested in pre-registration field trials conducted in 2012. The grain of each line or variety was harvested at three different locations, Bąków, Radzików and Strzelce. The malting value was estimated on the basis of 12 parameters: 1000 grain weight, grain plumpness, total and

soluble malt protein, Kolbach index, malt friability, extractability, wort viscosity, diastatic power, content of  $\beta$ -glucan, final fermentation degree and quality index Q. For these parameters coefficients of variation (CV%) and correlation coefficients were calculated as well as two-way analysis of variance and Tukey's test were performed. Results of the study revealed significant variability of all parameters of technological quality for tested material and allowed to rank the candidate lines of barley for registration according to their usefulness for malting.

**Key words:** correlations, malting quality, spring barley, variability

## WSTĘP

W obliczu rosnącej konkurencji w przemyśle piwowarskim browarnicy stawiają coraz wyższe wymagania ziarnu jęczmienia przeznaczonemu do słodowania. Producenci oraz hodowcy jęczmienia browarnego muszą dostosować się do tych rosnących wymagań. Rolą producentów surowca przeznaczonego do przetwórstwa na słód jest wybór odmiany najlepiej dostosowanej do istniejących warunków agroklimatycznych i zastosowanie do jej uprawy właściwej technologii. Jęczmień jary ma opinię zboża trudniejszego w uprawie, aniżeli inne gatunki, ze względu na słabo rozwinięty system korzeniowy i krótszy okres wegetacji (Słaboński, 1976). Te dwie cechy jęczmienia jarego określają jego większe wymagania pokarmowe, a także dużą wrażliwość na niekorzystne warunki pogodowe i glebowo-agrotechniczne. Do osiągnięcia wysokich plonów wymaga on gleb zasobnych w składniki pokarmowe, a przede wszystkim utrzymanych w wysokiej kulturze rolnej (Słaboński, 1976). Kluczowym elementem w uprawie jęczmienia browarnego jest umiejętne stosowanie nawozów mineralnych, w szczególności nawozów azotowych, w wysokości pozwalającej na uzyskanie maksymalnego w danych warunkach plonu o pożądanych cechach technologicznych ziarna. Azot potrzebny jest roślinie do osiągnięcia wysokich plonów. Jednak nadmierne stosowanie nawozów azotowych może prowadzić do zbyt dużego wzrostu zawartości białka w ziarnie, powyżej poziomu optymalnego. Dla jęczmienia przeznaczonego do słodowania poziom ten nie powinien przekraczać 11,5% (Kamińska-Klockiewicz, 2005; Pecio i Bichoński, 2009; Liszewski i in., 2011). Nawozy potasowe z kolei poprawiają wypełnienie ziarna, zmniejszają podatność na choroby, ograniczają zawartość białka i tym samym zwiększają poziom skrobi w ziarnie, zaś nawozy fosforowe zapobiegają wyleganiu, przyspieszają rozwój i wpływają na wymierną poprawę ekstraktywności (Słaboński, 1976).

Rolą hodowców jest tworzenie nowych odmian jęczmienia o genotypach bardzo stabilnych, które posiadają przewidywalny zespół cech warunkujących wysoką przydatność ziarna do słodowania przy zachowaniu możliwie wszystkich cech agronomicznej użyteczności, a więc odpornych na choroby i szkodniki, wysoko plonujących w różnych warunkach glebowo-klimatycznych, przy zastosowaniu opracowanej dla nich technologii uprawy, czyli o dużej adaptacji do warunków środowiskowych i uprawowych. Coraz lepiej poznawane sposoby dziedziczenia oraz odkrywane nowe źródła genetyczne cech warunkujących wysoką wartość użytkową wraz z możliwościami wykorzystania w hodowli roślin nowoczesnych metod hodowlanych, gwarantują osiąganie stałego postępu hodowlanego również w jęczmieniu browarnym (Rae i in., 2006; Anioł, 2010).

Celem niniejszej pracy było określenie zróżnicowania genetycznego i wpływu środowiska na cechy jakości browarnej ziarna nowych polskich rodów jęczmienia jarego selekcyjonowanych w kierunku browarnym, a także ocena współdziałania tych cech.

#### MATERIAŁ I METODY

Materiałem badawczym były trzy zestawy ziarna, każdy składający się z 25 rodów jęczmienia jarego browarnego oraz 3 odmian wzorcowych: Blasku, Conchity, Suwerena pochodzących z upraw w Bąkowie, Radzikowie i Strzelcach z doświadczeń wstępnych przeprowadzonych w 2012 roku.

Kryteriami oceny wartości browarnej były w ziarnie: masa 1000 ziaren (MTZ), celność; w słodzie: kruchość, zawartość białka ogólnego i rozpuszczalnego, liczba Kolbacha, siła diastatyczna, ekstraktywność; w brzeczce kongresowej: lepkość, stopień ostatecznego odfermentowania, zawartość  $\beta$ -glukanu. Wartości uzyskane dla pięciu wymienionych cech posłużyły do wyliczenia wskaźnika jakości Q, przyjmującego wartości w przedziale 0–9 (Vargas i in., 1983; Molina-Cano, 1987; Klockiewicz-Kamińska, 2005). Proces słodowania, oznaczenia celności, kruchości i masy 1000 ziaren przeprowadzono w Zakładzie Roślin Zbożowych, IHAR — PIB w Krakowie. Pozostałe oznaczenia parametrów jakości jęczmienia browarnego przeprowadzono w SPOJPR w IHAR-PIB w Radzikowie. Słodowaniu poddano 500 gramowe próby ziarna o średnicy powyżej 2,5 mm. Proces słodowania prowadzono w temperaturze około 12°C i wilgotności nie niższej niż 95% ogółem przez 7 dni, wliczając okres pochłaniania wody przez ziarno. Oznaczenie białka przeprowadzono zgodnie z normą PN-A-79083-9 na aparacie Kjeltec Auto 1030 Analyser. Oznaczenie zawartości ekstraktu przeprowadzono w oparciu o metodykę podaną w normie PN-A-79083-6, przy użyciu gęstościomierza Anton Paar DMA 48. Siłę diastatyczną słodu wyznaczono wg normy PN-A-79083-10. Lepkość brzeczki wyznaczono przy pomocy lepkościomierza Brookfield LVTDV-II z obracającym się walcem. Zawartość  $\beta$ -glukanu w brzeczce oznaczono metodą fluorymetryczną z kalkofluorem (Analytica-EBC, Method 8.13.2). Stopień ostatecznego odfermentowania oznaczono wg metody EBC (Analytica-EBC, Method 8.6.1) przy użyciu gęstościomierza Anton Paar DMA 48.

Dane dla zawartości białka w słodzie,  $\beta$ -glukanu wysokocząsteczkowego, ekstraktywności słodu i lepkości brzeczki opracowano za pomocą dwuczynnikowej analizy wariancji przy użyciu Systemu SAS w wersji 9.3 (SAS, 2009). Dodatkowo, w celu oszacowania udziału poszczególnych komponentów wariancyjnych w ogólnej zmienności analizowanych cech, przeprowadzono analizę komponentów wariancyjnych metodą REML (Mądry i in., 2010). Dla wszystkich rozpatrywanych cech wyznaczono współczynniki korelacji liniowej Pearsona.

## WYNIKI I DYSKUSJA

Zróźnicowanie genotypowe parametrów wartości browarnej ziarna badanych rodów i odmian wzorcowych jęczmienia jarego z doświadczeń przedrejestrowych oraz otrzymanych z nich słołów i brzeczek przedstawiono w tabeli 1.

Tabela 1

**Monitoring wartości browarnej rodów jęczmienia jarego z doświadczeń wstępnych z 2012 roku  
(wartości średnie z 3 miejsc uprawy)**

**Monitoring of brewing value of barley lines from preliminary field experiments in 2012 (mean values from 3 locations)**

| Linie,<br>odmiany<br>Lines,<br>varieties | MTZ<br>TKW<br>(g) | Celność<br>Plump-<br>ness<br>(%) | Kruchość<br>słołu<br>Friability<br>(%) | Białko<br>słołu<br>Malt<br>protein<br>(% sm) | Białko<br>rozpusz-<br>czalne<br>Malt<br>soluble<br>protein<br>(% sm) | Liczba<br>Kolbacha<br>Kolbach<br>index<br>(%) | Ekstrakt<br>mąki<br>Extrac-<br>tability<br>(% sm) | Lepkość<br>brzeczek<br>Wort<br>viscosity<br>(mPa.s) | Odfemen-<br>towanie<br>Fermenta-<br>bility<br>(%) | Siła<br>diastaty-<br>czna<br>Diastatic<br>power<br>(j.W-K) | β-glukan<br>brzeczek<br>Wort<br>β-glucan<br>(mg/l) |
|------------------------------------------|-------------------|----------------------------------|----------------------------------------|----------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------|---------------------------------------------------|-----------------------------------------------------|---------------------------------------------------|------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------|
| BKH 406                                  | 45,2              | 93,8                             | 62,8                                   | 9,97 <sup>ml</sup>                           | 4,65                                                                 | 46,8                                          | 81,2 <sup>efg</sup>                               | 1,46 <sup>defghi</sup>                              | 84,4                                              | 217                                                        | 64 <sup>l</sup>                                    |
| BKH 408                                  | 47,4              | 96,9                             | 62,1                                   | 10,45 <sup>ghi</sup>                         | 5,16                                                                 | 49,3                                          | 81,1 <sup>fgh</sup>                               | 1,49 <sup>abcd</sup>                                | 85,5                                              | 300                                                        | 100 <sup>de</sup>                                  |
| NAD 08012                                | 41,6              | 95,9                             | 65,0                                   | 11,18 <sup>b</sup>                           | 4,94                                                                 | 44,3                                          | 80,2 <sup>klm</sup>                               | 1,48 <sup>cdefg</sup>                               | 86,6                                              | 330                                                        | 65 <sup>kl</sup>                                   |
| NAD 08039                                | 46,1              | 96,8                             | 65,0                                   | 10,36 <sup>hij</sup>                         | 4,61                                                                 | 44,7                                          | 80,7 <sup>hij</sup>                               | 1,51 <sup>abc</sup>                                 | 85,6                                              | 273                                                        | 82 <sup>f</sup>                                    |
| NAD 08047                                | 44,4              | 92,9                             | 69,0                                   | 9,79 <sup>mn</sup>                           | 4,55                                                                 | 46,5                                          | 81,1 <sup>fgh</sup>                               | 1,46 <sup>defghi</sup>                              | 88,2                                              | 290                                                        | 40 <sup>no</sup>                                   |
| NAD 08063                                | 45,1              | 95,3                             | 58,9                                   | 11,00 <sup>bc</sup>                          | 5,12                                                                 | 46,7                                          | 79,6 <sup>n</sup>                                 | 1,51 <sup>abc</sup>                                 | 84,4                                              | 280                                                        | 105 <sup>cd</sup>                                  |
| NAD 07042                                | 42,2              | 93,0                             | 67,9                                   | 10,17 <sup>jk</sup>                          | 4,49                                                                 | 44,3                                          | 80,0 <sup>lmn</sup>                               | 1,45 <sup>efghij</sup>                              | 87,5                                              | 313                                                        | 81 <sup>fg</sup>                                   |
| NAD 070375                               | 46,7              | 95,0                             | 63,0                                   | 10,26 <sup>ijk</sup>                         | 4,78                                                                 | 46,7                                          | 81,5 <sup>def</sup>                               | 1,47 <sup>defgh</sup>                               | 87,4                                              | 280                                                        | 72 <sup>ij</sup>                                   |
| RAH 165/09                               | 42,7              | 95,4                             | 72,6                                   | 10,60 <sup>efg</sup>                         | 5,17                                                                 | 48,8                                          | 81,6 <sup>cde</sup>                               | 1,44 <sup>hijk</sup>                                | 87,7                                              | 333                                                        | 51 <sup>m</sup>                                    |
| RAH 227/09                               | 43,2              | 96,1                             | 71,0                                   | 11,47 <sup>a</sup>                           | 5,29                                                                 | 46,4                                          | 80,8 <sup>ghi</sup>                               | 1,44 <sup>ghijk</sup>                               | 85,0                                              | 263                                                        | 20 <sup>r</sup>                                    |
| POB 6535/08                              | 42,6              | 97,1                             | 64,0                                   | 10,84 <sup>cd</sup>                          | 4,94                                                                 | 45,7                                          | 81,2 <sup>efg</sup>                               | 1,42 <sup>kl</sup>                                  | 87,3                                              | 283                                                        | 39 <sup>nop</sup>                                  |
| POB 6493/08                              | 47,1              | 97,3                             | 59,3                                   | 10,52 <sup>gh</sup>                          | 4,51                                                                 | 43,1                                          | 80,4 <sup>ikl</sup>                               | 1,50 <sup>abcd</sup>                                | 85,5                                              | 313                                                        | 107 <sup>c</sup>                                   |
| POB 02/11A                               | 45,1              | 95,2                             | 71,5                                   | 10,74 <sup>de</sup>                          | 4,92                                                                 | 46,3                                          | 80,0 <sup>klm</sup>                               | 1,44 <sup>hijk</sup>                                | 85,4                                              | 320                                                        | 33 <sup>q</sup>                                    |
| POB 04/11A                               | 44,6              | 96,3                             | 65,0                                   | 10,73 <sup>def</sup>                         | 5,02                                                                 | 47,0                                          | 80,2 <sup>klm</sup>                               | 1,47 <sup>defgh</sup>                               | 85,4                                              | 300                                                        | 73 <sup>hij</sup>                                  |
| POB 3415/08                              | 44,6              | 95,8                             | 61,2                                   | 10,78 <sup>de</sup>                          | 5,03                                                                 | 46,9                                          | 79,8 <sup>mn</sup>                                | 1,48 <sup>bcd</sup>                                 | 85,8                                              | 297                                                        | 70 <sup>jk</sup>                                   |
| STH 86986                                | 42,1              | 94,5                             | 70,2                                   | 9,44 <sup>o</sup>                            | 4,68                                                                 | 49,7                                          | 81,9 <sup>abc</sup>                               | 1,42 <sup>kl</sup>                                  | 88,8                                              | 297                                                        | 38 <sup>nopq</sup>                                 |
| STH 92658                                | 44,5              | 98,6                             | 74,6                                   | 9,56 <sup>o</sup>                            | 4,67                                                                 | 48,9                                          | 81,6 <sup>cde</sup>                               | 1,43 <sup>ijkl</sup>                                | 87,7                                              | 320                                                        | 61 <sup>l</sup>                                    |
| STH 92668                                | 43,9              | 97,8                             | 76,4                                   | 9,52 <sup>o</sup>                            | 4,80                                                                 | 50,5                                          | 82,3 <sup>a</sup>                                 | 1,40 <sup>l</sup>                                   | 88,3                                              | 313                                                        | 36 <sup>opq</sup>                                  |
| STH 92788                                | 43,0              | 98,0                             | 65,5                                   | 10,53 <sup>fgh</sup>                         | 5,14                                                                 | 48,8                                          | 82,1 <sup>ab</sup>                                | 1,45 <sup>ghijk</sup>                               | 88,2                                              | 403                                                        | 35 <sup>qp</sup>                                   |
| STH 92795                                | 42,2              | 94,8                             | 70,0                                   | 10,17 <sup>jk</sup>                          | 5,20                                                                 | 51,1                                          | 81,8 <sup>bcd</sup>                               | 1,44 <sup>hijk</sup>                                | 86,6                                              | 353                                                        | 43 <sup>n</sup>                                    |
| STH 93686                                | 43,4              | 95,7                             | 69,8                                   | 9,57 <sup>o</sup>                            | 5,15                                                                 | 53,9                                          | 81,8 <sup>bcd</sup>                               | 1,45 <sup>fghijk</sup>                              | 86,9                                              | 243                                                        | 78 <sup>fgh</sup>                                  |
| STH 94195                                | 42,3              | 96,5                             | 69,8                                   | 10,63 <sup>efg</sup>                         | 5,40                                                                 | 51,0                                          | 81,7 <sup>bcd</sup>                               | 1,42 <sup>kl</sup>                                  | 87,3                                              | 327                                                        | 39 <sup>nop</sup>                                  |
| STH 95391                                | 45,0              | 97,7                             | 74,5                                   | 10,22 <sup>jk</sup>                          | 4,82                                                                 | 47,3                                          | 81,8 <sup>bcd</sup>                               | 1,45 <sup>ghijk</sup>                               | 85,7                                              | 283                                                        | 76 <sup>ghi</sup>                                  |
| DM 8887/05                               | 40,1              | 90,9                             | 64,7                                   | 10,11 <sup>kl</sup>                          | 4,70                                                                 | 46,6                                          | 80,7 <sup>hij</sup>                               | 1,46 <sup>defghi</sup>                              | 87,1                                              | 300                                                        | 34 <sup>q</sup>                                    |
| DM 5605/08                               | 47,1              | 97,9                             | 39,1                                   | 11,14 <sup>b</sup>                           | 4,75                                                                 | 42,6                                          | 78,6 <sup>o</sup>                                 | 1,51 <sup>abc</sup>                                 | 83,6                                              | 223                                                        | 144 <sup>a</sup>                                   |
| Blask                                    | 43,1              | 95,6                             | 66,5                                   | 10,34 <sup>hij</sup>                         | 4,88                                                                 | 47,2                                          | 81,4 <sup>def</sup>                               | 1,51 <sup>ab</sup>                                  | 85,7                                              | 283                                                        | 115 <sup>b</sup>                                   |
| Conchita                                 | 47,3              | 96,3                             | 69,2                                   | 9,94 <sup>lmn</sup>                          | 4,74                                                                 | 47,7                                          | 81,7 <sup>cd</sup>                                | 1,49 <sup>bcde</sup>                                | 86,6                                              | 287                                                        | 99 <sup>c</sup>                                    |
| Suweren                                  | 43,4              | 93,8                             | 49,9                                   | 9,78 <sup>n</sup>                            | 4,53                                                                 | 46,4                                          | 80,4 <sup>ijk</sup>                               | 1,52 <sup>a</sup>                                   | 85,3                                              | 220                                                        | 78 <sup>fgh</sup>                                  |
| Wart. średnie<br>Mean values             | 44,1              | 95,8                             | 65,7                                   | 10,3                                         | 4,9                                                                  | 47,3                                          | 81,0                                              | 1,46                                                | 86,4                                              | 295                                                        | 67                                                 |
| sd                                       | 1,9               | 1,7                              | 7,5                                    | 0,5                                          | 0,3                                                                  | 2,5                                           | 0,9                                               | 0,03                                                | 1,3                                               | 39                                                         | 30                                                 |
| CV                                       | 4                 | 2                                | 11                                     | 5                                            | 5                                                                    | 5                                             | 1                                                 | 2                                                   | 2                                                 | 13                                                         | 44                                                 |

sd — odchylnie standardowe — standard deviation; CV — współczynnik zmienności — coefficient of variation

\* — Wartości w kolumnach opatrzone różnymi literami, na podstawie procedury porównań wielokrotnych Tukeya różnią się istotnie przy poziomie  $p \leq 0,05$  — Values in columns with different letters are significantly different at  $p \leq 0.05$  according to Tukey's multiple comparison procedure

TKW — Thousand kernel weight

Cechy fizyczne ziarna wykazały małą zmienność genotypową. MTZ było na poziomie 4%, w zakresie od 41,6 do 47,4 g, podczas gdy celność tylko 2%, w zakresie od 90,9 do 98,6%. Generalnie, ziarno przeznaczone do słodowania powinno być dobrze wypełnione oraz wyrównane, gdyż tylko ziarno o takich cechach gwarantuje równomierne wchłanianie wody oraz równomierne kiełkowanie i w efekcie możliwość uzyskania słodu wysokiej klasy (Pazera i Rzemieniuk, 1998). W literaturze spotyka się dane o bardzo szerokim zakresie MTZ wynoszącym dla oplewionych form jęczmienia jarego od 34 do 54,0g (Kawka i in., 1998; Bichoński, 2003; Liszewski i in., 2011; Gołębiewski i in., 2012). Nie ma ustalonych norm technologicznych wartości tej cechy, lecz wg Kowalskiej i Ruśniaka (1973) dobre odmiany browarne należą najczęściej do form o średnich rozmiarach ziarna, które dosortowane, czyli o grubości powyżej 2,5 mm wykazują MTZ w granicach od 38 do 42 g. Oprócz MTZ, procentowy udział ziarna celnego jest ważną cechą w pracach hodowlanych jak i w selekcji odmian jęczmienia browarnego o wysokiej przydatności do słodowania. Celność ziarna jęczmienia przeznaczonego na cele browarne powinna być powyżej 90% (Klockiewicz-Kamińska, 2005). Ziarno celne, zwane też ziarnem technicznym to ziarno o grubości powyżej 2,5 mm zawierające więcej skrobi i mniejszy udział łuski aniżeli ziarno drobniejsze.

Słód otrzymany z ziarna wyprodukowanego w 2012 roku charakteryzował się niedostateczną kruchością. Średnia wartość tej cechy była na poziomie 65,7%, w zakresie od 39,1 dla rodu DM 5605/08 do 76,4%, dla rodu STH 96668. Słód dobrej jakości powinien mieć wartość tej cechy w granicach 78–81%, a bardzo dobrej jakości powyżej 81% (Kunze, 2010). W niniejszych badaniach niska kruchość słodu wpłynęła niekorzystnie na ekstraktywność, której średnia wartość wyniosła 81,4%, w zakresie od 78,6, dla rodu DM5605/08 do 82,3%, dla rodu STH 92668. Te skrajne wartości ekstraktywności dla podanych wyżej rodów różniły się istotnie od wartości uzyskanych dla pozostałych rodów i odmian wzorcowych. Ekstraktywność słodu jest najważniejszym wskaźnikiem jakości, gdyż na jej podstawie oblicza się wydajność i ustala wielkość zasypu. Słód jest tym lepszy im wyższa jest jego ekstraktywność (Kowalska i Ruśniak, 1973; Kunze, 2010). Cecha ta w 40% wpływa na sumaryczną wartość Q, ma więc zasadnicze znaczenie w selekcji hodowlanej jęczmienia na wartość browarną (Klockiewicz-Kamińska, 2005). Zawartość białka słodu w materiale analizowanym w 2012 roku była istotnie zróżnicowana, wartość średnia była na poziomie 10,3%, w zakresie od 9,4%, dla rodu STH 86986, do 11,5%, dla rodu RAH 227/09, i w odniesieniu do wartości był to poziom odpowiedni dla jęczmienia browarnego, podczas gdy wartość maksymalna była już za wysoka według norm zalecanych przez Kunze (2010). Według tego autora w słodzie dobrej jakości jego poziom powinien być poniżej 10,8% i jest on zazwyczaj o 0,5 jednostki procentowej niższy aniżeli zawartość białka w ziarnie. Z zawartością białka w słodzie wiąże się bezpośrednio liczba Kolbacha, wyrażająca stopień rozpuszczalności białka w brzeczce i jest wskaźnikiem modyfikacji proteolitycznej słodu (Kunze, 2010). Średnia wartość tej cechy wyniosła dla badanych rodów 47,3%, w zakresie od 42,6%, dla rodu DM 5605/08, do 53,9%, dla rodu STH 93686, wskazując na bardzo dobrą modyfikację białka w otrzymanych słodach. W odniesieniu do siły diastatycznej, wartość której wskazuje potencjał amylolityczny słodu, materiał analizowany z roku 2012 charakteryzował się wartością średnią 295 jdn.

W-K, w zakresie od 217, dla rodu BKH 406, do 403 jdn. W-K, dla rodu STH 92788. W sładach jasnych wartość tej cechy wynosi zazwyczaj od 240 do 260 jdn. W-K, niższa siła diastatyczna wskazuje na możliwość niecałkowitej konwersji skrobi w glukozę w trakcie zacierania brzezki i w efekcie uzyskanie piwa bardzo słodkiego częściowo odfermentowanego z niską zawartością alkoholu (Kunze, 2010). Lepkość brzezki kongresowej oraz zawartość w niej  $\beta$ -glukanu była także istotnie zróżnicowana dla badanych rodów. Wartość średnia lepkości wynosiła 1,46 mPa·s, w zakresie od 1,40 mPa·s, dla rodu STH 96668, do 1,52 mPa·s, dla odmiany wzorcowej Suweren. Podobne wyniki dla tego parametru uzyskał Bichoński (2003) analizując 353 odmian i rodów jęczmienia browarnego w latach 1999–2001. Wyższe wartości lepkości brzezki stwierdzili w swoich badaniach Ploch i in. (2005) oraz Gołębiewski i in. (2012) przy podobnie niskim współczynniku zmienności, na poziomie 1–3%. Średnia zawartość  $\beta$ -glukanu w brzezce była na poziomie 67 mg/l, w zakresie od 20, dla rodu RAH 227/09 do 144 mg/l, dla rodu DM 5605/08 i te obie skrajne wartości różniły się istotnie od wartości dla pozostałych rodów i była parametrem jakości o najwyższej zmienności (44%). Ploch i in. (2005), a także Gołębiewski i in. (2012) uzyskali wyższe wartości tego parametru, jednakże zmienność tej cechy kształtowała się u nich na równie wysokim poziomie.

Tabela 2

**Wpływ miejsca uprawy na wartości wyróżników wartości browarnej jęczmienia jarego dla materiału ze zbioru 2012 roku**

**Effect of location on qualitative brewing traits values for spring barley harvested in 2012 year**

| Cecha<br>Trait                                        | Bąków              | Radzików          | Strzelce           | Współczynnik zmienności<br>Coefficient of variation |
|-------------------------------------------------------|--------------------|-------------------|--------------------|-----------------------------------------------------|
| MTZ<br>Thousand kernel weight (g)                     | 42,2               | 44,5              | 45,8               | 3,4                                                 |
| Celność<br>Plumpness (%)                              | 92,4               | 98,1              | 96,8               | 2,8                                                 |
| Kruchość<br>Friability (%)                            | 59,2               | 73,2              | 64,6               | 8,8                                                 |
| Białko słoju<br>Malt protein (% s.s.)                 | 10,78 <sup>b</sup> | 9,42 <sup>c</sup> | 10,84 <sup>a</sup> | 6,3                                                 |
| Białko rozpuszczalne<br>Soluble malt protein (% s.s.) | 4,70               | 4,66              | 5,28               | 5,8                                                 |
| Liczba Kolbacha<br>Kolbach Index (%)                  | 43,8               | 49,5              | 48,7               | 5,3                                                 |
| Ekstraktywność<br>Extractability (% s.s.)             | 79,9 <sup>c</sup>  | 81,4 <sup>b</sup> | 81,6 <sup>a</sup>  | 0,9                                                 |
| Lepkość brzezki<br>Wort viscosity (mPa·s)             | 1,47 <sup>b</sup>  | 1,42 <sup>c</sup> | 1,49 <sup>a</sup>  | 2,0                                                 |
| Odfermentowanie<br>Fermentability(%)                  | 86,9               | 86,4              | 86,0               | 0,4                                                 |
| Siła diastatyczna<br>Diastatic power (°W-K)           | 303                | 270               | 310                | 5,9                                                 |
| $\beta$ -glukan<br>$\beta$ -glucan (mg/l)             | 55 <sup>b</sup>    | 50 <sup>c</sup>   | 96 <sup>a</sup>    | 31                                                  |

Wartości w rzędach opatrzone różnymi literami różnią się istotnie przy poziomie  $p \leq 0,05$ .

Values in rows with different letters differ significantly at level  $p \leq 0,05$

Wpływ miejsca uprawy oraz interakcję  $G \times E$  dla cech wartości browarnej ziarna badanych rodów i odmian wzorcowych jęczmienia jarego z doświadczeń przedrejestrowych oraz otrzymanych z nich słoów i brzeczek przedstawiono w tabelach 2–4.

Tabela 3

**Współczynniki korelacji cech wartości browarnej ziarna jęczmienia jarego pomiędzy poszczególnymi miejscami uprawy**

**Correlation coefficients between brewing traits values of spring barley from particular locations**

| Cecha<br>Trait                                   | Bąków-<br>Radzików | Bąków-<br>Strzelce | Radzików-<br>Strzelce |
|--------------------------------------------------|--------------------|--------------------|-----------------------|
| MTZ<br>Thousand kernel weight                    | 0,701              | 0,784              | 0,847                 |
| Celność<br>Plumpness                             | 0,362              | 0,371              | 0,536                 |
| Kruchość<br>Friability                           | 0,705              | 0,820              | 0,793                 |
| Białko słoju<br>Malt protein                     | 0,557              | 0,604              | 0,506                 |
| Białko rozpuszczalne<br>Soluble malt protein     | -0,108             | -0,035             | 0,762                 |
| Liczba Kolbacha<br>Kolbach Index                 | 0,254              | 0,119              | 0,758                 |
| Ekstraktywność<br>Extractability                 | 0,769              | 0,822              | 0,771                 |
| Lepkość brzeczek<br>Wort viscosity               | 0,314              | 0,190              | 0,280                 |
| Odfermentowanie<br>Fermentability                | 0,283              | -0,034             | 0,611                 |
| Siła diastatyczna<br>Diastatic power             | 0,748              | 0,625              | 0,867                 |
| $\beta$ -glukan brzeczek<br>Wort $\beta$ -glucan | 0,751              | 0,828              | 0,833                 |

Wartość krytyczna współczynnika korelacji Pearsona wynosi  $r = 0,4785$  przy poziomie prawdopodobieństwa  $p \leq 0,01$   
Critical Pearson's correlation coefficient value is  $r = 0,4785$  for  $p \leq 0,01$

Tabela 4

**Analiza wariancji wybranych cech determinujących wartość browarną jęczmienia**  
**Analysis of variance for selected parameters that determine malting quality of barley**

| Cecha<br>Trait                                   | Odmiana<br>Variety |         | Miejsce uprawy<br>Location of field trial |         | Interakcja $G \times E$<br>Interaction $G \times E$ |         |
|--------------------------------------------------|--------------------|---------|-------------------------------------------|---------|-----------------------------------------------------|---------|
|                                                  | MS                 | p-value | MS                                        | p-value | MS                                                  | p-value |
| Białko słoju<br>Malt protein                     | 1,74               | <0,0001 | 36,05                                     | <0,0001 | 0,41                                                | <0,0001 |
| Ekstraktywność<br>Extractability                 | 4,57               | <0,0001 | 45,76                                     | <0,0001 | 0,39                                                | <0,0001 |
| Lepkość brzeczek<br>Wort viscosity               | 0,006              | <0,0001 | 0,073                                     | <0,0001 | 0,003                                               | <0,0001 |
| $\beta$ -glukan brzeczek<br>Wort $\beta$ -glucan | 5478,04            | <0,0001 | 36415,10                                  | <0,0001 | 598,68                                              | <0,0001 |

MS — średnia kwadratów odchyleń; mean square

Stwierdzono małe zróżnicowanie MTZ i celności ziarna, około 3%, pomiędzy miejscami uprawy jęczmienia, jednakże dla masy ziarniaka pomiędzy tymi trzema miejscowościami uzyskano wysoce istotne współczynniki korelacji, wskazujące na wysokie uwarunkowanie genetyczne tej cechy. Podobnie wysoce istotne współczynniki korelacji pomiędzy poszczególnymi miejscami uprawy jęczmienia uzyskano dla kruchości słodu, białka słodu, ekstraktywności, siły diastatycznej i zawartości  $\beta$ -glukanu przy bardzo różnym ich zróżnicowaniu związanym z miejscem uprawy, wynoszącym od 1 do 31%.

Miejsce uprawy miało istotny wpływ na zawartość białka w słodzie, jego ekstraktywność i zawartość  $\beta$ -glukanu, a także na lepkość brzezki. Istotnie wyższą ekstraktywność (81,4 i 81,6%) miały słody wyprodukowane z ziarna pochodzącego z Radzikowa i Strzelec, aniżeli te otrzymane z ziarna z Bąkowa (79,9%). Warunki uprawy w Bąkowie i Strzelcach sprzyjały istotnie większej ilości białka w słodzie (10,8%) oraz wyższej lepkości brzezki (1,47 i 1,49 mPa·s) w porównaniu do wartości tych cech (9,4% i 1,42 mPa·s) dla słodów uzyskanych z ziarna otrzymanego z warunków Radzikowa. Z kolei z ziarna wyprodukowanego w warunkach Strzelec uzyskano brzezki o wysoce istotnie wyższej zawartości  $\beta$ -glukanu, średnio o 83%, w porównaniu do  $\beta$ -glukanu w brzezkach uzyskanych z ziarna jęczmienia pochodzącego z Bąkowa i Radzikowa. Dla każdej z wyżej wymienionych cech uzyskano także istotne interakcje G×E, co wskazuje na możliwość wyboru rodów stabilnych, gwarantujących wysoką wartość browarną niezależnie od warunków uprawy (Oleksiak i Mańkowski, 2007).

Analiza komponentów wariancyjnych (tab. 5) wykazała, że genotyp ma największy wpływ na zawartość  $\beta$ -glukanu (46%), następnie na ekstraktywność słodu (41%), a najmniejszy na zawartość białka (21%). Środowisko w największym stopniu modyfikuje natomiast zawartość białka (60%), następnie ekstraktywność (47%) i  $\beta$ -glukan (36%). Również Bichoński (2003) stwierdził najwyższy udział czynników środowiska w zmienności zawartości białka w analizowanym materiale, przy stosunkowo niskim współczynniku jej genetycznego uwarunkowania.

Tabela 5

**Badanie udziału środowiska, genotypu i interakcji G×E w kształtowaniu się zmienności analizowanych cech**

**Estimation of genotype, environment and interaction G×E shares in variance of analyzed parameters**

| Składowa<br>Component             | Ekstraktywność<br>Extractability | Białko słodu<br>Malt protein | $\beta$ -glukan brzezki<br>Wort $\beta$ -glucan |
|-----------------------------------|----------------------------------|------------------------------|-------------------------------------------------|
| Genotyp (G)<br>Genotype           | 0,697 (40,6%)                    | 0,223 (20,9%)                | 0,813 (46,4%)                                   |
| Miejscowość (E)<br>Location       | 0,810 (47,1%)                    | 0,636 (59,6%)                | 0,639 (36,4%)                                   |
| Interakcja G×E<br>Interaction G×E | 0,177 (10,3%)                    | 0,200 (18,7%)                | 0,296 (16,9%)                                   |
| Błąd<br>Error                     | 0,034 (2,0%)*                    | 0,008 (0,8%)                 | 0,006 (0,3%)                                    |

\*W nawiasach podano procentowy udział genotypu i środowiska w zmienności danej cechy

\*In parentheses percentages of contribution of genotype and environment to variability of selected trait are given

Na podstawie wyliczonego wskaźnika Q, który oparty jest na klasach jakości wyliczonych wg zaleceń COBORU (2005) w stosunku do odmiany Blask, dla 5 podstawowych cech oceny browarnej słoju i brzezki, wyodrębniono pięć kategorii wartości browarnej dla 25 rodów jęczmienia jarego badanych z roku 2012 (tab. 6).

Tabela 6

**Klasy jakości i ranking rodów jęczmienia jarego pod względem wartości browarnej w stosunku do odmiany wzorcowej Blask**

**Malting quality categories and ranking of spring barley lines in relation to check variety Blask**

| Linie, odmiany<br>Lines, varieties | Liczba<br>Kolbacha<br>Kolbach index<br>(%) | Ekstrakt mąki<br>Extractability<br>(% sm) | Lepkość<br>brzezki<br>Wort viscosity<br>(mPa,s) | Odfermen-<br>towanie<br>Fermentability<br>(%) | Siła<br>diastatyczna<br>Diastatic<br>power<br>(j.W-K) | Q    | Kategoria<br>wartości<br>browarnej<br>Malting quality<br>category |
|------------------------------------|--------------------------------------------|-------------------------------------------|-------------------------------------------------|-----------------------------------------------|-------------------------------------------------------|------|-------------------------------------------------------------------|
| Blask                              | 47,2                                       | 81,4                                      | 1,51                                            | 85,7                                          | 283                                                   |      |                                                                   |
| STH 92668                          | 7                                          | 8                                         | 8                                               | 9                                             | 7                                                     | 7,85 | dobra do<br>bardzo dobrej<br>good to very<br>good<br>(6,75-7,99)  |
| STH 94195                          | 8                                          | 7                                         | 8                                               | 8                                             | 7                                                     | 7,45 |                                                                   |
| STH 92788                          | 6                                          | 7                                         | 7                                               | 9                                             | 9                                                     | 7,45 |                                                                   |
| STH 92795                          | 8                                          | 7                                         | 7                                               | 7                                             | 9                                                     | 7,45 |                                                                   |
| STH 86986                          | 7                                          | 7                                         | 8                                               | 9                                             | 6                                                     | 7,30 |                                                                   |
| RAH 165/09                         | 6                                          | 6                                         | 7                                               | 9                                             | 8                                                     | 6,90 |                                                                   |
| STH 93686                          | 9                                          | 7                                         | 7                                               | 8                                             | 3                                                     | 6,85 |                                                                   |
| STH 92658                          | 6                                          | 6                                         | 7                                               | 9                                             | 7                                                     | 6,75 |                                                                   |
| Conchita                           | 5                                          | 7                                         | 6                                               | 7                                             | 5                                                     | 6,25 | dobra<br>good<br>(5,50-6,74)                                      |
| NAD 070375                         | 4                                          | 6                                         | 7                                               | 9                                             | 5                                                     | 6,15 |                                                                   |
| STH 95391                          | 5                                          | 7                                         | 7                                               | 5                                             | 5                                                     | 6,10 |                                                                   |
| NAD 08047                          | 4                                          | 5                                         | 7                                               | 9                                             | 5                                                     | 5,75 |                                                                   |
| POB 6535/08                        | 4                                          | 5                                         | 8                                               | 8                                             | 5                                                     | 5,75 |                                                                   |
| BKH 408                            | 6                                          | 5                                         | 6                                               | 5                                             | 6                                                     | 5,45 | średnia do<br>dobrej<br>average to good<br>(4,25-5,49)            |
| DM 8887/05                         | 4                                          | 4                                         | 7                                               | 8                                             | 6                                                     | 5,35 |                                                                   |
| NAD 07042                          | 3                                          | 2                                         | 7                                               | 9                                             | 7                                                     | 4,70 |                                                                   |
| POB 04/11A                         | 5                                          | 3                                         | 7                                               | 5                                             | 6                                                     | 4,65 |                                                                   |
| NAD 08012                          | 3                                          | 3                                         | 6                                               | 7                                             | 7                                                     | 4,65 |                                                                   |
| RAH 227/09                         | 4                                          | 4                                         | 7                                               | 4                                             | 4                                                     | 4,45 |                                                                   |
| NAD 08039                          | 3                                          | 4                                         | 6                                               | 5                                             | 5                                                     | 4,45 |                                                                   |
| BKH 406                            | 4                                          | 5                                         | 7                                               | 3                                             | 2                                                     | 4,40 |                                                                   |
| POB 02/11A                         | 4                                          | 2                                         | 7                                               | 5                                             | 7                                                     | 4,25 |                                                                   |
| POB 3415/08                        | 5                                          | 2                                         | 6                                               | 6                                             | 6                                                     | 4,25 |                                                                   |
| POB 6493/08                        | 2                                          | 3                                         | 6                                               | 5                                             | 7                                                     | 4,20 | średnia<br>average<br>(3,00-4,24)                                 |
| Suweren                            | 4                                          | 3                                         | 6                                               | 4                                             | 2                                                     | 3,60 |                                                                   |
| NAD 08063                          | 4                                          | 2                                         | 6                                               | 3                                             | 5                                                     | 3,50 |                                                                   |
| DM 5605/08                         | 1                                          | 1                                         | 6                                               | 1                                             | 2                                                     | 1,90 | niebrowarna<br>not for malting<br>(<3,00)                         |

Spośród tych rodów osiem rodów znalazło się w najwyższej kategorii wartości browarnej, tj. dobrej do bardzo dobrej (Q — 6,75 do 7,99), siedem z nich pochodziło z hodowli strzeleckiej oraz jedna z hodowli smolickiej, z Radzikowa. W grupie dobrej (Q — 5,50 do 6,74) sklasyfikowano odmianę wzorcową Conchita oraz cztery rody, w tym dwa z poznańskiej hodowli i po jednym z hodowli strzeleckiej oraz małopolskiej. Najwięcej badanych rodów (10) charakteryzowało się średnią do dobrej kategorią wartości browarnej

(Q — 4,25 do 5,49), dwa rody wraz z odmianą Suveren kategorią średnią, a jeden ród sklasyfikowano jako niebrowarny.

Wyznaczone współczynniki korelacji między parametrami determinującymi wartość browarną jęczmienia wykazały istnienie istotnej współzależności pomiędzy kruchością, a pozostałymi cechami jakości, z wyjątkiem białka ogółem oraz białka rozpuszczalnego siodu (tab. 7).

Tabela 7

**Współczynniki korelacji Pearsona pomiędzy cechami determinującymi wartość browarną jęczmienia**  
**Pearson's linear correlation coefficients between the parameters which determine malting quality of barley**

| Cecha<br>Trait                                     | Celność<br>ziarna<br>Grain<br>plump-<br>ness | Kruchość<br>siodu<br>Malt<br>friability | Białko<br>siodu<br>Malt<br>protein | Białko roz-<br>puszczalne<br>Soluble malt<br>protein | Liczba<br>Kolbacha<br>Kolbach<br>index | Ekstrakt<br>mąki<br>Extractab-<br>ility | Lepkość<br>brzeczki<br>Wort<br>viscosity | Odfermen-<br>towanie<br>Fermenta-<br>bility | Siła Dias-<br>tacyjna<br>Diastatic<br>power | $\beta$ -glukan<br>brzeczki<br>Wort<br>$\beta$ -glucan |
|----------------------------------------------------|----------------------------------------------|-----------------------------------------|------------------------------------|------------------------------------------------------|----------------------------------------|-----------------------------------------|------------------------------------------|---------------------------------------------|---------------------------------------------|--------------------------------------------------------|
| MTZ<br>Thousand grain<br>weight                    | 0,438*                                       | -0,332                                  | 0,064                              | -0,214                                               | -0,275                                 | -0,233                                  | 0,446*                                   | -0,480**                                    | -0,325                                      | 0,612**                                                |
| Celność ziarna<br>Grain plumpness                  |                                              | 0,027                                   | 0,220                              | 0,269                                                | 0,060                                  | 0,132                                   | -0,107                                   | -0,109                                      | 0,188                                       | 0,233                                                  |
| Kruchość siodu<br>Malt friability                  |                                              |                                         | -0,339                             | 0,219                                                | 0,543**                                | 0,709**                                 | -0,711**                                 | 0,603**                                     | 0,486**                                     | -0,618**                                               |
| Białko siodu<br>Malt protein                       |                                              |                                         |                                    | 0,471*                                               | -0,495**                               | -0,579**                                | 0,242                                    | -0,517**                                    | 0,081                                       | 0,123                                                  |
| Białko<br>rozpuszczalne<br>Soluble malt<br>protein |                                              |                                         |                                    |                                                      | 0,530**                                | 0,182                                   | -0,291                                   | -0,038                                      | 0,330                                       | -0,258                                                 |
| Liczba Kolbacha<br>Kolbach index                   |                                              |                                         |                                    |                                                      |                                        | 0,722**                                 | -0,535**                                 | 0,453*                                      | 0,229                                       | -0,380                                                 |
| Ekstraktywność<br>Extractability                   |                                              |                                         |                                    |                                                      |                                        |                                         | -0,585**                                 | 0,665**                                     | 0,340                                       | -0,482**                                               |
| Lepkość brzeczki<br>Wort viscosity                 |                                              |                                         |                                    |                                                      |                                        |                                         |                                          | -0,661**                                    | -0,435*                                     | 0,772**                                                |
| Odfermentowanie<br>Fermentability                  |                                              |                                         |                                    |                                                      |                                        |                                         |                                          |                                             | 0,564**                                     | -0,585**                                               |
| Siła diastacyjna<br>Diastatic power                |                                              |                                         |                                    |                                                      |                                        |                                         |                                          |                                             |                                             | -0,418*                                                |

Wartość krytyczna współczynnika korelacji Pearsona wynosi (\*)  $r = 0,3739$  przy poziomie istotności  $p \leq 0,05$ ; (\*\*) oraz  $r = 0,4785$  przy poziomie istotności  $p \leq 0,01$

Critical Pearson's correlation coefficient value is (\*)  $r = 0.3739$  for  $p \leq 0.05$ ; (\*\*)  $r = 0.4785$  for  $p \leq 0.01$

Ze wzrostem kruchości siodu wzrastała jego ekstraktywność ( $r = 0,71$ ) i stopień modyfikacji proteolitycznej ( $r = 0,54$ ) oraz odfermentowanie brzeczki ( $r = 0,60$ ), a malała lepkość brzeczki ( $r = -0,71$ ) i zawartość w niej  $\beta$ -glukanu ( $r = -0,62$ ). Śmiałowski i Bichoński (2003) na podstawie analizy ścieżkowej siedmiu cech jakościowych z doświadczeń wieloletnich wykazali istnienie silnego bezpośredniego związku przyczynowo-skutkowego między kruchością a ekstraktywnością. W niniejszych badaniach potwierdzono obserwowaną przez Ploch i in. (2005) istotną korelację pomiędzy

lepkością brzezki a zawartością w niej  $\beta$ -glukanu. Stwierdzono (Gołębiewski i in., 2012) korzystną dla prac hodowlanych dodatnią zależność między celnością, a masą 1000 ziaren ( $r = 0,44$ ). Przygotowywana praca na temat uzyskanego postępu hodowlanego w jęczmieniu browarnym w Polsce na podstawie wyników badań prowadzonych w latach 2004–2012 pozwoli na pokazanie bardziej wiarygodnych zależności między cechami jakościowymi ziarna, a cechami jakości słoju i brzezki, możliwymi do wykorzystania w typowaniu nowych rodów do produkcji słoju wysokiej jakości.

#### PODSUMOWANIE

Na podstawie przeprowadzonych analiz danych jednorocznych stwierdzono, że:

1. Rody jęczmienia jarego browarnego uczestniczące w doświadczeniach wstępnych w roku 2012 wykazały wysoce istotne zróżnicowanie zawartości białka w słoju, jego ekstraktywności oraz lepkości brzezki i zawartości w niej wysokocząsteczkowego  $\beta$ -glukanu.
2. Stwierdzono istotny wpływ genotypu, środowiska oraz interakcję  $G \times E$  na zmienność cech determinujących wartość browarną ziarna, jednakże genotyp miał większe znaczenie w generowaniu tej zmienności.
3. Zmienność genotypowa stanowiła 46% zróżnicowania zawartości  $\beta$ -glukanu brzezki oraz 41% ekstraktywności, podczas gdy środowisko w 60% wpływało na zmienność zawartości białka w słoju oraz w 47% na zmienność ekstraktywności.
4. Wysoka korelacja dodatnia między zawartością  $\beta$ -glukanów, a lepkością brzezki wskazuje na to, iż selekcja jęczmienia browarnego powinna iść w kierunku zmniejszenia zawartości tego składnika w ziarnie jęczmienia.
5. W kategorii browarnej dobrej do bardzo dobrej sklasyfikowano 8 rodów, spośród których siedem reprezentowało hodowlę strzelecką, jedna radzikowską.

#### LITERATURA

- Analytica — EBC. 2004. Edition EBC Analysis Committee. Hans Carl Getränke-Fachverlag, Nürnberg, ISBN 3-418-00759-7.
- Anioł A. 2010. Wpływ biotechnologii i procesów globalizacji w gospodarce na hodowlę roślin i wspierające ten sektor badania naukowe. Biul. IHAR 256: 3 — 13.
- Bichoński A. 2003. Zmienność i współzależność wybranych cech technologicznych jęczmienia jarego browarnego. Biul. IHAR 228:105 — 110.
- Gołębiewski D., Myszka K., Burek J., Mańkowski D. R., Boros D. 2012. Badania zmienności genetycznej i wpływu środowiska na cechy determinujące wartość browarną ziarna rodów jęczmienia jarego włączonych do badań przedrejestrów w 2011 roku. Biul. IHAR 263: 19 — 31.
- Kawka A., Klockiewicz-Kamińska E., Anioła J., Cierniewska A., Gąsiorowski H. 1998. Ocena niektórych wyróżników jakościowych odmian jęczmienia uprawianego w Polsce. Pamiętnik Puławski 112: 89 — 91.
- Klockiewicz-Kamińska E. 2005. Metoda oceny wartości browarnej i klasyfikacja jakościowa odmian jęczmienia. COBORU, Zeszyt 80: 3 — 15.
- Kowalska M., Ruśniak L. 1973. Jęczmień dla przemysłu browarnego. Rozdział w książce pt.: Jęczmień. PWRiL, Warszawa: 230 — 262.
- Kunze W. 2010. Technology Brewing and Malting. 4<sup>th</sup> updated edition. VLB Berlin. ISBN 978-3-921690-64-2.

- Liszewski M., Błażewicz J., Kozłowska K., Zembold-Guła A., Szwed Ł. 2011. Wpływ nawożenia azotem na cechy rolnicze ziarna jęczmienia browarnego. *Fragm. Agron.* 28: 40 — 49.
- Mądry W., Mańkowski D. R., Kaczmarek Z., Krajewski P., Studnicki M. 2010. Metody statystyczne oparte na modelach liniowych w zastosowaniach do doświadczeń, genetyki i hodowli roślin. *Monografie i Rozprawy Naukowe IHAR — PIB*, Nr 34, IHAR — PIB, Radzików.
- Molina-Cano J. L. 1987. The EBC Barley and Malt Committee Index for the evaluation of malting quality in barley and its use in breeding. *Plant Breeding* 98: 249 — 256.
- Oleksiak T., Mańkowski D. 2007. Stabilność plonowania i zdolność adaptacyjna odmian jęczmienia jarego do warunków Polski. *Biul. IHAR* 246: 45 — 54.
- Pazera T., Rzemieniuk T. 1998. *Browarstwo*. Wydawnictwa Szkolne i Pedagogiczne, Warszawa. ISBN 83-02-06930-2.
- Pecio A., Bichoński A. 2009. Nawożenie azotem i chemiczna ochrona roślin przed chorobami jako czynniki plonowania jęczmienia jarego. *Biul. IHAR* 252: 201 — 213.
- Ploch M., Cyran M., Kasztelowicz K., Boros D., Burek J. 2005. Zmienność i współzależność cech jakości jęczmienia browarnego ze zbioru w 2004 roku. *Komunikat. Biul. IHAR* 235: 155 — 162.
- Polska Norma. 1998. PN-A-79083-6; 79083-8; 79083-10.
- Rae S. J., Macaulay M., Ramsay L., Leigh F., Matthews D., O'Sullivan D. M., Donini P., Morris P.C., Powell W., Marshall D. F., Waugh R., Thomas W.T.B. 2007. Molecular barley breeding. *Euphytica* 158: 295 — 303.
- SAS Institute Inc. 2009. *SAS/STAT 9.2 User's Guide, Second Edition*. Cary, NC, USA: SAS Publishing, SAS Institute Inc.
- Słaboński A. 1976. *Jęczmień jary i ozimy*. PWRiL, Warszawa.
- Śmiałowski T., Bichoński A. 2003. Zastosowanie ścieżek do oceny współzależności między wybranymi cechami jęczmienia browarnego. *Biul. IHAR* 230: 275 — 284.
- Vargas L., Molina-Cano J. L., Hassan S. 1983. A quality index for the assessment of barley varieties. *Monatsschr. Brauwissen.* 12: 481 — 485.

#### PODZIĘKOWANIA

*Pracownikom inżynierjno-technicznym SPOJPR IHAR — PIB za zaangażowanie i pomoc w wykonaniu analiz chemicznych. Praca była wykonana ze środków MRiRW przyznanych na realizację tematu nr 43, w ramach Postępu Biologicznego.*

**GRZEGORZ CZAJOWSKI****KATARZYNA KARSKA****ANNA STRZEMBICKA**

Zakład Roślin Zbożowych w Krakowie

Instytut Hodowli i Aklimatyzacji Roślin — PIB

## Charakterystyka rodów hodowlanych pszenżyta ozimego pod względem stopnia porażenia przez *Puccinia triticina* i *Blumeria graminis*

### Characteristic of winter triticale breeding lines in terms of the degree of infestation by *Puccinia triticina* and *Blumeria graminis*

Oceniano porażenie rodów hodowlanych pszenżyta przez *Puccinia triticina* i *Blumeria graminis* w sezonach wegetacyjnych 2007/08–2011/12. Badania prowadzono w stadium siewki w szklarni i w stadium rośliny dorosłej w polu: w warunkach wspomaganego inokulacji zarodnikami *Puccinia triticina* w Grodkowicach i naturalnej inokulacji w Krzeczowicach. W przypadku *Blumeria graminis* w obydwu miejscowościach badania prowadzono w warunkach naturalnej inokulacji. Ogółem przebadano 250 form pochodzących z ośrodków hodowli pszenżyta w Polsce. Ocenę w fazie siewki prowadzono wg skali 5-stopniowej, w której stopnie 0, 1, 2 oznaczały odporność, natomiast 3 i 4 wrażliwość rośliny. W stadium rośliny dorosłej wykorzystano skalę 9-stopniową, w której 9 oznacza wysoką odporność, a 1 — wysoką wrażliwość. Przeprowadzone badania ukazały zróżnicowanie badanego materiału pod względem stopnia porażenia przez *Puccinia triticina* i *Blumeria graminis* zarówno w stadium siewki w szklarni jak i rośliny dorosłej w polu. Badania umożliwiły wytypowanie 66 genotypów wysoce odpornych w skali 7–9 na porażenie przez obydwa patogeny. Wśród nich 5 odznaczało się odpornością w obydwu stadiach rozwoju rośliny. Spośród nich wybrano 11 genotypów, które charakteryzowały się odpornością przez okres 2–3 lat w Grodkowicach i Krzeczowicach i mogą być wykorzystane jako źródła odporności.

**Słowa kluczowe:** *Blumeria graminis*, materiały hodowlane, odporność, pszenżyto ozime, *Puccinia triticina*

The susceptibility to *Puccinia triticina* and *Blumeria graminis* of winter triticale breeding lines was evaluated in the years 2008–2012. Studies were carried out in greenhouse at the seedling stage and at the adult plant stage in Grodkowice using the method of artificial inoculation by uredinospores of *P. triticina* and in Krzeczowice under conditions of natural inoculation in field. However, in the case of *B. graminis* in both location studies were carried out under conditions of natural inoculation. A total of 250 breeding lines of triticale from breeding stations were tested. A scale 0, 1, 2 — resistance, 3, 4 —

susceptibility was used at seedling stage. While a scale from 9 — high resistance to 1- high susceptibility was used at adult plant stage. Considerable differences of tested materials with respect to reaction to leaf rust and powdery mildew were found in both locations and years. The study allowed to select 66 genotypes with high resistance to leaf rust and powdery mildew, including 5 resistant in both stages. Furthermore, the obtained results allowed to select 11 genotypes with high resistance to leaf rust and powdery mildew for 2–3 years at Grodkowice and Krzeczowice and thus they can be used as resistance sources.

**Key words:** *Blumeria graminis*, breeding materials, *Puccinia triticina*, resistance, winter triticales

## WSTĘP

Odporność na choroby jest jednym z podstawowych czynników warunkujących utrzymanie wysokiej produktywności zbóż. Umiejętne wykorzystanie genetycznej odporności pozwala na znaczne obniżenie nasilenia chorób.

Pszenżyto przez wiele lat było uważane za wysoko odporne na choroby. Rozpowszechnienie uprawy pszenżyta (*Triticosecale Wittm.*) zarówno w Polsce, jak i na świecie, jest jedną z przyczyn nasilenia występowania chorób powodowanych przez grzyby. Corocznie obserwuje się na zasiewach pszenżyta mniejsze lub większe nasilenie rdzy brunatnej (Arseniuk, Czembor, 1991; Strzembicka i in., 1998; Filoda, 2009). Ponadto w ciągu ostatnich lat na niektórych formach pszenżyta zanotowano objawy mączniaka prawdziwego (Arseniuk i in., 2006; Strzembicka, 2007; Wakuliński i in., 2007).

Celem pracy była ocena rodów hodowlanych pszenżyta pod względem stopnia porażenia przez *Puccinia triticina* i *Blumeria graminis* w stadium siewki w szklarni i rośliny dorosłej w polu. Badania prowadzono w sezonach wegetacyjnych 2007/08–2011/12.

## MATERIAŁ I METODY

Ocenie porażenia rdzą brunatną i mączniakiem prawdziwym w stadium siewki w szklarni i rośliny dorosłej w warunkach polowych, poddano w sumie 250 rodów hodowlanych pszenżyta ozimego pochodzących ze stacji hodowli roślin zlokalizowanych w Polsce. W każdym roku w badaniach uczestniczyły inne genotypy. Ich liczebność w poszczególnych latach została przedstawiona w tabelach 2, 3 i 4. Dodatkowo brały udział również odmiany: Moderato, Grenado, Lamberto i Marko, a w 2011 i 2012 roku dołączono: Borwo i Fredro.

W doświadczeniach szklarniowych wykorzystano izolaty *Puccinia triticina* i *Blumeria graminis* pochodzące z rodów hodowlanych, a także odmian pszenicy i pszenżyta. Charakteryzowały się one znaczną wirulencją wobec większości linii monogenicznych pszenicy z genami *Lr* i *Pm* (tab. 1). Celem uzyskania odpowiedniej ilości materiału infekcyjnego do inokulacji wspomniane izolaty zostały namnożone na siewkach odmiany wrażliwej Marko. Ocenę porażenia badanych materiałów wykonywano inokulując siewki badanych form pszenżyta w stadium 2.-liścia mieszaniną izolatów określonego patogena. Stopień porażenia oceniano po 10–12 dniach wg skali 5.-stopniowej, w której: 0, 1, 2 oznaczały odporność rośliny, natomiast 3 i 4 wrażliwość (Hiura, 1960; Roelfs i in., 1992).

Tabela 1

**Genetyczna formuła wirulencji wybranych izolatów *Puccinia triticina* i *Blumeria graminis***  
**Virulence of selected isolates *Puccinia triticina* and *Blumeria graminis***

| Izolaty<br>Isolates                     | Wirulencja<br>Virulence                                              |
|-----------------------------------------|----------------------------------------------------------------------|
|                                         | 41122 <i>Lr2b, Lr2c, Lr11, Lr21, Lr26</i>                            |
| <i>Puccinia triticina</i> z pszenżyta   | 41124 <i>Lr2b, Lr2c, Lr11, Lr21, Lr28</i>                            |
| <i>Puccinia triticina</i> from tritcale | 41126 <i>Lr2b, Lr2c, Lr11, Lr21, Lr26, Lr28</i>                      |
|                                         | 41320 <i>Lr2b, Lr2c, Lr11, Lr15, Lr21</i>                            |
|                                         | 06365 <i>Lr3, Lr9, Lr11, Lr15, Lr21, Lr23, Lr24, Lr28</i>            |
|                                         | 16724 <i>Lr1, Lr3, Lr9, Lr11, Lr15, Lr17, Lr21, Lr28</i>             |
| <i>Puccinia triticina</i> z pszenicy    | 13724 <i>Lr1, Lr2c, Lr3, Lr11, Lr15, Lr17, Lr21, Lr28</i>            |
| <i>Puccinia triticina</i> from wheat    | 14765 <i>Lr1, Lr9, Lr11, Lr15, Lr17, Lr21, Lr23, Lr24, Lr28</i>      |
|                                         | 13726 <i>Lr1, Lr2c, Lr3, Lr11, Lr15, Lr17, Lr21, Lr26, Lr28</i>      |
|                                         | 36725 <i>Lr1, Lr2a, Lr3, Lr9, Lr11, Lr15, Lr17, Lr21, Lr24, Lr28</i> |
| <i>Blumeria graminis</i> z pszenżyta    | <i>Pm2, Pm4b, Pm5, Pm6, Pm8, Pm17</i>                                |
| <i>Blumeria graminis</i> from tritcale  |                                                                      |
| <i>Blumeria graminis</i> z pszenicy     | <i>Pm1, Pm2, Pm3d, Pm4b, Pm5, Pm6, Pm8, Pm9, Pm17</i>                |
| <i>Blumeria graminis</i> from wheat     |                                                                      |

Jesienią w Zakładzie Doświadczalnym IHAR — PIB Grodkowice oraz w SHR Krzeczowice badane obiekty corocznie wysiewano w polu w jednym powtórzeniu po 2 rzędy.

W sezonie wegetacyjnym w Grodkowicach wykonano w polu zabieg wspomaganą inokulację rdzą brunatną wszystkich biorących udział w doświadczeniu genotypów pszenżyta. Rośliny inokulowano w stadium 8–9 w skali Feekesa poprzez oprysk zawieszoną uredospor — mieszaniną izolatów *Puccinia triticina* pochodzących z populacji występującej na pszenżycie (z dodatkiem Tween 20). Materiał infekcyjny został namnożony na siewkach odmiany Marko w warunkach szklarniowych.

Inokulowano pas roślin o szerokości 50 cm każdego 2-rzędowego poletka. Wariant kontrolny stanowiły rośliny niezakażone z przeciwnej strony poletka. Inokulację przeprowadzono 2-krotnie z 7 dniową przerwą.

W Krzeczowicach zabieg wspomaganą inokulację zarodnikami *Puccinia triticina* nie był wykonywany. W obydwu miejscowościach nie przeprowadzano zabiegu inokulacji zarodnikami *Blumeria graminis*.

Porażenie przez *Puccinia triticina* i *Blumeria graminis* genotypów pszenżyta w stadium rośliny dorosłej w Grodkowicach i w Krzeczowicach oceniano 3-krotnie w odstępach dwutygodniowych w oparciu o powszechnie stosowaną wizualną skalę 9-stopniową, gdzie: 9 oznacza wysoką odporność, 1 — wysoką wrażliwość. Formy pszenżyta zostały następnie zaklasyfikowane do 3 klas porażenia: 7–9 odporne, 5–6 średnio wrażliwe, 4 i > wrażliwe.

Dla zbadania zróżnicowania genotypów pod względem porażenia zostały obliczone współczynniki zmienności (CV%).

## WYNIKI I DYSKUSJA

Przeprowadzone w sezonach wegetacyjnych 2007/08–2011/12 badania rodów hodowlanych pszenżyta ozimego pod względem stopnia porażenia przez *Puccinia triticina* i *Blumeria graminis* w stadium siewki w szklarni i rośliny dorosłej w polu wskazują na znaczne zróżnicowanie badanego materiału pod względem reakcji na porażenie przez wspomniane patogeny.

Testy szklarniowe przeprowadzono w oparciu o reakcję badanych genotypów na porażenie populacjami *Puccinia triticina* i *Blumeria graminis* pochodzącymi z różnych genotypów pszenicy i pszenżyta. Uzyskane wyniki ilustrują, że 28,0 i 18,4% rodów pszenżyta odpowiednio, było słabo porażonych przez populacje wyżej wspomnianych patogenów występujących na pszenicy, podczas gdy 83,2 i 64,8% przez populacje pochodzące z pszenicy (tab. 2). Obserwowane zróżnicowanie reakcji roślin na porażenie wspomnianymi populacjami może świadczyć o specjalizacji względem tego gatunku zboża (Czajowski i in., 2011; Hanzalova, Bartoś, 2011; Strzembicka i in., 2011).

Tabela 2

**Reakcja perspektywicznych rodów pszenżyta na porażenie rdzą brunatną i mączniakiem prawdziwym w stadium siewki w latach 2008–2012**  
**Reaction of prospective triticale breeding lines to leaf rust and powdery mildew in seedling stage in 2008–2012**

| Lata<br>Years                        | Liczba rodów w klasie porażenia<br>Number of breeding lines in classes of infection |            |                              |           |
|--------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|------------|------------------------------|-----------|
|                                      | z pszenicy — from wheat                                                             |            | z pszenżyta — from triticale |           |
|                                      | 0,1,2                                                                               | 3,4        | 0,1,2                        | 3,4       |
| Rdza brunatna<br>Leaf rust           |                                                                                     |            |                              |           |
| 2008                                 | 49                                                                                  | 5          | 16                           | 38        |
| 2009                                 | 56                                                                                  | 2          | 22                           | 36        |
| 2010                                 | 37                                                                                  | 18         | 11                           | 44        |
| 2011                                 | 20                                                                                  | 13         | 6                            | 27        |
| 2012                                 | 46                                                                                  | 4          | 15                           | 35        |
| Ogółem                               | 208 (83,2%)                                                                         | 42 (16,8%) | 70 (28%)                     | 180 (72%) |
| Mączniak prawdziwy<br>Powdery mildew |                                                                                     |            |                              |           |
| 2008                                 | 50                                                                                  | 4          | 19                           | 35        |
| 2009                                 | 26                                                                                  | 32         | 2                            | 56        |
| 2010                                 | 26                                                                                  | 29         | 9                            | 46        |
| 2011                                 | 28                                                                                  | 5          | 6                            | 27        |
| 2012                                 | 32                                                                                  | 18         | 10                           | 40        |
| Ogółem                               | 162 (64,8%)                                                                         | 88 (35,2%) | 46 (18,4%)                   | 81,6%     |

Obserwacje w warunkach szklarniowych w stadium siewek — ocena w skali 5-stopniowej: 0, 1, 2 — odporny, 3, 4 — wrażliwy

Greenhouse tests at the seedling stage, 0–4: 0, 1, 2 — resistant, 3, 4 — susceptible

Wyniki polowej oceny porażenia pszenżyta w stadium rośliny dorosłej przez *Puccinia triticina* wskazują, że w warunkach wspomaganej inokulacji w Grodkowicach 56,8% form charakteryzowało się niskim porażeniem. Jedynie 4,8% było silnie porażonych, zaś 38,4% uległo porażeniu w stopniu średnim. Równolegle przeprowadzono ocenę porażenia rodów pszenżyta w warunkach naturalnej inokulacji w Krzeczowicach. Zdecydowanie

dominowały rody charakteryzujące się niskim porażeniem. Stanowiły one 79,2%, podczas gdy jedynie 3,2% było silnie porażonych, a 17,6% uległo porażeniu w stopniu średnim. Obliczone współczynniki zmienności CV% wskazują na zróżnicowanie badanego materiału pod względem reakcji na porażenie przez *Puccinia triticina*. W poszczególnych latach badań ich wartość kształtowała się w zakresie 15,1–26,9% w Grodkowicach i 11,4–24,3% w Krzeczowicach (tab. 3).

Tabela 3

**Reakcja perspektywicznych rodów pszenżyta na porażenie rdzą brunatną w warunkach polowych w Grodkowicach i Krzeczowicach w latach 2008–2012**  
**Reaction of prospective triticale breeding lines to leaf rust in field in Grodkowice and Krzeczowice in 2008–2012**

| Lata<br>Years                                                   | Liczba<br>rodów<br>Number of<br>breeding<br>lines | Liczba rodów* w klasie porażenia**<br>Number of breeding lines in classes of infection |            |                  | Zakres porażenia<br>Range of<br>infection | Współczynnik<br>zmienności (CV)<br>Coefficient of<br>variability |
|-----------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------|------------|------------------|-------------------------------------------|------------------------------------------------------------------|
|                                                                 |                                                   | 7–9                                                                                    | 5–6        | 4 i ≤<br>4 and ≤ |                                           |                                                                  |
| Grodkowice (wspomagana inokulacja — artificial inoculation)     |                                                   |                                                                                        |            |                  |                                           |                                                                  |
| 2008                                                            | 54                                                | 32                                                                                     | 17         | 5                | 3–9                                       | 26,9                                                             |
| 2009                                                            | 58                                                | 37                                                                                     | 20         | 1                | 4–9                                       | 22,2                                                             |
| 2010                                                            | 55                                                | 49                                                                                     | 6          | 0                | 5–9                                       | 15,1                                                             |
| 2011                                                            | 33                                                | 12                                                                                     | 20         | 1                | 4–9                                       | 23,1                                                             |
| 2012                                                            | 50                                                | 12                                                                                     | 33         | 5                | 4–9                                       | 24,5                                                             |
| Ogółem<br>Total                                                 | 250                                               | 142 (56,8%)                                                                            | 96 (38,4%) | 12 (4,8%)        |                                           |                                                                  |
| Krzeczowice (bez wspomaganiej inokulacji — natural inoculation) |                                                   |                                                                                        |            |                  |                                           |                                                                  |
| 2008                                                            | 54                                                | 38                                                                                     | 11         | 5                | 3–9                                       | 24,3                                                             |
| 2009                                                            | 58                                                | 42                                                                                     | 16         | 0                | 5–9                                       | 17,4                                                             |
| 2010                                                            | 55                                                | 45                                                                                     | 7          | 3                | 3–9                                       | 21,0                                                             |
| 2011                                                            | 33                                                | 27                                                                                     | 6          | 0                | 5–9                                       | 17,5                                                             |
| 2012                                                            | 50                                                | 46                                                                                     | 4          | 0                | 6–9                                       | 11,4                                                             |
| Ogółem<br>Total                                                 | 250                                               | 198 (79,2%)                                                                            | 44 (17,6%) | 8 (3,2%)         |                                           |                                                                  |

\* Ocena w skali 9-stopniowej (9 — odporny, 1 — wrażliwy); Assessment on 9- score scale: 9 — resistant, 1 — susceptible

\*\* Klasy: 7–9 — odporne, 5–6 — średnio wrażliwe, 4 i ≤ wrażliwe; Classes: 7–9 — resistant, 5–6 — moderately susceptible, 4 and ≤ susceptible

Analizując wyniki nasilenia rdzy brunatnej w obydwu miejscowościach można stwierdzić, że istotny wpływ na stopień porażenia miała przeprowadzona w Grodkowicach sztuczna inokulacja. W 2008 i 2009 roku stopień porażenia, a także zróżnicowanie pomiędzy rodami było porównywalne w obydwu miejscowościach, ale za to w latach 2011 i 2012 wyraźnie zaznaczył się jej korzystny wpływ na rozwój choroby. Oczywiście nie bez znaczenia są tutaj również sprzyjające warunki środowiskowe takie jak: wysoka temperatura, umiarkowane opady deszczu, a także wykonany w odpowiednim terminie zabieg inokulacji (McIntosh i in., 1995). W tym okresie w Krzeczowicach obserwowano późniejsze pojawienie się objawów porażenia przez *Puccinia triticina*. Prawdopodobnie mogło być to związane z niesprzyjającymi warunkami klimatycznymi.

Jedynie w 2010 roku notowano sytuację odwrotną. A mianowicie w Grodkowicach pomimo zastosowanej sztucznej inokulacji nie zanotowano zróżnicowanej reakcji na

porażenie przez *Puccinia triticina*. Prawdopodobnie niska temperatura powietrza, intensywne opady deszczu w maju i czerwcu powodujące splukiwanie zarodników z powierzchni blaszki liściowej, przyczyniły się do ograniczenia stopnia rozwoju choroby.

Wyniki polowej oceny porażenia pszenżyta przez *Blumeria graminis* wskazują, że w Grodkowicach 85,6% form charakteryzowało się niskim porażeniem. Liczba silnie porażonych była niewielka. Zaobserwowano zróżnicowanie między rodami (CV%) w zakresie 7,4–22,9% (tab. 4).

Tabela 4

**Reakcja perspektywicznych rodów pszenżyta na porażenie mączniakiem prawdziwym w warunkach polowych w Grodkowicach i Krzeczowicach w latach 2008–2012**  
**Reaction of prospective triticale breeding lines to powdery mildew in field in Grodkowice and Krzeczowice in 2008–2012**

| Lata<br>Years | Liczba<br>rodów<br>Number of<br>breeding<br>lines | Liczba rodów* w klasach** porażenia<br>Number of breeding lines in classes of infection |            |                  | Zakres porażenia<br>Range of<br>infection | Współczynnik<br>zmienności (CV)<br>Coefficient of<br>variability |
|---------------|---------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------|------------|------------------|-------------------------------------------|------------------------------------------------------------------|
|               |                                                   | 7–9                                                                                     | 5–6        | 4 i ≤<br>4 and ≤ |                                           |                                                                  |
| Grodkowice    |                                                   |                                                                                         |            |                  |                                           |                                                                  |
| 2008          | 54                                                | 52                                                                                      | 2          | 0                | 6–9                                       | 8,0                                                              |
| 2009          | 58                                                | 58                                                                                      | 0          | 0                | 7–9                                       | 7,4                                                              |
| 2010          | 55                                                | 33                                                                                      | 19         | 3                | 3–9                                       | 22,9                                                             |
| 2011          | 33                                                | 31                                                                                      | 2          | 0                | 6–9                                       | 10,5                                                             |
| 2012          | 50                                                | 40                                                                                      | 10         | 0                | 6–9                                       | 14,4                                                             |
| Ogółem        | 250                                               | 214 (85,6%)                                                                             | 33 (13,2%) | 3 (1,2%)         |                                           |                                                                  |
| Krzeczowice   |                                                   |                                                                                         |            |                  |                                           |                                                                  |
| 2008          | 54                                                | 30                                                                                      | 21         | 3                | 4–9                                       | 22,7                                                             |
| 2009          | 58                                                | 52                                                                                      | 6          | 0                | 6–9                                       | 12,5                                                             |
| 2010          | 55                                                | 30                                                                                      | 19         | 6                | 4–9                                       | 27,7                                                             |
| 2011          | 33                                                | 26                                                                                      | 7          | 0                | 6–9                                       | 14,2                                                             |
| 2012          | 50                                                | 21                                                                                      | 29         | 0                | 5–9                                       | 22,0                                                             |
| Ogółem        | 250                                               | 159 (63,6%)                                                                             | 82 (32,8%) | 9 (3,6%)         |                                           |                                                                  |

\* Ocena w skali 9-stopniowej (9 – odporny, 1 – wrażliwy); Assessment on 9 score scale: 9 — resistant, 1 — susceptible

\*\* Klasy: 7–9 — odporne, 5–6 — średnio wrażliwe, 4 i ≤ wrażliwe; Classes: 7–9 — resistant, 5–6 — moderate susceptible, 4 and ≤ susceptible

Ocenę porażenia rodów pszenżyta w Krzeczowicach ilustruje tabela 4. Słabym porażeniem charakteryzowało się 63,6%, natomiast 3,6% było silnie porażonych. Zakres zróżnicowania wyniósł 12,5–27,7%.

Analizując uzyskane wyniki porażenia przez *Blumeria graminis* w warunkach polowych można stwierdzić, że w Krzeczowicach, ze względu na bardziej sprzyjające warunki klimatyczne dla rozwoju patogena, porażenie i zróżnicowanie wśród badanych form pszenżyta było większe niż w Grodkowicach. Szczególnie wyraźnie zostało to zaznaczone w latach 2008 i 2012. W 2010 roku w obydwu miejscowościach porażenie rodów mączniakiem było na porównywalnym poziomie. Co pozwala przypuszczać, że tym okresie warunki klimatyczne zarówno w Krzeczowicach, jak i Grodkowicach sprzyjały rozwojowi patogena. W pozostałych latach nasilenie występowania mączniaka było niewielkie.

Warto zaznaczyć, że wśród badanych form pszenżyta dominowały rody o słabym porażeniu w skali 7–9. Zanotowano tylko niewielki procent roślin charakteryzujących się wysokim porażeniem w skali 4 i > zarówno rdzą brunatną jak i mączniakiem (tab. 3 i 4). Może to świadczyć o skuteczności selekcji, przy wyborze tych form do wstępnych badań hodowlanych.

Niewielki procent rodów pszenżyta, które wykazywały wysoki poziom porażenia w swoich pracach odnotowali również: Wakuliński i in. (2007), Cichy i Olejniczak (2010) w przypadku mączniaka prawdziwego, a także Bobrecka-Jamro i in. (2010) w przypadku rdzy brunatnej i mączniaka prawdziwego. Ponadto Wakuliński i in. (2007), a także Cichy i Olejniczak (2010) zwrócili uwagę na fakt, iż zdecydowanie większe porażenie form pszenżyta przez *Blumeria graminis* obserwowano w warunkach szklarniowych niż w polu. Podobne rezultaty odnotowano w prezentowanej pracy.

Spośród odmian wzorcowych jedynie odmiana Moderato odznaczała się odpornością w stopniu 9 na rdzę brunatną w polu. Zaś odmiana Grenado odpornością na mączniaka w obydwu stadiach rozwoju (w stopniu 9 w fazie rośliny dorosłej i 0 w stadium siewki w szklarni).

Tabela 5

**Liczba perspektywicznych rodów pszenżyta odpornych (w skali 7–9) w stadium rośliny dorosłej, a także w obydwu stadiach rozwoju w latach 2008–2012**  
**Number of prospective resistance tritcale breeding lines at adult plant stage and both stages, in Grodkowice and Krzczowice in 2008–2012**

| Lata<br>Years                                            | Liczba rodów<br>Number of<br>breeding lines | Liczba rodów odpornych<br>Number of resistant breeding lines |                                            |
|----------------------------------------------------------|---------------------------------------------|--------------------------------------------------------------|--------------------------------------------|
|                                                          |                                             | w stadium rośliny dorosłej — at adult plant stage            | w obydwu stadiach rozwoju — at both stages |
| Rdza brunatna — Leaf rust                                |                                             |                                                              |                                            |
| 2008                                                     | 54                                          | 29                                                           | 8                                          |
| 2009                                                     | 58                                          | 34                                                           | 14                                         |
| 2010                                                     | 55                                          | 41                                                           | 8                                          |
| 2011                                                     | 33                                          | 11                                                           | 2                                          |
| 2012                                                     | 50                                          | 11                                                           | 7                                          |
| Ogółem<br>Total                                          | 250                                         | 126                                                          | 39                                         |
| Mączniak prawdziwy — Powdery mildew                      |                                             |                                                              |                                            |
| 2008                                                     | 54                                          | 23                                                           | 11                                         |
| 2009                                                     | 58                                          | 51                                                           | 1                                          |
| 2010                                                     | 55                                          | 24                                                           | 8                                          |
| 2011                                                     | 33                                          | 24                                                           | 5                                          |
| 2012                                                     | 50                                          | 20                                                           | 8                                          |
| Ogółem<br>Total                                          | 250                                         | 142                                                          | 33                                         |
| Odporne na obydwa patogeny — Resistant to both pathogens |                                             |                                                              |                                            |
| 2008                                                     | 54                                          | 13                                                           | 1                                          |
| 2009                                                     | 58                                          | 21                                                           | 0                                          |
| 2010                                                     | 55                                          | 20                                                           | 2                                          |
| 2011                                                     | 33                                          | 8                                                            | 1                                          |
| 2012                                                     | 50                                          | 4                                                            | 1                                          |
| Ogółem<br>Total                                          | 250                                         | 66                                                           | 5                                          |

Wzorcami wrażliwości w prezentowanych badaniach były odmiany Lamberto i Marko. Obydwie były porażone rdzą brunatną w zakresie 2–4 w latach 2008–2012. W przypadku porażenia mączniakiem odmiana Lamberto odznaczała się zdecydowanie większą wrażliwością (w zakresie 2–4) niż odmiana Marko (w zakresie 6–8). Warto zaznaczyć, że odmiana Lamberto do 2003 roku była w pełni odporna na mączniaka. W 2004 roku w krajowej populacji pojawiły się rasy *Blumeria graminis* wirulentne wobec genów odporności zlokalizowanych w jej genomie (Strzembicka, 2007). Obecnie odmiana Lamberto jest wysoce wrażliwa na mączniaka.

Przeprowadzone badania umożliwiły wytypowanie genotypów charakteryzujących się wysoką odpornością na rdzę brunatną i mączniaka w obydwu miejscowościach. Jak wynika z tabeli 5, spośród 250 badanych form pszenżyta udało się wyodrębnić 126, które charakteryzowały się wysoką odpornością polową w skali 7–9 na porażenie przez *Puccinia triticina*, wśród nich 39 było odpornych w obydwu stadiach rozwoju. Natomiast wysoką odpornością polową na *Blumeria graminis* w obydwu miejscowościach odznaczały się 142 genotypy pszenżyta, spośród nich 33 były odporne w obydwu stadiach rozwoju. Warto zaznaczyć, że z grupy 250 badanych form pszenżyta udało się wybrać 66 genotypów charakteryzujących się wysoką odpornością polową na obydwa patogeny, wśród nich znalazło się 5 rodów odznaczających się wysoką odpornością na porażenie w obydwu stadiach rozwoju.

Na podstawie uzyskanych wyników spośród 66 wspomnianych wyżej genotypów dokonano wyboru 11 form, które charakteryzowały się wysoką polową odpornością na rdzę brunatną i mączniaka przez okres 2–3 lat. Wymienione genotypy zostały ponownie wysiane w doświadczeniu w Grodkowicach i Krzeczowicach celem sprawdzenia, czy ich odporność jest trwała w czasie, stabilna i efektywna w różnych środowiskach.

#### WNIOSKI

1. Badania genotypów pszenżyta ozimego pod względem porażenia przez *Puccinia triticina* i *Blumeria graminis* w fazie siewki i w stadium rośliny dorosłej w warunkach wspomaganej inokulacji oraz naturalnej inokulacji umożliwiły dokładniejszą ocenę poziomu odporności poszczególnych form.
2. Genotypy pszenżyta o wysokiej odporności w obydwu stadiach rozwoju rośliny, a także w stadium rośliny dorosłej mogą stanowić interesujący materiał jako źródła odporności na rdzę brunatną *Puccinia triticina* i mączniaka prawdziwego *Blumeria graminis*.
3. Wykonane badania potwierdzają, że zarówno rdza brunatna jak i mączniak prawdziwy występują na pszenżycie corocznie z mniejszym lub większym nasileniem w zależności od warunków pogodowych.

LITERATURA

- Arseniuk E., Czembor H. J. 1991. Triticale diseases in Central Poland in 1991. *Triticale Topic* 7, October 1991: 2 — 4.
- Arseniuk E., Oleksiak T., Strzembicka A., Reszka E., Poznań W. 2006. Occurrence and relative importance of triticale diseases in Poland. 6th International Triticale Symposium. Stellenbosch, South Africa, 3–7 September 2006, Programme and Abstracts, 22 pp.
- Bobrecka-Jamro D., Szpunar-Krok E., Błażej J., Pisarek M. 2010. Podatność rodów pszenżyta ozimego na porażenie przez wybrane patogeny i żerowanie skrzypionek (*Oulema* spp.). *Postępy w Ochronie Roślin* 50 (4): 1673 — 1678.
- Cichy H., Olejniczak J. 2010. Podatność pszenżyta ozimego na mączniaka zbóż w warunkach polowych i szklarniowych. *Postępy w Ochronie Roślin* 50 (4): 1779 — 1784.
- Czajowski G., Strzembicka A., Karska K. 2011. Wirulencja populacji *Puccinia triticea* sprawcy rdzy brunatnej pszenicy i pszenżyta w Polsce w latach 2008–2010. *Biul. IHAR* 260/261: 145 — 153.
- Filoda G. 2009. Zagrożenie upraw pszenżyta ozimego przez rdze. *Postępy w Ochronie Roślin* 49 (2): 623 — 626.
- Hanzalova A., Bartoś P. 2011. Resistance of triticale to wheat leaf rust (*Puccinia triticea*). *Czech J. Genet. Plant Breed.* 47 (1): 10 — 16.
- Hiura U. 1960. Genetics of the resistance to powdery mildew. Studies on the disease — resistance in barley IV. *Berichte des Ohara Instituts für landwirtschaftliche Biologie* Bd. XI, Heft 3, March: 235 — 300.
- McIntosh R. A., Wellings C. R., Park R. F. 1995. Wheat rusts: an atlas of resistance genes. CSIRO. Australia. Kluwer Acad. Publ., Dordrecht: 200 pp.
- Roelfs A. P., Singh R. O., Saari E. E. 1992. Rust Disease of wheat. Concepts and methods of disease management. CIMMYT Mexico: 81 pp.
- Strzembicka A., Węgrzyn S., Grzesik H. 1998. Ocena rodów hodowlanych pszenżyta pod względem odporności na rdzę brunatną (*Puccinia recondita* f. sp. *tritici*). *Biul. IHAR* 205/206: 273 — 277.
- Strzembicka A. 2007. Występowanie mączniaka prawdziwego (*Blumeria graminis* sp.) na pszenżycie w Polsce. Konferencja Naukowa „Nauka dla hodowli roślin uprawnych”, Zakopane, streszczenia: 42.
- Wakuliński W., Zamorski Cz., Nowicki B. 2007. Podatność odmian i linii hodowlanych pszenżyta na porażenie przez *Blumeria graminis* (DC) Speer. *Postępy w Ochronie Roślin* 47 (2): 361 — 365.



**IRENA KOLASIŃSKA<sup>1</sup>****JACEK JAGODZIŃSKI<sup>1</sup>****WALDEMAR BRUKWIŃSKI<sup>2</sup>****KATARZYNA BANASZAK<sup>2</sup>****RENATA KRYSZTOFIK<sup>2</sup>****MICHAŁ MATERKA<sup>3</sup>**<sup>1</sup> Zakład Genetyki i Hodowli Roślin Instytut Hodowli i Aklimatyzacji Roślin — PIB<sup>2</sup> Danko Hodowla Roślin Sp. z o.o.<sup>3</sup> Poznańska Hodowla Roślin Sp. z o.o.

## Identyfikacja wartościowych komponentów rodzicielskich do tworzenia mieszańców żyta

### Identification of valuable parental components for creation of rye hybrids

Badano zdolność kombinacyjną 16 nowo wytworzonych komponentów matecznych (CMS-SC) oraz pięciu wybranych komponentów ojcowskich (Syn-R) pod względem ważnych cech agronomicznych w zróżnicowanych warunkach środowiska. Komponenty rodzicielskie zostały wyhodowane w firmach hodowlanych: Danko Hodowla Roślin Sp. z o.o., Poznańska Hodowla Roślin Sp. z o.o. i Hodowla Roślin Smolice Sp. z o.o. Krzyżowanie komponentów matecznych z ojcowskimi wykonano w układzie czynnikowym na polach przestrzennie izolowanych. W sezonie 2011/2012 oceniono ogółem 80 mieszańców eksperymentalnych typu CMS-SC×Syn-R w doświadczeniach polowych przeprowadzonych w 3 miejscowościach i w 3 powtórzeniach (wielkość poletka — 5 m<sup>2</sup>, gęstość siewu — 250 kielkujących ziaren/m<sup>2</sup>). Analizowano następujące cechy: plon ziarna, masa 1000 ziaren, wysokość roślin, wczesność kłoszenia, intensywność pylenia, porażenie rdzą brunatną i mączniakiem, stopień wylegania. Obliczenia statystyczne wykonano za pomocą programu komputerowego Eksplan. Przeprowadzono analizę wariancji zdolności kombinacyjnej, oszacowano efekty ogólnej zdolności kombinacyjnej rodziców (GCA) i swoistej zdolności kombinacyjnej par rodzicielskich (SCA) oraz ich współdziałanie ze środowiskiem. Analiza wariancji wykazała istotne zróżnicowanie mieszańców pod względem prawie wszystkich cech agronomicznych. Stwierdzono istotną zmienność ogólnej zdolności kombinacyjnej komponentów matecznych i ojcowskich dla większości cech. Zmienność swoistej zdolności kombinacyjnej okazała się istotna tylko dla wczesności kłoszenia i intensywności pylenia w niektórych doświadczeniach. Wyodrębniono komponenty mateczne i ojcowskie o wysokiej i stabilnej ogólnej zdolności kombinacyjnej dla plonu i innych cech agronomicznych, które mogą być wykorzystane w hodowli odmian mieszańcowych żyta.

**Słowa kluczowe:** hodowla odmian mieszańcowych, zdolność kombinacyjna, żyto

General combining ability (GCA) of several female and five male components for rye hybrids and specific combining ability (SCA) of parental pairs were determined. Parental components were created in three plant breeding companies: Danko Plant Breeders Ltd., Poznan Plant Breeders Ltd. and Smolice Plant Breeding Ltd. Two sets of hybrids (D01\_12 and D02\_12) were produced by crossing eight female components (single male sterile hybrids) with the same five male components in spatially isolated fields. In the season 2011/2012 rye hybrids were evaluated in field trials (3 locations, 3 replicates, plot size - 5m<sup>2</sup>, sowing density — 250 viable kernels/m<sup>2</sup>). The following traits were assessed: grain yield, 1000 grain weight, plant height, heading date, pollen shedding, resistance to powdery mildew, brown rust and lodging. Statistical analyses were made with the Eksplan computer package. Significant variation was found among experimental hybrids for almost all the studied traits. General combining ability of both females and males differed significantly for majority of the traits in the experiments. Significant variation in the specific combining ability was detected only for the heading date and pollen shedding. The tests allowed to select female and male components with significant favourable GCA effects for utilization in rye hybrid breeding.

**Key words:** combining ability, hybrid breeding, rye

## WSTĘP

W programie hodowli odmian mieszańcowych żyta istnieje konieczność wyprowadzenia dużej liczby linii wsobnych i ich męskosterylnych analogów, a następnie tworzenia licznych komponentów matecznych oraz wyprowadzania linii przywracających męską płodność i tworzenia licznych komponentów ojcowskich. Następnie w wyniku krzyżowania komponentów matecznych z ojcowskimi jest wytwarzana duża liczba kombinacji mieszańcowych, które są oceniane w doświadczeniach prowadzonych w zróżnicowanych warunkach środowiskach. Zastosowanie skutecznych metod identyfikacji wartościowych kombinacji rodzicielskich pozwala na zwiększenie efektywności i obniżenie kosztów programu hodowlanego. Tradycyjną metodą jest ocena zdolności kombinacyjnej, umożliwiająca identyfikację genotypów wyróżniających się zdolnością przekazywania korzystnych cech potomstwu. Znajomość zdolności kombinacyjnej dużej liczby genotypów żyta wytworzonych w puli matecznej i ojcowskiej umożliwia przewidywanie wartości ich potomstwa oraz wytworzenie kombinacji mieszańcowych o pożądanych cechach użytkowych. Określenie udziału ogólnej zdolności kombinacyjnej (GCA) form rodzicielskich i swoistej zdolności kombinacyjnej (SCA) par rodzicielskich w zmienności genetycznej mieszańców wskazuje ponadto na sposób genetycznego uwarunkowania cech ilościowych. W literaturze nie ma jednoznacznych poglądów o udziale ogólnej zdolności kombinacyjnej (GCA) form rodzicielskich i swoistej zdolności kombinacyjnej (SCA) par rodzicielskich w zmienności genetycznej mieszańców żyta. Nieliczne i niepełne są opracowania dotyczące zdolności kombinacyjnej form żyta posiadających sterylizującą cytoplazmę Pampa.

Celem badań było określenie zdolności kombinacyjnej nowo wytworzonych komponentów matecznych (CMS-SC) oraz wybranych komponentów ojcowskich (Syn-R) pod względem ważnych cech agronomicznych w zróżnicowanych warunkach środowiska.

## MATERIAŁ I METODY

Materiał badań stanowiło 80 mieszańców eksperymentalnych żyta uzyskanych w wyniku krzyżowania w układzie czynnikowym 16 nowo wytworzonych komponentów matecznych z 5 wybranymi populacjami ojcowskimi. Komponenty rodzicielskie tych mieszańców zostały wyhodowane w firmach hodowlanych: Danko Hodowla Roślin Sp. z o.o., Poznańska Hodowla Roślin Sp. z o.o. i Hodowla Roślin Smolice Sp. z o.o. Komponenty mateczne, czyli męskosterylne mieszańce pojedyncze (CMS-SC), wytworzono w wyniku krzyżowania linii męskosterylnych w cytoplazmie Pampa (linie P) z liniami dopełniającymi (linie N). Komponentami ojcowskimi były populacje syntetyczne przywracające męską płodność (Syn-R) uzyskane poprzez krzyżowanie linii restorerów. W sezonie wegetacyjnym 2010/2011 wytworzono dwie grupy mieszańców (D01\_12 i D02\_12) w wyniku krzyżowania komponentów matecznych z ojcowskimi na polach przestrzennie izolowanych, zlokalizowanych w tych trzech firmach hodowlanych. Pierwszą grupę (D01\_12) stanowiło 40 mieszańców pochodzących z krzyżowania ośmiu CMS-SC (WSIN 32, 33, 34, 35, 37, 38, 39, WCSIN 308) z pięcioma Syn-R (SR13, WM19R, 19R, 22R, 24R). Drugą grupę mieszańców (D02\_12) uzyskano poprzez krzyżowanie dalszych ośmiu CMS-SC (LSIN 40, WCSIN 291, 289, 306, 317, 319, WNSIN 0932 i 0929) z tymi samymi populacjami ojcowskimi.

W sezonie 2011/2012 badano mieszańce pierwszej grupy w doświadczeniach przeprowadzonych w Choryni (CHD), Nagradowicach (NAD) i Radzikowie (RAH), a mieszańce grupy D02\_12 w doświadczeniach zlokalizowanych w Laskach (LAD), Radzikowie (RAH) i Wierzenicy (WID). Wszystkie doświadczenia polowe zostały założone metodą bloków niekompletnych w 3 powtórzeniach. Wielkość poletka wynosiła 5 m<sup>2</sup>, a gęstość siewu 250 kiełkujących ziaren/m<sup>2</sup>. Oceniono następujące cechy: plon ziarna, masa 1000 ziaren, wysokość roślin, wczesność kłoszenia mierzona liczbą dni od 1.05 do początku kłoszenia roślin, intensywność pylenia, porażenie rdzą brunatną i wyleganie. Trzy ostatnie cechy oznaczono w skali 1–9°, przy czym 9° — oznacza zjawisko najkorzystniejsze. Wszystkie cechy oznaczono w trzech powtórzeniach w każdej miejscowości. Obliczenia statystyczne, wykonane za pomocą programu komputerowego Eksplan, obejmowały: analizę wariancji, analizę zdolności kombinacyjnej, oszacowanie efektów ogólnej zdolności kombinacyjnej rodziców (GCA), oszacowanie efektów swoistej zdolności kombinacyjnej par rodzicielskich (SCA) oraz określenie wielkości i istotności interakcji czynników głównych ze środowiskiem (Krajewski i in., 2006; Mądry i in., 2010).

## WYNIKI

Analiza statystyczna wykazała istotne zróżnicowanie mieszańców żyta pierwszej grupy (D01\_12) pod względem wszystkich cech agronomicznych w doświadczeniach przeprowadzonych we wszystkich miejscowościach (tab. 1). Mieszańce żyta grupy D02\_12 istotnie różniły się pod względem analizowanych cech w większości miejscowości (tab. 2). W doświadczeniu przeprowadzonym w Wierzenicy stwierdzono bowiem nieistotną zmienność mieszańców pod względem plonu ziarna, wysokości roślin i

wylęgania. Komponenty mateczne pierwszej grupy (D01\_12) istotnie różniły się ogólną zdolnością kombinacyjną pod względem wszystkich cech z wyjątkiem kłoszenia w Wierzenicy.

Tabela 1

**Średnie kwadraty z analizy wariancji mieszańców żyta (D01\_12) ocenianych w doświadczeniach przeprowadzonych w Choryni (CHD), NAGRADOWICACH (NAD) i RADZIKOWIE (RAH)**  
**Mean squares from the analysis of variance of rye hybrids (D01\_12) evaluated in the experiments located in Choryń (CHD), NAGRADOWICE (NAD), RADZIKÓW (RAH)**

| Źródło zmienności<br>Source of variation | St. sw.<br>Df | Plon<br>Yield |         |         | Kłoszenie<br>Heading |        |        | Pylenie<br>Pollen shedding |         |        | Wysokość<br>Height |        |         |
|------------------------------------------|---------------|---------------|---------|---------|----------------------|--------|--------|----------------------------|---------|--------|--------------------|--------|---------|
|                                          |               | CHD           | NAD     | RAH     | CHD                  | NAD    | RAH    | CHD                        | NAD     | RAH    | CHD                | NAD    | RAH     |
| Bloki<br>Blocks                          | 17            | 247,9         | 160,6   | 61,86   | 0,85                 | 1,15   | 1,53   | 1,75                       | 1,58    | 0,34   | 32,4               | 64,09  | 26,19   |
| Mieszańce<br>Hybrids                     | 39            | 87,7**        | 124,1** | 94,9**  | 1,62**               | 1,08** | 2,11** | 3,22**                     | 3,14**  | 0,87** | 32,5**             | 32,1** | 35,7**  |
| GCA matek<br>GCA of females              | 7             | 116,9**       | 194,6** | 71,9**  | 4,51**               | 0,90   | 4,92** | 5,38**                     | 3,30**  | 0,42*  | 92,4**             | 85,9** | 101,6** |
| GCA ojców<br>GCA of males                | 4             | 350,7**       | 303,9** | 614,2** | 3,94**               | 2,34** | 4,41** | 14,61**                    | 10,01** | 4,83** | 100,6**            | 63,2** | 110,3** |
| SCA<br>SCA                               | 28            | 21,1          | 30,3    | 21,8    | 0,42**               | 0,38   | 0,81** | 0,41                       | 0,88**  | 0,40** | 5,69               | 14,3** | 8,93    |
| Błąd<br>Error                            | 67            | 26,1          | 27,1    | 16,5    | 0,20                 | 0,46   | 0,27   | 0,36                       | 0,40    | 0,16   | 3,81               | 5,71   | 8,72    |

| Źródło zmienności<br>Source of variation | St. sw.<br>Df | Mączniak<br>Powdery mildew |        |        | Rdza brunatna<br>Brown rust |        | Wyleganie<br>Lodging |        |         | Masa 1000 ziaren<br>1000 grain weight |        |         |
|------------------------------------------|---------------|----------------------------|--------|--------|-----------------------------|--------|----------------------|--------|---------|---------------------------------------|--------|---------|
|                                          |               | CHD                        | NAD    | RAH    | CHD                         | RAH    | CHD                  | NAD    | RAH     | CHD                                   | NAD    | RAH     |
| Bloki<br>Blocks                          | 17            | 2,35                       | 0,83   | 1,58   | 2,27                        | 0,83   | 2,56                 | 2,64   | 5,32    | 5,75                                  | 6,83   | 10,65   |
| Mieszańce<br>Hybrids                     | 39            | 2,74**                     | 1,12** | 3,32** | 1,06**                      | 1,11** | 1,53**               | 2,22** | 3,97**  | 69,5**                                | 7,17*  | 4,16**  |
| GCA matek<br>GCA of females              | 7             | 4,94**                     | 2,02** | 4,96** | 1,50**                      | 1,22** | 5,82**               | 4,57** | 14,57** | 12,8**                                | 10,6*  | 3,65**  |
| GCA ojców<br>GCA of males                | 4             | 9,71**                     | 3,17** | 7,03** | 4,02**                      | 3,15** | 0,65                 | 4,99** | 6,31**  | 19,0**                                | 18,4** | 19,47** |
| SCA<br>SCA                               | 28            | 0,65                       | 0,71   | 2,45** | 0,30                        | 0,79** | 0,62                 | 0,68   | 1,02    | 2,69                                  | 5,08   | 1,26    |
| Błąd<br>Error                            | 67            | 0,57                       | 0,45   | 0,37   | 0,22                        | 0,16   | 0,64                 | 0,70   | 0,76    | 3,25                                  | 4,04   | 0,81    |

\*, \*\* Istotne odpowiednio na poziomie  $\alpha = 0,05$  i  $\alpha = 0,01$

\*, \*\* Significant at the 0.05 and 0.01 probability levels, respectively

Wśród drugiej grupy komponentów matecznych (D02\_12) wykazano istotną zmienność ogólnej zdolności kombinacyjnej dla większości cech agronomicznych. Nieistotną zmienność GCA stwierdzono w doświadczeniu przeprowadzonym w Wierzenicy w odniesieniu do plonu ziarna, wysokości roślin i masy 1000 ziaren. Oszacowane średnie

efekty GCA obu grup komponentów matecznych (D01\_12 i D02\_12) w poszczególnych doświadczeniach przedstawiono odpowiednio w tabelach 3 i 4.

Tabela 2

**Średnie kwadraty z analizy wariancji mieszańców żyta (D02\_12) ocenianych w doświadczeniach przeprowadzonych w Laskach (LAD), Radzikowie (RAH) i Wierzenicy (WID)**  
**Mean squares from the analysis of variance of rye hybrids (D02\_12) evaluated in the experiments located in Laski (LAD), Radzików (RAH), Wierzenica (WID)**

| Źródło zmienności<br>Source of variation | St. sw.<br>Df | Plon<br>Yield |         |       | Kłoszenie<br>Heading |        |        | Pylenie<br>Pollen shedding |        |        | Wysokość<br>Height |         |       |
|------------------------------------------|---------------|---------------|---------|-------|----------------------|--------|--------|----------------------------|--------|--------|--------------------|---------|-------|
|                                          |               | LAD           | RAH     | WID   | LAD                  | RAH    | WID    | LAD                        | RAH    | WID    | LAD                | RAH     | WID   |
| Bloki<br>Blocks                          | 17            | 187,3         | 142,3   | 144,8 | 0,43                 | 1,35   | 1,15   | 0,76                       | 0,66   | 1,06   | 64,62              | 135,7   | 305,1 |
| Mieszańce<br>Hybrids                     | 38            | 85,0**        | 151,2** | 58,9  | 0,96**               | 2,09** | 1,87** | 1,51**                     | 1,01** | 1,54** | 78,9**             | 37,2*   | 97,1  |
| GCA matek<br>GCA of females              | 7             | 196,7**       | 128,8** | 81,3  | 1,71**               | 5,58** | 2,74** | 0,55                       | 1,43** | 1,83** | 316,6**            | 116,3** | 130,4 |
| GCA ojców<br>GCA of males                | 4             | 206,0**       | 950,0** | 22,6  | 2,40**               | 4,84** | 3,44** | 8,66**                     | 3,08** | 5,29** | 176,5**            | 80,4**  | 116,9 |
| SCA<br>SCA                               | 28            | 14,8*         | 30,03   | 61,1  | 0,44*                | 0,52   | 0,49** | 0,53                       | 0,60** | 0,23   | 9,94               | 13,9    | 90,8  |
| Błąd<br>Error                            | 67            | 8,15          | 26,39   | 44,8  | 0,25                 | 0,37   | 0,23   | 0,42                       | 0,16   | 0,18   | 8,74               | 20,6    | 114,3 |

| Źródło zmienności<br>Source of variation | St. sw.<br>Df | Mączniak<br>Powdery mildew |        | Rdza brunatna<br>Brown rust |        |        | Wyleganie<br>Lodging |        |       | Masa 1000 ziaren<br>1000 grain weight |        |       |
|------------------------------------------|---------------|----------------------------|--------|-----------------------------|--------|--------|----------------------|--------|-------|---------------------------------------|--------|-------|
|                                          |               | RAH                        | WID    | LAD                         | RAH    | WID    | LAD                  | RAH    | WID   | LAD                                   | RAH    | WID   |
| Bloki<br>Blocks                          | 17            | 1,57                       | 2,32   | 7,58                        | 0,51   | 2,83   | 1,66                 | 15,35  | 2,58  | 6,39                                  | 17,0   | 7,14  |
| Mieszańce<br>Hybrids                     | 38            | 3,70**                     | 2,18** | 3,41**                      | 0,84** | 1,02** | 1,87**               | 6,88** | 1,46  | 5,51**                                | 3,29** | 3,90* |
| GCA matek<br>GCA of females              | 7             | 8,45**                     | 4,31** | 6,47**                      | 0,90** | 1,76** | 7,0**                | 31,1** | 2,91* | 9,80**                                | 5,19** | 3,03  |
| GCA ojców<br>GCA of males                | 4             | 6,19**                     | 9,14** | 8,59**                      | 2,15** | 4,06** | 3,02**               | 5,37*  | 1,69  | 16,74**                               | 5,58** | 6,32* |
| SCA<br>SCA                               | 28            | 2,16**                     | 0,72   | 1,0                         | 0,69** | 0,34   | 0,36                 | 1,0    | 1,15  | 1,49                                  | 0,90   | 3,05  |
| Błąd<br>Error                            | 67            | 0,39                       | 0,64   | 0,93                        | 0,17   | 0,47   | 0,50                 | 1,65   | 1,12  | 1,52                                  | 0,99   | 2,42  |

\*, \*\* Istotne odpowiednio na poziomie  $\alpha = 0,05$  i  $\alpha = 0,01$

\*, \*\* Significant at the 0.05 and 0.01 probability levels, respectively

Wśród komponentów matecznych pierwszej grupy (D01\_12) na uwagę zasługuje WSIN 33, który przekazał potomstwu wysoką zdolność plonowania z jednoczesnym obniżeniem porażenia mączniakiem (istotny dodatni efekt GCA) (tab. 3). Pozostałe cechy jego półrodzeństwa były zbliżone (różnice nieistotne) do średniej ogólnej kombinacji w wykonanym układzie krzyżowania. Stwierdzono jednak istotną interakcję zdolności kombinacyjnej tego komponentu matecznego ze środowiskiem dla większości badanych

cech. Brak istotnej interakcji miał miejsce tylko dla takich cech jak: plon ziarna, porażenie mączniakiem i masa 1000 ziaren. Zdecydowana większość komponentów matecznych drugiej grupy (D02\_12) wykazała nieistotnie różne od zera efekty GCA dla analizowanych cech agronomicznych (tab. 4).

Tabela 3

Średnie efekty GCA komponentów matecznych pierwszej grupy (D01\_12)  
Mean GCA effects of female components of the D01\_12 group

| Komponent mateczny<br>Female component | Plon<br>Yield | Wysokość<br>Height | Kłoszenie<br>Heading | Pylenie<br>Pollen shedding | Mączniak<br>Powdery mildew | Rdza brunatna<br>Brown rust | Wyleganie<br>Lodging | Masa 1000 ziaren<br>1000-grain weight |
|----------------------------------------|---------------|--------------------|----------------------|----------------------------|----------------------------|-----------------------------|----------------------|---------------------------------------|
| WSIN_33                                | 4,44*         | <b>-1,32</b>       | <b>-0,51</b>         | <b>-0,70</b>               | 0,81*                      | <b>-0,37</b>                | <b>-1,28</b>         | -1,05                                 |
| WSIN_32                                | 2,05          | 2,66**             | 0,40*                | -0,32*                     | <b>0,47</b>                | 0,11                        | -0,18                | -0,20                                 |
| WSIN_34                                | <b>0,40</b>   | <b>-2,05</b>       | -0,18                | <b>0,54</b>                | 0,07                       | <b>-0,08</b>                | -0,57**              | -0,25                                 |
| WSIN_37                                | -0,57         | <b>1,06</b>        | <b>-0,43</b>         | <b>0,48</b>                | <b>-0,29</b>               | 0,24                        | 0,40                 | 0,43                                  |
| WCSIN_308                              | -0,88         | -2,93*             | <b>0,18</b>          | 0,05                       | 0,07                       | <b>-0,40</b>                | -0,12                | -0,20                                 |
| WSIN_35                                | -1,29         | -0,90              | <b>0,69</b>          | 0,09                       | -0,07                      | -0,07                       | 0,32                 | 0,60                                  |
| WSIN_39                                | <b>-1,48</b>  | -0,87              | <b>-0,49</b>         | -0,21                      | -0,48*                     | 0,14                        | <b>0,35</b>          | -0,63                                 |
| WSIN_38                                | <b>-2,67</b>  | 4,34*              | 0,34                 | 0,08                       | <b>-0,57</b>               | 0,44                        | <b>1,09</b>          | 1,29*                                 |

\*, \*\* Istotnie różne od zera odpowiednio na poziomie  $\alpha = 0,05$  i  $0,01$ ; Significantly different from zero at the 0.05 and 0.01 levels of significance, respectively

**Pogrubiona czcionka** — istotna interakcja GCA ze środowiskiem; In bold — significant GCA×environment interaction

Tabela 4

Średnie efekty GCA komponentów matecznych drugiej grupy (D02\_12)  
Mean GCA effects of female components of the D02\_12 group

| Komponent mateczny<br>Female component | Plon<br>Yield | Wysokość<br>Height | Kłoszenie<br>Heading | Pylenie<br>Pollen shedding | Mączniak<br>Powdery mildew | Rdza brunatna<br>Brown rust | Wyleganie<br>Lodging | Masa 1000 ziaren<br>1000-grain weight |
|----------------------------------------|---------------|--------------------|----------------------|----------------------------|----------------------------|-----------------------------|----------------------|---------------------------------------|
| LSIN_40                                | <b>2,70</b>   | 3,72*              | <b>0,16</b>          | 0,19                       | 1,33*                      | <b>0,35</b>                 | <b>-1,40</b>         | -0,09                                 |
| WCSIN_306                              | 2,58          | -0,17              | -0,66**              | 0,36                       | 0,37*                      | -0,29                       | <b>-0,90</b>         | 0,34                                  |
| WCSIN_289                              | <b>0,71</b>   | 2,67               | <b>0,12</b>          | <b>0,12</b>                | -0,65                      | <b>0,81</b>                 | -0,46                | 0,28                                  |
| WCSIN_319                              | <b>-0,21</b>  | -2,60              | <b>-0,39</b>         | -0,34*                     | 0,00                       | -0,05                       | -0,12**              | <b>-0,53</b>                          |
| WCSIN_291                              | -0,23         | 3,30               | <b>-0,12</b>         | 0,18*                      | <b>-0,73</b>               | 0,01                        | 0,54                 | -0,15                                 |
| WNSIN_0932                             | <b>-1,35</b>  | <b>-4,61</b>       | <b>-0,10</b>         | -0,43*                     | -0,26                      | <b>-0,31</b>                | 0,50                 | -0,28                                 |
| WNSIN_0929                             | -1,39         | 0,61               | 0,52*                | -0,17                      | <b>-0,15</b>               | <b>-0,09</b>                | <b>1,06</b>          | 1,09*                                 |
| WCSIN_317                              | -2,82*        | <b>-2,92</b>       | 0,47*                | 0,09*                      | <b>0,08</b>                | -0,44*                      | <b>0,79</b>          | -0,65**                               |

\*, \*\* Istotnie różne od zera odpowiednio na poziomie  $\alpha = 0,05$  i  $0,01$ ; Significantly different from zero at the 0.05 and 0.01 levels of significance, respectively

**Pogrubiona czcionka** — istotna interakcja GCA ze środowiskiem; In bold — significant GCA×environment interaction

Istotną interakcję GCA większości komponentów matecznych ze środowiskiem stwierdzono dla wczesności kłoszenia, plonu ziarna, porażenia rdzą brunatną i stopnia wylegania. Spośród komponentów matecznych tej grupy na uwagę zasługują LSIN 40 i WCSIN 306. Średni plon ziarna mieszańców tych komponentów okazał się wprawdzie nieistotnie większy od średniej wszystkich mieszańców w tym doświadczeniu, ale zostało to spowodowane dużym średnim kwadratem błędu. Analiza statystyczna poszczególnych doświadczeń przeprowadzonych w Laskach i w Radzikowie jednak wykazała, że te

komponenty maceczne mają istotne efekty GCA dla plonu ziarna (szczegółowe wyniki nie zostały zamieszczone w pracy). Ponadto potomstwo obu komponentów wyróżniało się mniejszym porażeniem mączniakiem spośród mieszańców tej grupy. Komponent WCSIN 306 dodatkowo warunkował wczesne kłoszenie swojego potomstwa. Niestety komponent LSIN 40 zwiększył wysokość roślin swoich mieszańców, co mogło spowodować ich większą skłonność do wylegania (nieistotne ujemne efekty GCA) w porównaniu ze średnią wszystkich mieszańców tej grupy.

Populacje ojcowskie wykazały istotne zróżnicowanie ogólnej zdolności kombinacyjnej cech agronomicznych w doświadczeniach prowadzonych we wszystkich lub w prawie wszystkich miejscowościach (tab. 1, tab. 2). Brak istotnej zmienności GCA komponentów ojcowskich stwierdzono tylko dla wylegania w doświadczeniu przeprowadzonym w Choryni i Wierzenicy oraz dla plonu ziarna i wysokości roślin w doświadczeniu przeprowadzonym w Wierzenicy. Jest to wynikiem nieistotnej zmienności mieszańców pod względem tych cech w wymienionych doświadczeniach. Analiza średnich efektów GCA oraz efektów GCA oszacowanych na danych z poszczególnych miejscowości wykazała, że najbardziej wartościowym spośród komponentów ojcowskich był SR 13 (tab. 5).

Tabela 5

**Średnie efekty GCA komponentów ojcowskich oszacowane na podstawie wyników dwóch grup mieszańców D01\_12 i D02\_12**

**Mean GCA effects of male components estimated in two experiments D01\_12 and D02\_12**

| Komponent<br>ojcowski<br>Male component | Plon<br>Yield |              | Wysokość<br>Height |        | Kłoszenie<br>Heading |        | Pylenie<br>Pollen shedding |               |
|-----------------------------------------|---------------|--------------|--------------------|--------|----------------------|--------|----------------------------|---------------|
|                                         | D01_12        | D02_12       | D01_12             | D02_12 | D01_12               | D02_12 | D01_12                     | D02_12        |
| SR13                                    | 7,49**        | <b>4,37</b>  | 2,03**             | 0,21   | -0,17                | 0,26   | 0,48*                      | 0,18*         |
| 19R                                     | -1,43         | 0,18         | <b>-1,84</b>       | -0,85  | 0,41*                | 0,40** | <b>-0,39</b>               | -0,13         |
| 24R                                     | -1,48*        | 1,25*        | 1,03**             | 2,05   | 0,41**               | 0,01   | 0,53*                      | 0,55**        |
| WM19R                                   | -1,73         | <b>-1,47</b> | <b>-1,84</b>       | -3,04* | -0,12                | -0,02  | <b>-0,94*</b>              | <b>-0,79*</b> |
| 22R                                     | <b>-2,85</b>  | <b>-4,34</b> | <b>0,62</b>        | 1,63   | -0,53*               | -0,65* | <b>0,32</b>                | 0,19          |

| Komponent<br>ojcowski<br>Male component | Mączniak<br>Powdery mildew |              | Rdza brunatna<br>Brown rust |              | Wyleganie<br>Lodging |        | Masa 1000 ziaren<br>1000-grain weight |              |
|-----------------------------------------|----------------------------|--------------|-----------------------------|--------------|----------------------|--------|---------------------------------------|--------------|
|                                         | D01_12                     | D02_12       | D01_12                      | D02_12       | D01_12               | D02_12 | D01_12                                | D02_12       |
| SR13                                    | <b>0,65</b>                | <b>0,71</b>  | 0,59*                       | 0,45*        | <b>-0,24</b>         | -0,14  | <b>0,64</b>                           | <b>0,77</b>  |
| 19R                                     | 0,15                       | <b>0,04</b>  | <b>-0,02</b>                | <b>0,38</b>  | -0,03                | 0,03   | <b>-0,32</b>                          | <b>-0,22</b> |
| 24R                                     | <b>-0,18</b>               | <b>-0,01</b> | 0,08                        | -0,08        | <b>-0,45</b>         | -0,55  | -1,07**                               | -0,90**      |
| WM19R                                   | 0,05                       | <b>-0,18</b> | <b>-0,19</b>                | -0,17*       | 0,26                 | 0,25*  | 0,24                                  | -0,05        |
| 22R                                     | <b>-0,68*</b>              | <b>-0,57</b> | -0,45*                      | <b>-0,58</b> | 0,46                 | 0,41   | 0,50                                  | 0,40         |

\*, \*\* Istotnie różne od zera odpowiednio na poziomie  $\alpha=0,05$  i  $0,01$ ; Significantly different from zero at the 0.05 and 0.01 levels of significance, respectively

**Pogrubiona czcionka** — istotna interakcja GCA ze środowiskiem; In bold — significant GCA×environment interaction

Komponent SR 13 łączył istotne dodatnie efekty GCA dla plonu ziarna, intensywności pylenia i odporności na rdzę brunatną z nieistotnie różnymi od zera efektami GCA dla pozostałych cech. Komponent ojcowski 24R wyróżnił się zdolnością przywracania męskiej płodności mieszańców, wykazując istotne dodatnie efekty GCA dla pylenia w dwóch doświadczeniach. Niestety niejednoznaczny wynik oszacowania zdolności kombinacyjnej

plonu ziarna na podstawie oceny pierwszej i drugiej grupy mieszańców utrudnia wykorzystanie tego komponentu w hodowli mieszańców. Niedostatkiem tej populacji był także istotny ujemny efekt GCA dla masy 1000 ziaren w dwóch doświadczeniach. W przeprowadzonych doświadczeniach stwierdzono wystąpienie istotnych interakcji efektów GCA niektórych komponentów ojcowskich ze środowiskiem (tab. 5). Najczęściej interakcje takie obserwowano w przypadku porażenia mączniakiem.

Zmienność swoistej zdolności kombinacyjnej par rodzicielskich (SCA) najczęściej była nieistotna (tab. 1, tab. 2). Analiza wariancji obu grup mieszańców wykazała istotną zmienność SCA tylko dla wczesności kłoszenia w dwóch miejscowościach, a dla intensywności pylenia w jednej (D02\_12) i dwóch miejscowościach (D01\_12) omawianych doświadczeń. Istotną zmienność SCA par rodzicielskich dla pozostałych cech agronomicznych wykazano tylko w pojedynczych miejscowościach. W żadnym z doświadczeń nie stwierdzono istotnej zmienności SCA dla stopnia wylegania i masy 1000 ziaren.

## DYSKUSJA

Badania przeprowadzone w 2012 roku pozwoliły na określenie zdolności kombinacyjnej 16 nowo wytworzonych komponentów matecznych oraz 5 komponentów ojcowskich wytworzonych w trzech firmach hodowlanych. Otrzymane wyniki umożliwią wybranie komponentów matecznych i ojcowskich do tworzenia różnego rodzaju mieszańców żyta o pożądanых cechach agronomicznych. Badania wykazały istotną wariancję ogólnej zdolności kombinacyjnej ocenianych komponentów matecznych i ojcowskich dla większości cech użytkowych. Jest to zgodne z wynikami wcześniejszych badań własnych oraz innych autorów prowadzonych z udziałem heterozygotycznych materiałów hodowlanych żyta (Grochowski i in., 1996; Bujak, 2003; Kolasińska i Węgrzyn, 2001; Kolasińska, 2009; Kolasińska i in., 2011, 2012). Zmienność swoistej zdolności kombinacyjnej (SCA) par rodzicielskich miała mniejszy udział w zmienności genetycznej mieszańców omawianych w tej pracy niż u podobnego typu mieszańców opisanych we wcześniejszej publikacji (Kolasińska i in., 2012). W przedstawionych badaniach, podobnie jak we wcześniejszych pracach, stwierdzono brak istotnej zmienności SCA mieszańców dla stopnia wylegania i masy 1000 ziaren (Kolasińska i in., 2011). Wariancja SCA miała największy udział w zmienności genetycznej intensywności pylenia i wczesności kłoszenia mieszańców. Wyniki badań prowadzonych z wykorzystaniem współczesnych materiałów hodowlanych żyta wskazują, że ogólna zdolność kombinacyjna odgrywa większą rolę w przypadku materiałów o zróżnicowanym pochodzeniu, a swoista zdolność kombinacyjna u materiałów spokrewnionych (Wilde i in. 2003). Podobnie Melchinger i Gumber (1998) uważają, że zmienność GCA jest ważniejsza niż SCA u mieszańców pochodzących z krzyżowania form rodzicielskich należących do różnych puli genowych. Natomiast zmienność SCA odgrywa większą rolę u mieszańców uzyskanych z krzyżowania form rodzicielskich pochodzących z tej samej puli genowej. Wyniki badań prowadzonych z wykorzystaniem komponentów rodzicielskich pochodzących z różnych puli genowych wskazują na główną rolę addytywnego działania genów lub przewagę tego

typu działania genów w warunkowaniu większości cech ilościowych (Grochowski i in., 1996; Kolasińska i Węgrzyn 2001; Bujak, 2003, Kolasińska, 2009; Kolasińska i in., 2011). Niektóre badania prowadzone z wykorzystaniem linii wsobnych i populacji żyta wykazały, że nieaddytywne działanie genów także ma istotne znaczenie w dziedziczeniu cech ilościowych, szczególnie plonu ziarna i niektórych jego komponentów. Dużą rolę w dziedziczeniu tych cech żyta odgrywa dominacja i epistaza, natomiast udział efektów addytywnych jest niewielki (Łapiński, 1976; Kaczmarek i Kadłubiec, 1985; Węgrzyn i Śmiałowski, 1995). Poznanie sposobu działania genów warunkujących cechy agronomiczne u żyta wymaga prowadzenia dalszych badań z udziałem dużej liczby zróżnicowanych i spokrewnionych genotypów. Wyniki przeprowadzonych badań wskazują na duże znaczenie interakcji efektów ogólnej zdolności kombinacyjnej komponentów matecznych i ojcowskich ze środowiskiem. Istotne interakcje efektów GCA ze środowiskiem najczęściej stwierdzono u drugiej grupy komponentów matecznych dla wczesności kłoszenia, plonu ziarna, porażenia rdzą brunatną i wylegania. Interakcje efektów GCA komponentów ojcowskich ze środowiskiem najczęściej były istotne dla porażenia mączniakiem. Stąd celowe jest prowadzenie oceny zdolności kombinacyjnej i testowania interakcji składników głównych ze środowiskiem w większej liczbie zróżnicowanych warunków środowiska.

#### WNIOSKI

1. Mieszańce eksperymentalne żyta uzyskane w wyniku krzyżowania zróżnicowanych komponentów matecznych z wybranymi populacjami ojcowskimi istotnie różniły się pod względem większości cech agronomicznych.
2. Stwierdzono istotną zmienność ogólnej zdolności kombinacyjnej komponentów matecznych i ojcowskich dla większości analizowanych cech. Swoista zdolność kombinacyjna okazała się nieistotna dla większości tych cech.
3. Wysokimi efektami ogólnej zdolności kombinacyjnej dla plonu ziarna i innych cech agronomicznych wyróżniły się komponent mateczny WSIN 33 oraz komponent ojcowski SR 13.
4. Stwierdzono istotne interakcje niektórych efektów GCA komponentów matecznych i ojcowskich ze środowiskiem, głównie dla intensywności pylenia, wysokości roślin i wczesności kłoszenia.

#### LITERATURA

- Bujak H. 2003. Studia nad wartością hodowlaną żółtoziarnistych form żyta ozimego. Rozprawy CC. Zesz. Nauk. AR Wrocław, nr 465.
- Geiger H. H. 1985. Hybrid breeding in rye (*Secale cereale* L.). Proc. Eucarpia Meeting of the Cereal Section on Rye, Svalöv, Sweden: 237 — 265.
- Grochowski L., Kaczmarek J., Kadłubiec W., Bujak H. 1996. Genetic analysis of variability and combining ability of rye hybrid cultivars. Plant Breed. Seed Sci. 40: 37 — 47.
- Kaczmarek J., Kadłubiec W. 1985. Oszacowanie efektów wartości kombinacyjnej 7 linii wsobnych żyta (*Secale cereale* L.) w diallelicznym krzyżowaniu. Hod. Rośl. Aklim. 29, 5/6: 61 — 68.

- Kolasieńska I., Węgrzyn S. 2001. Combining ability for selected quantitative characters in winter rye (*Secale cereale* L.). Cereal Res. Commun. 29, 1–2: 69 — 76.
- Kolasieńska I. 2009. Genetyczno-hodowlane aspekty wykorzystania systemu CMS-Pampa w hodowli heterozyjnej żyta. Monografie i Rozprawy Naukowe 31, IHAR Radzików.
- Kolasieńska I., Brukwiński W., Jagodziński J., Materka M. 2011. Zdolność kombinacyjna wybranych form rodzicielskich żyta. Biul. IHAR 260/261: 229-239.
- Kolasieńska I., Brukwiński W., Jagodziński J., Kozber B., Kryztofik R., Materka M. 2012. Określenie zdolności kombinacyjnej komponentów matecznych do tworzenia mieszańców żyta. Biul. IHAR 265: 35 — 46.
- Krajewski P., Kaczmarek Z., Czajka S. 2006. EKSPLAN (wersja 2) — Planowanie i analiza statystyczna doświadczeń hodowlanych. IGR PAN w Poznaniu.
- Łapiński M. 1976. Estimates of heterosis effects and combining ability of seven inbred lines of rye (*Secale cereale* L.) in diallel crosses. Genet. Pol. 17, 3: 293 — 308.
- Mądry W., Mańkowski D., Kaczmarek Z., Krajewski P., Stadnicki M. 2010. Metody statystyczne oparte na modelach liniowych w zastosowaniach do doświadczalnictwa, genetyki i hodowli roślin. Monografie i Rozprawy Naukowe 34, IHAR Radzików.
- Melchinger A. E., Gumber R. K. 1998. Overview of heterosis and heterotic groups in agronomic crops. In: Concepts and breeding of heterosis in crop plants. Lamkey K. R. and Staub J. S. (eds). CSSA Publication, Madison, 25: 29 — 44.
- Węgrzyn S., Śmiałowski T. 1995. Sposoby działania genów epistatycznych, dominujących i addytywnych kontrolujących ważne cechy użytkowe w odmianach populacyjnych żyta. Biul. IHAR 195/196: 273 — 281.
- Wilde P., Menzel J., Schmiedchen B. 2003. Estimation of general and specific combining ability variances and their implications on hybrid rye breeding. Plant Breed. Seed Sci. 47: 89 — 98.

**TADEUSZ ŚMIAŁOWSKI****JANUSZ BUREK**

Instytut Hodowli i Aklimatyzacji Roślin — PIB

Zakład Roślin Zbożowych w Krakowie

# Analiza genetyczna wybranych populacji żyta ozimego (*Secale cereale* L.) pod względem ważnych cech użytkowych

## Część I. Epistatyczny sposób działania genów

### A genetic analyses of selected winter rye (*Secale cereale* L.) populations in regard to the important agricultural traits Part I. The epistatic effect of the genes

Celem prac było sprawdzenie epistatycznego sposobu działania genów kontrolujących: przezimowanie, termin kłoszenia, liczbę kłosów na poletku, wysokość roślin, plon ziaren z poletka, długość kłosa, liczbę ziaren w kłosie, masę ziarna z kłosa, masę 1000 ziaren, masę hektolitra, zawartość białka w ziarnie i liczbę opadania w mące u 5 populacji żyta ozimego: Dańkowskie Żłote, Dańkowskie Diament, Słowiańskie, Skat, Bosmo w 2010 i 2011 roku. Stwierdzono, że w dziedziczeniu ważnych cech użytkowych u żyta ozimego znaczną rolę odgrywa epistatyczny sposób działania genów. Jeśli epistaza występowała to najczęściej typu „j,l” wynikająca z działania loci homozygotycznych z heterozygotycznymi i heterozygotycznych z heterozygotycznymi dla większości badanych cech. Tylko dla nielicznych cech w 2010 roku i 2011 stwierdzono epistazę typu „i” tj. wynikającą ze współdziałania loci homozygotycznych z homozygotycznymi. Oszacowane istotne dodatnie efekty epistazy dla niektórych badanych odmian w 2010 roku miały ujemne efekty w 2011. Epistaza podwyższała wartość niektórych badanych cech w 2010 roku, w następnym obniżała u badanych odmian. Przeprowadzone na podstawie doświadczeń polowych i laboratoryjnych analizy genetyczne wskazują, że epistatyczny sposób dziedziczenia cech u żyta ozimego istotnie zależał od zróżnicowanych czynników środowiska w kolejnych latach badań.

**Słowa kluczowe:** epistaza, dziedziczenie cech, środowisko, żyto ozime

The purpose of the study was to recognize the epistatic actions of genes controlling 12 of quantitative traits (winter hardiness, heading time, grain number per plot, plant height, grain yield per plot, length of ear, grain number per ear, grain mass per ear, 1000 grain weight, test weight, protein content in grain and falling number) in 5 cultivars of winter rye (Dańkowskie Żłote, Dańkowskie Diament, Słowiańskie, Skat and Bosmo) in years 2010–2011. We confirmed that epistatic gene actions

play a significant role in inheritance of important agricultural traits of winter rye. If epistasis was discovered, it was more often of type „j,l”, resulting mainly from interactions of homozygous loci with heterozygous ones and interactions between heterozygous loci for most of the investigated traits. Only for a small number of traits in 2010 and 2011, we confirmed epistasis of type „i” resulting from interactions of homozygous loci with homozygous loci. The estimated significant positive epistatic effects for some investigated varieties in year 2010, in year 2011 were negative. The epistasis increased values of some investigated traits in 2010 while next year epistasis reduced values of these traits. On the basis of field and laboratory experiments as well as executed genetic analyses we confirmed that epistatic gene action for winter rye depended on environmental factors different in subsequent years of study.

**Key words:** epistasis, inheritance, environments, winter rye

## WSTĘP

Poznanie sposobów dziedziczenia ważnych cech rolniczych roślin uprawnych, w tym żyta ozimego ma istotne znaczenie dla hodowli nowych plenniejszych i charakteryzujących się odpowiednimi cechami użytkowymi odmian (Simonds, 1987). Hodowla nowych populacji żyta pomimo istotnego postępu w hodowli heterozyjnej żyta ozimego (Kolasińska, 2009), będzie miała nadal podstawowe znaczenie tego gatunku w naszym kraju. Nowoczesna hodowla nowych populacji żyta powinna wykorzystywać wiedzę o mechanizmach dziedziczenia ważnych cech użytkowych. Zwykle zakłada się addytywno dominujący model dziedziczenia cech. Okazuje się jednak, że ważnym sposobem dziedziczenia cech u żyta jest epistatyczny sposób ich przekazywania na potomstwo (Jedyński i in., 1989, Kaczmarek i inni 1989, Węgrzyn, 1985, Węgrzyn i in., 1989, 1993, 1995, Śmiałowski i inni; 1989, 1998, 1999, 2003, 2007, Śmiech i inni. 1996). Termin epistaza jest używany do opisu szeregu zjawisk biologicznych, w tym funkcjonalnych interakcji między genami, mutacji genetycznych działających w ramach tych samych związków genetycznych, a także wyjaśnienia istotnych odchyleń statystycznych od modelu zakładającego addytywne działania genów (Phillips, 2006). Epistaza, jeśli występuje wpływa na pojawianie się w potomstwie nieprzewidywalnych rozszczepień stwarzających niespotykaną różnorodność, często jednak przeszkadza w podjęciu prawidłowej selekcji (Śmiałowski i in., 2001, 2003, 2007). Przyczyną jest charakter tej zmienności w znacznej części niedziedziczny, ponieważ wynika ze współdziałania *loci* homozygotycznych z heterozygotycznymi i heterozygotycznych z heterozygotycznymi czyli tzw. epistazy typu „j,l”, a tylko niewielka część epistazy tzw. typu „i” (addytywna), wynikająca ze współdziałania *loci* homozygotycznych z homozygotycznymi ma charakter dziedziczny (Comstock i in., 1952; Jinks i in., 1968, 1969). W dotychczas prowadzonych pracach badano wpływ epistazy na dziedziczenie licznych ważnych cech ilościowych u żyta ozimego, pszenicy i jęczmienia jarego dla plonu ziarna z poletka, masy 1000 ziaren, masy hektolitra, odporności na choroby i wyleganie, wysokości roślin długości kłosa, liczby ziaren w kłosie, a także cech technologicznych; zawartości białka i liczby opadania. U żyta ozimego Jedyński i in., 1989; Kaczmarek i in., 1989; Węgrzyn, 1985; Węgrzyn i in., 1989, 1993, 1995; Śmiałowski i in., 1989, 1998, 1999, 2003, 2007; Śmiech i in., 1996) stwierdzili istotny wpływ obu typów epistazy tj. „j,l” i „i” na sposób dziedziczenia wysokość roślin,

masy 1000 ziaren, długości kłosa, zawartości białka i wielu innych badanych cech. Również u pszenicy (Witkowski, 1988) i u jęczmienia (Kjaer i in., 1996) stwierdzono znaczny udział epistazy zarówno typu „j,l” i „i” w dziedziczeniu plonu a także cech struktury plonu. Na podstawie własnych badań (Śmiałowski, 2007) ujawnił, że efekty epistazy wielu cech u badanych populacji żyta silnie reagują na czynniki środowiska (rozumianych jako lata badań). Stwierdzono u populacji Dańkowskie Złote, że działanie epistazy w jednym roku istotnie podwyższało plon ziarna a kolejnym obniżało. Podobnie dla populacji Motto epistaza obniżała w jednym roku liczbę ziaren z kłosa a kolejnym podwyższała. Dlatego celem niniejszych badań było sprawdzenie wpływu środowisk (rozumianych jako lata badań) na efekty epistazy kilkunastu cech u 5 populacji żyta ozimego.

#### MATERIAŁ I METODY

Skrzyżowano 5 populacji żyta ozimego: Dańkowskie Złote, Dańkowskie Diament, Słowiańskie, Skat, Bosmo, z 3 testerami  $T1, T2, T3$ . Testerami były linie pochodzące częściowo z hodowli wsobnej (populacja rozmnażana w izolacji z wybranych roślin o zbliżonym wyglądzie morfologicznym) dwie populacje żyta ozimego ( $L_1$ -SMH-49) i ( $L_2$ -SMH-75) różniące się pomiędzy sobą wieloma cechami min. kolorem ziarniaków, wysokością, masą 1000 ziaren itd., a testerem  $T3$  był mieszaniec  $F_1$  otrzymany z krzyżowania  $T_1 \times T_2$ . Mieszańce  $F_1$  wysiewano w doświadczeniach polowych w 3 powtórzeniach na poletkach o pow.  $0,5 \text{ m}^2$  w 1 miejscowości kolejno przez 2 lata. Oznaczono przezimowanie, termin kłoszenia, liczbę kłosów na poletku, wysokość roślin i plon ziarna z poletka. Po zbiorze w laboratorium zmierzono długości kłosa, policzono ziarna w kłosie, określono masę ziarna z kłosa, masę 1000 ziaren i masę hektolitra oraz wykonano analizę zawartości białka w ziarnie i liczbę opadania w mące. Uzyskane wyniki opracowano statystycznie. Obejmowały one analizę wariancji dla epistazy. W analizie wariancji epistazy z całkowitej sumy kwadratów wydzielono sumy kwadraty efektów epistazy dla typu „j,l”, „i” oraz błędu. Istotność obliczonych średnich kwadratów oceniono „testem  $F$ ”. Następnie dla każdej populacji oszacowano efekty epistatyczne ze wzoru:  $\bar{I}_i = \bar{L}_{1i} - \bar{L}_{2i} + 2\bar{L}_{3i}$ , gdzie  $\bar{L}_{1i}, \bar{L}_{2i}, \bar{L}_{3i}$  są średnimi wartościami cech dla mieszańców uzyskanych ze skrzyżowania i-tej odmiany z 3 testerami (Comstock i Robinson, 1952; Kearsy i Jinks, 1967; Jinks i in., 1968, 1969). Istotność ich odchylen od średniej oceniono testem „t” (Węgrzyn, 1985).

#### WYNIKI BADAŃ

Warunki prowadzenia doświadczeń przedstawiono w tabeli 1. Typ gleby i poziom zastosowanego nawożenia oraz terminy siewów, terminy i sposoby zabiegów starano się dobierać podobnie w każdym roku. Odnotowano jednak znacznie większą ilość opadów oraz niższą przeciętną temperaturę w okresie wegetacji w 2010 roku, niż w roku 2011 (tab. 1). Wymienione czynniki środowiskowe mogły mieć wpływ na poziom badanych cech, na co wskazują różnice pomiędzy średnimi wartościami cech, a szczególności: wysokością

roślin, zagęszczeniem kłosów na poletku, masą 1000 ziaren, zawartością białka w ziarnie, liczbą opadania i plonem ziaren z poletka, u mieszańców żyta ozimego (tab. 2).

Tabela 1

**Warunki przeprowadzenia doświadczeń**  
**Experimental conditions**

| Rok<br>Year | Opad (suma X-VII)<br>Precipitation (sum X-VII)<br>(mm) | Temperatura (średnia X-VII)<br>Temperature ((mean X-VII) | Klasa gleby<br>Type of soil | NPK<br>Fertilization<br>kg/ha |
|-------------|--------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------|-----------------------------|-------------------------------|
| 2009/2010   | 783,7                                                  | 5,4                                                      | IV a                        | 105                           |
| 2010/2011   | 634,9                                                  | 8,4                                                      | IV a                        | 105                           |

IVa — kompleks; żytnio ziemniaczany — IVa — complex; potato - rye

Tabela 2

**Średnie wartości, odchylenie standardowe i współczynniki zmienności cech 5 badanych populacji żyta ozimego**

**Mean values, standard deviations and coefficient of variability of traits tested in 5 populations of winter rye**

| Cechy<br>Traits                                     |                       | 2010            |                                  |                  | 2011            |                                  |        |
|-----------------------------------------------------|-----------------------|-----------------|----------------------------------|------------------|-----------------|----------------------------------|--------|
|                                                     |                       | średnia<br>mean | odchylenie<br>standardowe<br>S.D | CV (%)<br>CV (%) | średnia<br>mean | odchylenie<br>Standardowe<br>S.D | CV (%) |
| Zimotrwałość<br>Winterhardiness                     | skala -scale<br>(1-9) | 8,6             | 0,35                             | 4,1              | 7,7             | 1,2                              | 15,3   |
| Wysokość roślin<br>Plant height                     | cm                    | 129,2           | 5,78                             | 4,5              | 160,3           | 8,2                              | 5,1    |
| Długość kłosa<br>Length of ear                      | cm                    | 11,1            | 0,64                             | 5,8              | 11,0            | 0,7                              | 6,3    |
| Liczba kłosów na poletku<br>The ear number per plot | liczba<br>number      | 121,1           | 14,13                            | 11,7             | 139,1           | 21,0                             | 15,1   |
| Kłoszenie<br>Heading                                | *liczba<br>number     | 8,7             | 1,07                             | 12,3             | 11,1            | 0,6                              | 5,9    |
| Liczba ziaren na kłos<br>The grain number per ear   | liczba<br>number      | 63,1            | 4,34                             | 6,9              | 64,5            | 3,5                              | 5,4    |
| Masa ziaren w kłosie<br>The grain weight per plot   | g                     | 2,3             | 0,22                             | 9,7              | 2,8             | 0,1                              | 5,0    |
| Masa 1000 ziaren<br>1000 grain mass                 | g                     | 30,9            | 2,26                             | 7,3              | 36,1            | 1,4                              | 3,9    |
| Masa hektolitra<br>Test weight                      | kg                    | 64,3            | 1,24                             | 1,9              | 70,2            | 1,2                              | 1,6    |
| Zawartość białka w ziarnie<br>Protein content       | %                     | 12,6            | 0,50                             | 4,0              | 8,8             | 0,5                              | 5,5    |
| Liczba opadania<br>Falling number                   | liczba<br>number      | 62,1            | 0,73                             | 1,2              | 194,4           | 31,6                             | 16,2   |
| Plon ziarna z poletka<br>Yield per plot             | g                     | 183,2           | 29,3                             | 16,0             | 305,1           | 55,9                             | 18,3   |

\* Liczba dni od 1.01 do kłoszenia; Number of days from 1.01 to heading

Analiza wariancji ujawniła istotne średnie kwadraty epistazy dla większości badanych cech (tab. 3). Wystąpiła głównie epistaza typu „i,l”, która jest wynikiem współdziałania *loci* heterozygotycznych z heterozygotycznymi i *loci* heterozygotycznych z homo-

zygotycznymi. W obu latach badań istotne okazały się efekty epistazy dla wysokości roślin, długości kłosa, terminu kłoszenia, masy ziaren z kłosa, zawartości białka w ziarnie i plonu ziaren z poletka. Nie stwierdzono w obu latach istotnej epistazy dla masy 1000 ziaren a także gęstości kłosów na poletku (tab. 3).

Tabela 3

**Analiza wariancji epistazy dla badanych populacji żyta ozimego**  
**The epistatic effects for investigated populations of winter rye**

| Źródło zmienności<br>Source of variability | Liczba stopni swobody<br>D.F. | Średnie kwadraty dla badanych cech<br>Means squares for investigated traits |                                            |                                       |                                                               |                                             |                                                           |                                                         |                                                   |                                             |                                              |                                                |                                                           |
|--------------------------------------------|-------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------|---------------------------------------|---------------------------------------------------------------|---------------------------------------------|-----------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------|---------------------------------------------------|---------------------------------------------|----------------------------------------------|------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------|
|                                            |                               | przezi-<br>mowa-<br>nie<br>winter-<br>hardi-<br>ness                        | wyso-<br>kość<br>roślin<br>plant<br>height | długość<br>kłosów<br>length<br>of ear | liczba<br>kłosów<br>z<br>poletka<br>ear<br>number<br>per plot | termin<br>kłosze-<br>nia<br>heading<br>date | liczba<br>ziaren z<br>kłosa<br>grain<br>number<br>per ear | masa<br>ziaren z<br>kłosa<br>grain<br>weight<br>per ear | masa<br>1000<br>ziaren<br>1000<br>grain<br>weight | ciężar<br>hekto-<br>litra<br>test<br>weight | liczba<br>opada-<br>nia<br>falling<br>number | zawar-<br>tość<br>białka<br>protein<br>content | plon<br>ziarna z<br>poletka<br>grain<br>yield per<br>plot |
| 2010 rok                                   |                               |                                                                             |                                            |                                       |                                                               |                                             |                                                           |                                                         |                                                   |                                             |                                              |                                                |                                                           |
| Epistaza<br>Epistasis                      | 5                             | 12,13                                                                       | 469,6**                                    | 6,01*                                 | 3444,8                                                        | 23,07**                                     | 104,53                                                    | 0,58*                                                   | 25,82                                             | 20,18                                       | 6,67**                                       | 6,82**                                         | 16789,7*                                                  |
| typu „i”<br>of type<br>„i”                 | 1                             | 0,8                                                                         | 22,76                                      | 0,06                                  | 226,7                                                         | 28,80*                                      | 18,18                                                     | 0,03                                                    | 2,01                                              | 22,19                                       | 0,09                                         | 2,69                                           | 441,2                                                     |
| typu „j,l”<br>of type<br>„j,l”             | 14                            | 4,28                                                                        | 166,0**                                    | 2,14**                                | 1215,9                                                        | 6,18*                                       | 36,04                                                     | 0,20*                                                   | 9,08                                              | 5,62                                        | 2,37**                                       | 2,24**                                         | 5964,8*                                                   |
| Błąd<br>Error                              | 24                            | 6,4                                                                         | 126,78                                     | 1,56                                  | 2150,4                                                        | 5,92                                        | 47,82                                                     | 0,20                                                    | 22,56                                             | 8,87                                        | 1,42                                         | 1,24                                           | 4786,4                                                    |
| 2011 rok                                   |                               |                                                                             |                                            |                                       |                                                               |                                             |                                                           |                                                         |                                                   |                                             |                                              |                                                |                                                           |
| Epistaza<br>Epistasis                      | 5                             | 19,67**                                                                     | 1366,67**                                  | 4,73**                                | 2329,4                                                        | 5,33**                                      | 273,20**                                                  | 0,60**                                                  | 12,25                                             | 28,24**                                     | 6101,0                                       | 5,55**                                         | 30042,57**                                                |
| typu „i”<br>of type<br>„i”                 | 1                             | 24,20**                                                                     | 1502,22*                                   | 1,09                                  | 616,1                                                         | 0,09                                        | 289,05**                                                  | 0,60*                                                   | 1,25                                              | 15,79*                                      | 211,3                                        | 0,43                                           | 14176,39                                                  |
| typu „j,l”<br>of type<br>„j,l”             | 14                            | 5,30**                                                                      | 380,79**                                   | 1,61**                                | 787,9                                                         | 1,90**                                      | 76,92**                                                   | 0,17**                                                  | 4,29                                              | 8,96**                                      | 2163,8                                       | 1,95**                                         | 9716,89**                                                 |
| Błąd<br>Error                              | 24                            | 1,69                                                                        | 282,64                                     | 0,87                                  | 1550,1                                                        | 1,28                                        | 21,63                                                     | 0,12                                                    | 9,04                                              | 3,44                                        | 3662,9                                       | 0,59                                           | 6648,15                                                   |

\*, \*\* — istotne dla P = 0,05 lub P = 0,01

\*, \*\* — significant for P = 0.05 or P = 0.01

Dziedziczenie innej ważnej cechy żyta ozimego, tj. liczby opadania tylko w 2010 roku, zależało od epistazy, jak i liczby ziaren z kłosa w 2011 roku (tab. 3). Dla 6 cech: terminu kłoszenia w 2010 roku oraz w 2011 roku: przezimowania, wysokości roślin, liczby ziaren z kłosa, masy 1000 ziaren i masy hektolitra wystąpiła również epistaza typu „i”, tj. wynikająca ze współdziałania *loci* homozygotycznych z homozygotycznymi (tab. 3). Przeprowadzone doświadczenia pozwoliły oszacować efekty epistazy dla pięciu badanych odmian Dańkowskie Złote, Dańkowskie Diament, Słowiańskie, Skat, Bosmo (tab. 4). Stwierdzono, że u jednych populacji epistaza istotnie podwyższała, a u innych obniżała wartość cech. Kierunek epistazy u badanych odmian zmieniał się w zależności od roku

badan. Dla przykładu dla populacji Dańkowskie Złote epistaza w 2010 roku istotnie podwyższyła plon z poletka, a w 2011 roku obniżyła. Dla populacji Skat epistaza podwyższała wysokość roślin w 2010 roku, a w 2011 obniżała. Podobnie zjawisko odnotowano dla pozostałych cech u badanych populacji żyta ozimego (tab. 4).

Tabela 4

**Oszacowane efekty epistazy dla badanych populacji żyta ozimego**  
**The estimated epistatic effects for investigated populations of winter rye**

| Populacje<br>Populations | Przezi-<br>mowanie<br>Winter-<br>hardi-<br>ness | Wysokość<br>roślin<br>Plant<br>height | Długość<br>kłosów<br>Length<br>of ear | Liczba<br>kłosów<br>z<br>poletka<br>Ear<br>number<br>per plot | Termin<br>kłosze-<br>nia<br>Heading | Liczba<br>ziaren z<br>kłosa<br>Grain<br>number<br>per ear | Masa<br>ziaren z<br>kłosa<br>Grain<br>weight<br>per ear | Masa<br>1000<br>ziaren<br>1000<br>grain<br>weight | Ciężar<br>hekto-<br>litra<br>Test<br>weight | Liczba<br>opada-<br>nia<br>Falling<br>number | Zawar-<br>tość<br>białka<br>Protein<br>content | Plon<br>ziarna<br>z<br>poletka<br>Grain<br>yield<br>per plot |
|--------------------------|-------------------------------------------------|---------------------------------------|---------------------------------------|---------------------------------------------------------------|-------------------------------------|-----------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------|---------------------------------------------------|---------------------------------------------|----------------------------------------------|------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------|
| <b>2010 rok</b>          |                                                 |                                       |                                       |                                                               |                                     |                                                           |                                                         |                                                   |                                             |                                              |                                                |                                                              |
| Dańkowskie<br>Złote      | 0,67                                            | -6,67                                 | 0,70                                  | 38,00                                                         | 2,33                                | 1,93                                                      | 0,83**                                                  | 4,13                                              | -0,33                                       | 2,00**                                       | 0,27                                           | 125,83**                                                     |
| Dańkowskie<br>Diamant    | 3,00                                            | -1,67                                 | 1,50*                                 | -40,67                                                        | 2,67                                | 6,93                                                      | 0,23                                                    | 0,73                                              | -2,6                                        | 0,001                                        | 2,47**                                         | -65,53                                                       |
| Słowiańskie              | 0,001                                           | -15,00                                | -2,57**                               | -36,33                                                        | 0,33                                | -3,67                                                     | -0,23                                                   | -4,23                                             | -2,4                                        | 0,001                                        | 1,2                                            | -37,3                                                        |
| Skat                     | -3,00                                           | 21,00**                               | 0,5                                   | 28,33                                                         | 4,67**                              | -7,83                                                     | -0,4                                                    | -1,53                                             | -0,67                                       | 0,001                                        | 1,23                                           | 9,47                                                         |
| Bosmo                    | 1,33                                            | -8,33                                 | -0,67                                 | -23                                                           | 2,00                                | -6,9                                                      | -0,03                                                   | -2,27                                             | -4,53                                       | -2,37**                                      | -1,50*                                         | -81,43                                                       |
| <b>2011 rok</b>          |                                                 |                                       |                                       |                                                               |                                     |                                                           |                                                         |                                                   |                                             |                                              |                                                |                                                              |
| Dańkowskie<br>Złote      | -2,67**                                         | 1,67                                  | -0,001                                | -28,83                                                        | 1,67*                               | -8,13**                                                   | -0,37                                                   | 0,90                                              | -1,11                                       | 61,33                                        | -0,97*                                         | -166,98**                                                    |
| Dańkowskie<br>Diamant    | -2,33**                                         | -28,33**                              | -1,67**                               | -20,00                                                        | -0,67                               | -11,83**                                                  | -0,65**                                                 | 1,30                                              | -2,19                                       | 4,67                                         | -0,17                                          | -21,59                                                       |
| Słowiańskie              | -3,33**                                         | -28,33**                              | 0,33                                  | 15,67                                                         | -0,33                               | 3,61                                                      | 0,15                                                    | -2,57                                             | -5,24**                                     | -14,84                                       | -0,30                                          | 70,57                                                        |
| Skat                     | -3,00**                                         | -25,00*                               | 1,00                                  | -44,00                                                        | 1,67*                               | -10,00**                                                  | -0,58**                                                 | 3,33                                              | -2,77*                                      | -78,33                                       | 2,86**                                         | -127,77*                                                     |
| Bosmo                    | 0,33                                            | -6,67                                 | -2,00**                               | 21,67                                                         | -1,67*                              | -11,67**                                                  | -0,29                                                   | -0,47                                             | 2,43*                                       | -5,33                                        | 0,03                                           | -20,47                                                       |

\*, \*\* - istotne dla P = 0,05 lub P = 0,01

\*, \*\* - significant for P = 0.05 or P = 0.05

Stwierdzone odmienne kierunki działania epistazy u tych samych populacji w kolejnych latach badań sygnalizują wpływ odmiennych czynników środowiska ujawniający się w sposobie dziedziczenia badanych odmian żyta ozimego. Jest to złożony problem wymagający badań w dłuższym okresie i w liczniejszych odmiennych środowiskach. Podobne zjawiska odnotowano w latach poprzednich (Jinks i in., 1973; Węgrzyn i in., 1993, 1995; Śmiałowski i in., 2003, 2007) dla innych populacji żyta ozimego. Okazało się, że zarówno kierunki, jak i poziom efektów epistazy dla badanych cech, reagowały odmiennie w zależności od środowiska w jakim były badane. Oznacza to, że ekspresja cech w potomstwie, pomimo że mechanizmy dziedziczenia są oparte na stabilnych systemach genetycznych, podlega silnej presji środowiska. Praktycznie zjawisko to oznacza, że jest możliwa silna naturalna presja selekcyjna, która występuje niezależnie od sposobu dziedziczenia. To zjawisko może utrudnić pracę hodowcy, dodatkowo ją komplikując ze względu na nieprzewidywany efekt epistatyczny, a więc w znacznym stopniu niedziedziczny charakter tej zmienności u badanych cech żyta ozimego.

#### WNIOSKI

1. W dziedziczeniu ważnych cech użytkowych u żyta ozimego znaczną rolę odgrywa epistatyczny sposób działania genów.
2. Dla większości badanych cech jeśli epistaza występuje, to najczęściej typu „j,l” wynikająca z działania *loci* homozygotycznych z heterozygotycznymi i heterozygotycznych z heterozygotycznymi. Tylko dla nielicznych cech w 2010 roku i 2011 stwierdzono epistazę typu „i”, tj. wynikającą ze współdziałania *loci* homozygotycznych z homozygotycznymi.
3. Oszacowane istotne efekty epistazy dla badanych odmian żyta ozimego ujawniły odmienne kierunki działania w kolejnych latach badań dla większości cech. W jednym roku epistaza przyjmowała wartość dodatnią, zatem epistaza podwyższała wartość cechy u badanej populacji żyta ozimego, a w kolejnym roku epistaza przyjmowała wartość ujemną, czyli obniżała wartość cechy.
4. Przeprowadzone na podstawie doświadczeń polowych i laboratoryjnych analizy genetyczne wskazują, że epistatyczny sposób dziedziczenia cech u żyta ozimego istotnie zależał od zróżnicowanych czynników środowiska.

#### LITERATURA

- Comstock R. E., Robinson H. F. 1952. Heterosis Chap. 30. Iowa State Col. R.
- Kaczmarek J., Bujak H. 1993. Analiza dziedziczenia 6 cech ilościowych dwóch linii wsobnych żyta. Zeszyty naukowe Post. Nauk Rol. 223: 127 — 134.
- Kearsey M. J., Jinks J. L. 1967. A general method of detecting additive, dominance and epistatic variation for metrical traits. I. Theory. Heredity. Nr 23: 403 — 409.
- Kjaer B., Jensen J. 1996. Quantitative trait *loci* for grain yield and components in a cross between a six-rowed and two-rowed barley. Euphytica 90, 1: 39 — 48.
- Kolasinska I. 2009. Monografie i rozprawy naukowe. IHAR Radzików. 31/2009.
- Jedyński S., Kaczmarek H. 1989. Efekty epistatycznego działania genów u żyta. Zeszyty Naukowe Post. Nauk Rol. 382: 231 — 238.
- Jinks J. L., Perkins J. M., Breese E. L. 1968. A general method of detecting additive, dominance and epistatic variation for metrical traits. II Application to inbred lines. Heredity 24: 45 — 57.
- Jinks J. L., Perkins J. M. 1969. A General Method of detecting additive, dominance and epistatic variation for metrical traits. III F2 and backcross populations. Heredity. 25: 419 — 428.
- Jinks J. L., Perkins J. M., Pooni H. S. 1973. The incidence of epistasis in normal and extreme environments. Heredity 31 (2): 263 — 269.
- Phillips P. C. 2008. Epistasis — the essential role of gene interactions in the structure and evolution of genetic systems. Nat. Rev Genet. 9 (11): 855 — 867. November, 2008, (on-line [http://en.wikipedia.org/wiki/Epistasis#cite\\_ref-Phillips\\_2008\\_6-0](http://en.wikipedia.org/wiki/Epistasis#cite_ref-Phillips_2008_6-0)).
- Simmonds N. M. 1987. Podstawy hodowli roślin. PWRL, Warszawa.
- Śmiech M., Przybecki Z., Malepszy S. 1996. Dziedziczenie zawartości białka i masy 1000 ziaren w liniach wsobnych żyta (*Secale cereale* L.). Biul. IHAR 209: 93 — 98.
- Śmiałowski T., Węgrzyn S. 1998. The influence of environments on the forms of the epistatic effects at some winter rye population. J. Appl. Gen. 38 A: 114.
- Śmiałowski T., Węgrzyn S. 1999. Działania genów epistatycznych kontrolujących dziedziczenie cech u wybranych populacji żyta ozimego. Biul. IHAR 211: 249 — 257.
- Śmiałowski T., Węgrzyn S. 2001. Addytywno-dominujący sposób działania genów odpowiedzialnych za dziedziczenie ważnych cech rolniczych żyta ozimego. Pam. Puł. Z. 128: 247 — 256.

- Śmiałowski T., Węgrzyn S. 2003. The influence of environments on epistatic effects of genes controlling some traits in winter rye. *Plant Breeding and Seed Science* 47 No. 1-2: 57 — 68.
- Śmiałowski T., Węgrzyn S. 2003. Genetyczno-statystyczne parametry dziedziczenia cech użytkowych żyta ozimego (*Secale cereale* L.). *Biul. IHAR* 230: 205 — 214.
- Śmiałowski T., Węgrzyn S. 2007. Sposoby epistatycznego działania genów u żyta ozimego. *Biul. IHAR* 244:173-181.
- Węgrzyn S. 1985. Genetyczne podstawy niektórych cech u żyta. *Prace Zespołu Hodowli Żyta, IHAR, Radzików*: 14 — 21.
- Węgrzyn S., Śmiałowski T. 1989. Sposoby działania genów kontrolujących niektóre cechy morfologiczne żyta ze szczególnym uwzględnieniem epistazy. *Hod. Rośl. Aklim.* Nr 33 (5/6): 1 — 7.
- Węgrzyn S., Śmiałowski T. 1993. Sposoby działania genów ze szczególnym uwzględnieniem epistazy. *Zesz. Nauk. Akad. Roln. we Wrocławiu*. Nr 223: 91 — 100.
- Węgrzyn S., Śmiałowski T. 1995. Sposoby działania genów epistatycznych, dominujących i addytywnych kontrolujących ważne cechy użytkowe w odmianach populacyjnych żyta (*Secale cereale* L.). *Biul. IHAR* 195/196: 273 — 281.
- Witkowski E. 1988. Sposoby działania genów warunkujących niektóre cechy użytkowe pszenicy ozimej. *Praca doktorska. Biblioteka IHAR, Kraków*.

**TADEUSZ OLEKSIK**Instytut Hodowli i Aklimatyzacji Roślin — PIB w Radzikowie  
Zakład Nasiennictwa i Nasionoznawstwa

## Stosowanie kwalifikowanego materiału siewnego a plonowanie zbóż ozimych

### The use of certified seed and the yield of winter cereals

Materiał źródłowy stanowiły wyniki badań ankietowych, prowadzonych w latach 2008–2011. Ankietowano corocznie około 500 gospodarstw. Dane zebrano łącznie z 4760 pól o łącznej powierzchni 25,4 tys. hektarów. Porównywano efekty uprawy zbóż ozimych w zależności od rodzaju użytego materiału siewnego. Istotność różnic między plonami, w zależności od użytych nasion kwalifikowanych bądź niekwalifikowanych, oceniono za pomocą testu Fishera. Wykazano istotny wzrost plonowania na polach gdzie stosowano kwalifikowany materiał siewny. Wzrost plonów, w zależności od gatunku, mieścił się w przedziale od 12% (pszenżyto) do 23% (żyto) a w jednostkach bezwzględnych od 4,89 dt·ha<sup>-1</sup> (pszenżyto) do 7,59 dt·ha<sup>-1</sup> (pszenica).

**Słowa kluczowe:** kwalifikowany materiał siewny, plon, zboża

The source material were the results of surveys carried out in 2008–2011. Every year about 500 farms were surveyed. Data were collected from 4760 fields with a total area 25.4 thousands hectares. The differences in yield depending on used seeds were compared. The significance of differences between yields, depending on used seeds, (certified or uncertified) was assessed using Fisher's test. A significant increase of yield in fields where certified seed were used has been proven. The increase in yields, depending on the species, ranged from 12% for triticale to 23% for rye and in absolute units ranged from 4.89 dt·ha<sup>-1</sup> for triticale to 7.59 dt·ha<sup>-1</sup> for wheat.

**Key words:** cereals, certified seed, yield

### WSTĘP

Zastosowanie dobrego materiału siewnego stanowi pierwszy z niezbędnych warunków uzyskania dobrych zbiorów. Stosując kwalifikowany materiał siewny mamy pewność co do parametrów technicznych decydujących o wartości siewnej nasion, a jednocześnie korzystamy z osiągniętego postępu hodowlanego. Temat efektywności kwalifikowanego materiału siewnego, mimo wagi tego zagadnienia był i jest rzadko podejmowany, a opinie

o korzyściach wynikających z jego stosowania są słabo udokumentowane i niekiedy sprzeczne (Oleksiak, 2009; Wicki, 2008).

W miarę wyczerpywania się możliwości wzrostu plonowania w wyniku intensyfikacji agrotechniki, będzie zwiększało się znaczenie jakości i wartości biologicznej nasion. Tym bardziej wzrastać ono będzie w warunkach ograniczania ilości zabiegów agrotechnicznych i chemicznych środków ochrony roślin. Stwierdzenie szeregu negatywnych oddziaływań środków ochrony roślin było bodźcem do powstania koncepcji integrowanej ochrony roślin, której głównym założeniem jest ograniczenie do minimum stosowania ochrony chemicznej i wykluczenie pestycydów zagrażających ludziom i środowisku (Łozowicka, 2012). Stosowanie zasad integrowanej ochrony roślin przez wszystkich profesjonalnych użytkowników środków ochrony roślin ma obowiązywać od dnia 1 stycznia 2014 roku (art. 14 dyrektywy PE i Rady 2009/128/WE oraz rozporządzenie nr 1107/2009).

Do produkcji stale dopływają nowe odmiany różniące się potencjałem plonowania ale także, sposobem reakcji na warunki środowiska oraz zmiany w stosowanej technologii uprawy. Znaczne różnice w ocenach efektów stosowania kwalifikowanego materiału siewnego są wynikiem różnic w stosowanej metodyce ale także wynikiem zmieniających się warunków uprawy.

Celem pracy jest wykazanie efektów stosowania kwalifikowanego materiału siewnego zbóż ozimych w aktualnych warunkach produkcyjnych w gospodarstwach towarowych.

#### MATERIAŁ I METODY

Materiał źródłowy stanowią wyniki badań ankietowych gospodarstw rolnych prowadzone w latach 2008–2011. Ankietowano corocznie około 500 gospodarstw. Badano gospodarstwa towarowe, dostarczające Instytutowi Ekonomiki Rolnictwa i Gospodarki Żywnościowej (IERiGŻ) informacji do Sieci Danych Rachunkowych z Gospodarstw Rolnych (FADN).

Dane dotyczące uprawy zbóż ozimych zebrano łącznie z 4760 pól o łącznej powierzchni 25,4 tys. hektarów. Warunki uprawy w gospodarstwach, szczególnie pod względem poziomu nawożenia i intensywności stosowania fungicydów, były bardzo zróżnicowane (tab. 1). Dlatego analizy prowadzono na danych rzeczywistych, bez uwzględniania różnic w agrotechnice ale także na danych poprawionych, czyli po wprowadzeniu poprawek uwzględniających różnice w warunkach uprawy. W tym celu, na podstawie wartości częściowych współczynników regresji wielokrotnej wyliczonych dla głównych czynników plonotwórczych, istotnie oddziałujących na wielkość uzyskiwanych plonów, określono plon poprawiony. Plon poprawiony wyliczono dla uśrednionych warunków uprawy ujednoliconych pod względem stosowanego poziomu agrotechniki (poziom nawożenia N, P i K oraz intensywność chemicznej ochrony roślin) i jakości gleby, tak aby czynnikiem różnicującym pozostał materiał siewny. Wpływ lat zniwelowano przekształcając plony rzeczywiste na relatywne w relacji do średniego plonu w roku (Oleksiak, 2009).

Porównywano efekty uprawy przy zastosowaniu materiału siewnego C1 i nasion niekwalifikowanych (ze zbioru). Istotność różnic między plonami, w zależności od tego

czy użyto nasion kwalifikowanych czy też nasion niekwalifikowanych, oceniono za pomocą testu Fishera.

Tabela 1

**Rodzaj materiału siewnego a różnicowanie agrotechniki**  
**Kind of seeds and differences in agricultural technology**

| Gatunek<br>Species                        | Nasiona<br>Seeds                | Gleba<br>(punkty<br>0-100°)<br>Soil<br>(points<br>0-100 ) | Nawożenie mineralne<br>Fertilizers |      |      |                                | Ochrona chemiczna — średnia liczba zabiegów<br>na plantacji<br>Chemical protection — average number of<br>treatments per plantation |                         |                             |                                           |
|-------------------------------------------|---------------------------------|-----------------------------------------------------------|------------------------------------|------|------|--------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------|-----------------------------|-------------------------------------------|
|                                           |                                 |                                                           | N                                  | P    | K    | NPK<br>łącznie<br>NPK<br>total | herbicydy<br>herbicides                                                                                                             | fungicydy<br>fungicides | insektycydy<br>insecticides | pestycydy<br>razem<br>pesticides<br>total |
| Pszenica<br>ozima<br>Winter<br>wheat      | kwalifikowane<br>certified      | 64,6                                                      | 122,3                              | 54,0 | 75,9 | 252,0                          | 1,4                                                                                                                                 | 1,6                     | 0,6                         | 3,6                                       |
|                                           | niekwalifikowane<br>uncertified | 65,5                                                      | 97,4                               | 45,2 | 59,1 | 201,2                          | 1,4                                                                                                                                 | 1,1                     | 0,3                         | 2,8                                       |
| Żyto<br>Rye                               | kwalifikowane<br>certified      | 33,3                                                      | 72,3                               | 41,6 | 54,4 | 168,3                          | 0,9                                                                                                                                 | 0,3                     | 0,1                         | 1,3                                       |
|                                           | niekwalifikowane<br>uncertified | 32,5                                                      | 62,5                               | 30,9 | 40,3 | 133,5                          | 0,7                                                                                                                                 | 0,2                     | 0,1                         | 0,9                                       |
| Pszenżyto<br>ozime<br>Winter<br>triticale | kwalifikowane<br>certified      | 46,9                                                      | 119,7                              | 54,0 | 73,4 | 247,2                          | 1,4                                                                                                                                 | 1,6                     | 0,5                         | 3,5                                       |
|                                           | niekwalifikowane<br>uncertified | 48,6                                                      | 94,4                               | 44,4 | 57,9 | 196,5                          | 1,4                                                                                                                                 | 1,1                     | 0,2                         | 2,7                                       |
| Jęczmień<br>ozimy<br>Winter<br>barley     | kwalifikowane<br>certified      | 56,4                                                      | 92,1                               | 51,7 | 71,9 | 215,8                          | 1,2                                                                                                                                 | 1,1                     | 0,5                         | 2,7                                       |
|                                           | niekwalifikowane<br>uncertified | 54,5                                                      | 84,1                               | 43,1 | 57,2 | 184,5                          | 1,2                                                                                                                                 | 0,8                     | 0,2                         | 2,2                                       |

Analizowano różnicowanie uzyskiwanych plonów w zależności od liczby lat korzystania z własnych rozmnożeń (do 2 i powyżej 2 lat). Do porównania średnich i oceny istotności różnic między plonami, w zależności od tego czy użyto nasion kwalifikowanych czy też nasion niekwalifikowanych, wykorzystano test Tukeya (Mądry i in., 2010). Oceniono także wielkość efektu stosowania nasion kwalifikowanych w zależności od warunków glebowych i poziomu nawożenia mineralnego. Analizowano różnice w uzyskanym przyroście plonów dla 3 poziomów jakości gleby (słaba, średnia, dobra,) oraz dla 3 poziomów nawożenia (niskiego, średniego i wysokiego). Dla pszenicy, gdzie było duże różnicowanie poziomu nawożenia, a liczebność próby największa, wyróżniono 4 grupy. Jako kryterium podziału na grupy przyjęto odpowiednio; punktowy wskaźnik waloryzacji w skali od 18 do 100 określony na podstawie klas bonitacyjnych obsianych pól według Witka (1981) oraz poziom łącznego nawożenia mineralnego wyrażonego w czystym składniku NPK. Do grup określonych jako „średnie” zaliczono te pola gdzie wartość jakości gleby lub wysokość nawożenia są zbliżone do wartości średnich dla ankietowanych gospodarstw.

## WYNIKI I DYSKUSJA

Wyniki porównań plonowania analizowanych gatunków, w kolejnych latach, przedstawiono w tabelach. Dla każdego z analizowanych lat, jak i dla wielolecia na polach gdzie stosowano kwalifikowany materiał siewny stwierdzono wzrost plonowania. Największy relatywny wzrost plonów w następstwie stosowania kwalifikowanego materiału siewnego stwierdzono na plantacjach żyta (tab. 3). Różnice dla poszczególnych lat wahały się od 14,6% do 37,7%. Tak wysoki przyrost plonu jest wynikiem zarówno znacznego postępu we wzroście potencjału plonowania oferowanych do uprawy nowych odmian żyta jak i z niskiego poziomu odniesienia jakim jest poziom plonowania tego gatunku w warunkach produkcyjnych. Udział kwalifikowanego materiału siewnego żyta w produkcji jest bardzo niski — niższy niż pszenżyta i zdecydowanie niższy niż pszenicy Oleksiak (2013). Konsekwencją jest uprawa starych odmian i niższy poziom potencjału plonowania. Stąd też nowe, wprowadzane do uprawy, wraz z kwalifikowanym materiałem siewnym, odmiany żyta poprawiają potencjał plonowania gatunku w większym stopniu niż można by tego oczekiwać na podstawie obserwowanego postępu w plonowaniu nowych odmian zbóż (Wyniki PDO, 2012; Oleksiak, 2012 — badania ankietowe gospodarstw, IHAR 1986–2011, niepublikowane). Także dla pszenicy ozimej (tab. 2) i pszenżyta ozimego (tab. 4) na polach gdzie stosowano kwalifikowany materiał siewny stwierdzono wzrost plonów we wszystkich analizowanych latach. Jedynie w przypadku pszenżyta uzyskany w 2008 roku przyrost plonów nie był statystycznie istotny. Plony pszenicy były wyższe średnio o 14,6%, a plony pszenżyta o 12%. Osiągane efekty były zróżnicowane w zależności od roku uprawy jak i gatunku jednak wielkości przyrostu plonów rekompensowały dodatkowe nakłady ponoszone na zakup kwalifikowanego materiału siewnego i zwiększały dochody z uprawy.

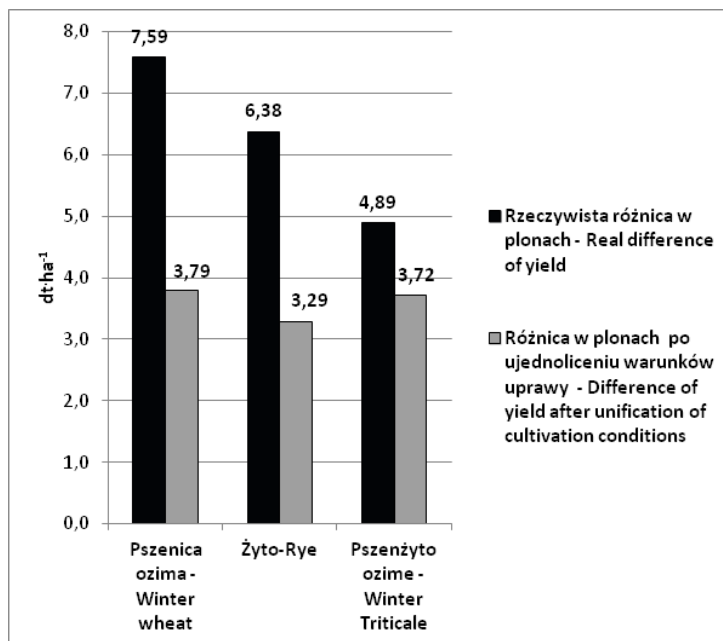
Tabela 2

**Różnice w plonowaniu w następstwie stosowania kwalifikowanego materiału siewnego — pszenica ozima**

**The difference in yield as a result of the use of certified seeds — winter wheat**

| Rok<br>Year                                                                                 | Liczba pól<br>Number of<br>yields | Średni<br>kwadrat<br>odchyłeń<br>Mean square<br>deviation | F        | Średnie plony Average yields               |                                                 |                       | NIR <sub>0,05</sub><br>LSD <sub>0,05</sub> |
|---------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------|-----------------------------------------------------------|----------|--------------------------------------------|-------------------------------------------------|-----------------------|--------------------------------------------|
|                                                                                             |                                   |                                                           |          | nasiona<br>kwalifikowane<br>certified seed | nasiona<br>niekwalifikowane<br>uncertified seed | różnica<br>difference |                                            |
| Plony relatywne — Relative yields                                                           |                                   |                                                           |          |                                            |                                                 |                       |                                            |
| 2008                                                                                        | 411                               | 15235,5                                                   | 24,46**  | 107,6                                      | 95,1                                            | 12,4                  | 4,95                                       |
| 2009                                                                                        | 481                               | 21444,9                                                   | 34,59**  | 108,3                                      | 94,7                                            | 13,7                  | 4,57                                       |
| 2010                                                                                        | 735                               | 86539,4                                                   | 119,58** | 111,4                                      | 89,7                                            | 21,7                  | 3,90                                       |
| 2011                                                                                        | 876                               | 23402,1                                                   | 36,13**  | 105,1                                      | 94,8                                            | 10,3                  | 3,38                                       |
| 2008–2011                                                                                   | 2503                              | 131474,0                                                  | 197,68** | 107,9                                      | 93,4                                            | 14,6                  | 2,03                                       |
| Plony po ujednoliceniu warunków uprawy — Yields after unification of cultivation conditions |                                   |                                                           |          |                                            |                                                 |                       |                                            |
| 2008                                                                                        | 411                               | 2820,2                                                    | 6,29*    | 103,3                                      | 97,9                                            | 5,4                   | 4,20                                       |
| 2009                                                                                        | 481                               | 2261,5                                                    | 5,61*    | 102,0                                      | 97,6                                            | 4,4                   | 3,69                                       |
| 2010                                                                                        | 735                               | 21686,9                                                   | 33,40**  | 105,1                                      | 94,2                                            | 10,9                  | 3,71                                       |
| 2011                                                                                        | 876                               | 11463,4                                                   | 24,40**  | 103,9                                      | 96,7                                            | 7,2                   | 2,88                                       |
| 2008–2011                                                                                   | 2503                              | 34719,6                                                   | 68,53**  | 103,9                                      | 96,4                                            | 7,5                   | 1,77                                       |

W jednostkach bezwzględnych największy przyrost plonów wykazano dla pszenicy ozimej (rys. 1). Plony na plantacjach obsianych nasionami kwalifikowanymi były wyższe średnio  $7,59 \text{ dt} \cdot \text{ha}^{-1}$ . Stwierdzono duże zróżnicowanie wzrostu plonów w następstwie stosowania kwalifikowanego materiału siewnego w latach.



Rys. 1. Średni wzrost plonowania zbóż ozimych po zastosowaniu kwalifikowanego materiału siewnego  
Fig. 1. Average increase in yield of winter cereals after application of certified seed

Tabela 3

Różnice w plonowaniu w następstwie stosowania kwalifikowanego materiału siewnego — żyto  
The difference in yield as a result of the use of certified seeds — rye

| Rok<br>Year                                                                                | Liczba pól<br>Number of<br>yields | Średni<br>kwadrat<br>odchyłeń<br>Mean square<br>deviation | F        | Średnie plony — Average yields             |                                                 |                       | NIR <sub>0,05</sub><br>LSD <sub>0,05</sub> |
|--------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------|-----------------------------------------------------------|----------|--------------------------------------------|-------------------------------------------------|-----------------------|--------------------------------------------|
|                                                                                            |                                   |                                                           |          | nasiona<br>kwalifikowane<br>certified seed | nasiona<br>niekwalifikowane<br>uncertified seed | różnica<br>difference |                                            |
| Plony relatywne — Relative yields                                                          |                                   |                                                           |          |                                            |                                                 |                       |                                            |
| 2008                                                                                       | 186                               | 8781,7                                                    | 8,82*    | 110,7                                      | 95,6                                            | 15,1                  | 10,0                                       |
| 2009                                                                                       | 135                               | 5875,6                                                    | 4,62*    | 110,4                                      | 95,8                                            | 14,6                  | 13,4                                       |
| 2010                                                                                       | 223                               | 71970,6                                                   | 67,07**  | 124,5                                      | 86,8                                            | 37,7                  | 9,1                                        |
| 2011                                                                                       | 228                               | 17469,6                                                   | 17,75**  | 113,2                                      | 94,2                                            | 19,0                  | 8,9                                        |
| 2008–2011                                                                                  | 772                               | 87730,0                                                   | 81,56 ** | 115,8                                      | 92,8                                            | 23,0                  | 5,0                                        |
| Plony po ujednoczeniu warunków uprawy — Yields after unification of cultivation conditions |                                   |                                                           |          |                                            |                                                 |                       |                                            |
| 2008                                                                                       | 411                               | 4295,3                                                    | 6,19*    | 107,5                                      | 97,0                                            | 10,5                  | 8,4                                        |
| 2009                                                                                       | 481                               | 0,009                                                     | >0,1     | 106,4                                      | 106,4                                           | 0,0                   | 10,3                                       |
| 2010                                                                                       | 735                               | 37990,1                                                   | 52,56**  | 118,0                                      | 90,6                                            | 27,4                  | 7,4                                        |
| 2011                                                                                       | 876                               | 3238,2                                                    | 4,75*    | 105,8                                      | 97,6                                            | 8,2                   | 7,4                                        |
| 2008–2011                                                                                  | 2503                              | 28415,5                                                   | 38,89**  | 110,2                                      | 97,1                                            | 13,1                  | 4,1                                        |

Najmniejszy efekt stwierdzono w roku 2011 — 5,33 dt·ha<sup>-1</sup>, a największy w 2010 roku — 10,93 dt·ha<sup>-1</sup>. Także dla żyta i pszenżyta największy wzrost plonu stwierdzono w 2010 roku. Średni przyrost plonów żyta i pszenżyta w badanym okresie wyniósł odpowiednio 6,38 dt·ha<sup>-1</sup> i 4,89 dt·ha<sup>-1</sup>. Po ujednoliceniu warunków agrotechnicznych i siedliskowych różnice w plonach zbóż ozimych były odpowiednio mniejsze ale także statystycznie istotne i mieściły się w przedziale od 3,29 dt·ha<sup>-1</sup> dla żyta do 3,79 dt·ha<sup>-1</sup> dla pszenicy.

W wartościach względnych średnie różnice w uzyskiwanych plonach wynosiły; dla pszenicy ozimej 14,6%, dla żyta 21,6% i dla pszenżyta ozimego 11,4%. Po ujednoliceniu warunków agrotechnicznych i siedliskowych różnice wynosiły odpowiednio 6,5%, 11,5% i 6,6%.

Tabela 4

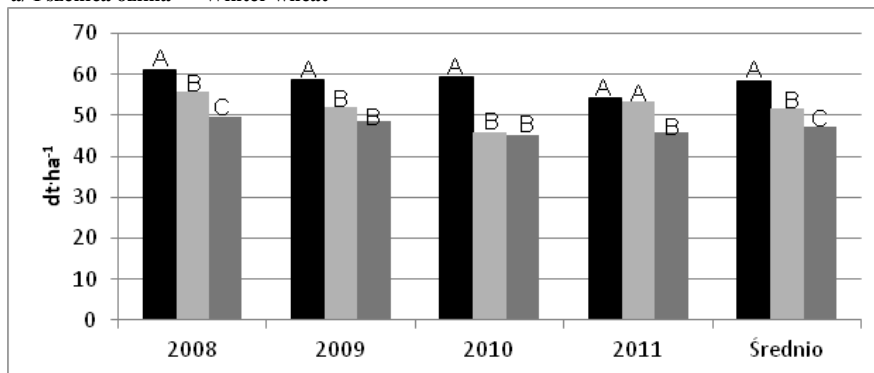
**Różnice w plonowaniu w następstwie stosowania kwalifikowanego materiału siewnego — pszenżyto ozime**

**The difference in yield as a result of the use of certified seeds — winter triticale**

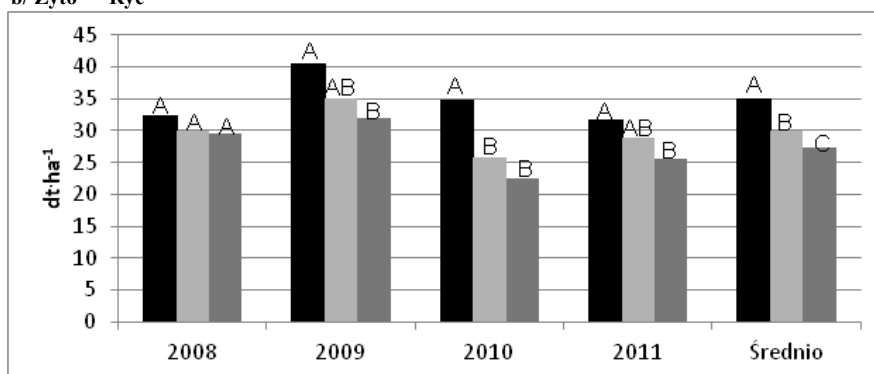
| Rok<br>Year                                                                                | Liczba pól<br>Number of<br>yields | Średni<br>kwadrat<br>odchyień<br>Mean square<br>deviation | F       | Średnie plony — Average yields             |                                                 |                       | NIR <sub>0,05</sub><br>LSD <sub>0,05</sub> |
|--------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------|-----------------------------------------------------------|---------|--------------------------------------------|-------------------------------------------------|-----------------------|--------------------------------------------|
|                                                                                            |                                   |                                                           |         | nasiona<br>kwalifikowane<br>certified seed | nasiona<br>niekwalifikowane<br>uncertified seed | różnica<br>difference |                                            |
| Plony relatywne — Relative yields                                                          |                                   |                                                           |         |                                            |                                                 |                       |                                            |
| 2008                                                                                       | 330                               | 2035,7                                                    | 2,98    | 103,3                                      | 98,1                                            | 5,2                   | 5,9                                        |
| 2009                                                                                       | 266                               | 8896,7                                                    | 12,35** | 106,9                                      | 95,1                                            | 11,8                  | 6,6                                        |
| 2010                                                                                       | 445                               | 49663,6                                                   | 47,18** | 112,9                                      | 91,3                                            | 21,5                  | 6,2                                        |
| 2011                                                                                       | 444                               | 5562,5                                                    | 7,09**  | 104,4                                      | 97,2                                            | 7,3                   | 5,4                                        |
| 2008–2011                                                                                  | 1485                              | 50426,7                                                   | 60,17** | 107,3                                      | 95,3                                            | 12,0                  | 3,0                                        |
| Plony po ujednoczeniu warunków uprawy — Yields after unification of cultivation conditions |                                   |                                                           |         |                                            |                                                 |                       |                                            |
| 2008                                                                                       | 330                               | 433,9                                                     | 1,02    | 101,6                                      | 99,2                                            | 2,4                   | 2,6                                        |
| 2009                                                                                       | 266                               | 5759,7                                                    | 11,20** | 105,8                                      | 96,3                                            | 9,5                   | 4,7                                        |
| 2010                                                                                       | 445                               | 16021,7                                                   | 20,55** | 107,4                                      | 95,2                                            | 12,2                  | 5,6                                        |
| 2011                                                                                       | 444                               | 467,2                                                     | 0,78    | 101,4                                      | 99,3                                            | 2,1                   | 5,3                                        |
| 2008–2011                                                                                  | 1485                              | 15262,8                                                   | 25,35** | 104,1                                      | 97,6                                            | 6,6                   | 4,7                                        |

Wynik porównań plonów uzyskanych po zastosowaniu kwalifikowanego materiału siewnego kategorii C1 i nasion ze zbioru, (z uwzględnieniem różnic związanych z liczbą lat korzystania z własnych rozmnożeń) przedstawiono na rysunku 2. Dużymi literami zaznaczono wydzielone za pomocą procedury Tukeya grupy jednorodne pomiędzy którymi różnice w wysokości plonów były statystycznie istotne. Wykazano istotne zniżki plonów wraz z wydłużaniem okresu użytkowania nasion własnych. Spadki plonowania w poszczególnych latach były zróżnicowane co może wskazywać na znaczny wpływ zmieniających warunków uprawy na efekt stosowania materiału siewnego. Jednak, porównując wyniki z wielolecia, w przypadku każdego badanego gatunku stwierdzono istotną statystycznie zniżkę plonowania na plantacjach obsiewanych własnym materiałem siewnym ze zbioru. Spadki plonu były istotnie większe tam gdzie okres użytkowania własnych nasion przekraczał 2 lata.

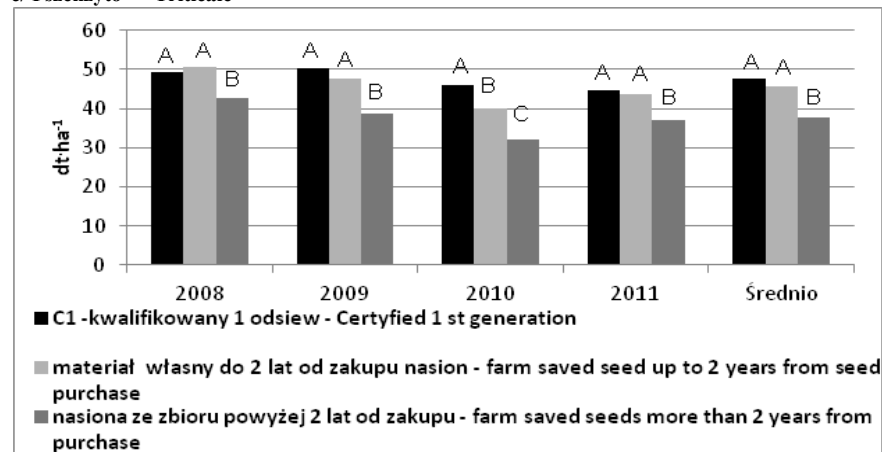
a/ Pszenica ozima — Winter wheat



b/ Żyto — Rye



c/ Pszenżyto — Triticale



Rys. 2. Plony zbóż po zastosowaniu kwalifikowanego materiału siewnego kategorii C1 i nasion ze zbioru (z uwzględnieniem różnic związanych z liczbą lat korzystania z własnych rozmnożeń)

Fig. 2. Cereal yield obtained after applying of certified seed category C1 and farm saved seeds (including differences related to the number of years of on-farm propagation)

Na plantacjach pszenicy średnia wartość różnicy w osiąganych plonach w pierwszych 2 latach wynosiła 6,5 dt·ha<sup>-1</sup>, natomiast na polach gdzie stosowano własne nasiona dłużej niż 2 lata różnica w plonowaniu wzrosła do 11,1 dt·ha<sup>-1</sup>. Odpowiednie wielkości zniżki plonowania dla żyta wynosiły 5,0 i 7,5 dt·ha<sup>-1</sup>, a dla pszenżyta 2,0 i 9,9 dt·ha<sup>-1</sup>.

Porównanie różnic w efekcie zastosowanych nasion w zależności od jakości gleby przedstawiono w tabeli 5. Warunki glebowe są czynnikiem w największym stopniu determinującym efekty uprawy. Według Krasowicza (2011), wpływem jakości i przydatności gleby można wyjaśnić 70% zmienności plonów. Znaczący wpływ czynnika glebowego na wielkość i zmienność osiąganych plonów znajduje potwierdzenie także w wynikach badań ankietowych stanowiących materiał źródłowy tej pracy (Oleksiak, 2012; niepublikowane).

Tabela 5

**Jakość gleby a efekt stosowania kwalifikowanego materiału siewnego**  
**Soil quality and the effect of use of certified seeds**

| Rodzaj nasion<br>Kind of seeds    | Liczba pól<br>Number of fields | Jakość gleby<br>Soil quality |                 |                             | Plon<br>Yield (dt·ha <sup>-1</sup> ) | Przyrost plonu<br>Yield increase |                     |
|-----------------------------------|--------------------------------|------------------------------|-----------------|-----------------------------|--------------------------------------|----------------------------------|---------------------|
|                                   |                                | poziom<br>level              | punkty (0–100°) | średnio<br>average (0-100°) |                                      | %                                | dt·ha <sup>-1</sup> |
| Pszenica ozima — Winter wheat     |                                |                              |                 |                             |                                      |                                  |                     |
| Ogółem — Total                    | 1116                           |                              |                 | 49,5                        | 48,3                                 |                                  |                     |
| Kwalifikowane — Certified         | 506                            | niski                        | < 60            | 49,6                        | 52,5                                 | 17,2                             | 7,7                 |
| Niekwalifikowane — Uncertified    | 610                            | low                          |                 | 49,5                        | 44,8                                 |                                  |                     |
| Ogółem — Total                    | 770                            |                              |                 | 70,2                        | 53,2                                 |                                  |                     |
| Kwalifikowane — Certified         | 374                            | średni                       | 60–80           | 70,2                        | 56,7                                 | 13,9                             | 6,9                 |
| Niekwalifikowane — Uncertified    | 396                            | mean                         |                 | 70,3                        | 49,8                                 |                                  |                     |
| Ogółem — Total                    | 623                            |                              |                 | 86,5                        | 57,6                                 |                                  |                     |
| Kwalifikowane — Certified         | 263                            | wysoki                       | > 80            | 85,5                        | 61,9                                 | 13,6                             | 7,4                 |
| Niekwalifikowane — Uncertified    | 360                            | high                         |                 | 87,2                        | 54,5                                 |                                  |                     |
| Żyto — Rye                        |                                |                              |                 |                             |                                      |                                  |                     |
| Ogółem — Total                    | 179                            |                              |                 | 18,7                        | 25,1                                 |                                  |                     |
| Kwalifikowane — Certified         | 45                             | niski                        | < 30            | 18,7                        | 28,5                                 | 18,8                             | 4,5                 |
| Niekwalifikowane — Uncertified    | 134                            | low                          |                 | 18,7                        | 24,0                                 |                                  |                     |
| Ogółem — Total                    | 366                            |                              |                 | 30,3                        | 29,4                                 |                                  |                     |
| Kwalifikowane — Certified         | 123                            | średni                       | 30–35           | 30,3                        | 33,7                                 | 23,4                             | 6,4                 |
| Niekwalifikowane — Uncertified    | 243                            | mean                         |                 | 30,3                        | 27,3                                 |                                  |                     |
| Ogółem — Total                    | 225                            |                              |                 | 47,9                        | 34,4                                 |                                  |                     |
| Kwalifikowane — Certified         | 73                             | wysoki                       | > 35            | 47,3                        | 39,2                                 | 22,5                             | 7,2                 |
| Niekwalifikowane — Uncertified    | 152                            | high a                       |                 | 48,2                        | 32,0                                 |                                  |                     |
| Pszenżyto ozime — Winter tritcale |                                |                              |                 |                             |                                      |                                  |                     |
| Ogółem — Total                    | 362                            |                              |                 | 29,3                        | 37,5                                 |                                  |                     |
| Kwalifikowane — Certified         | 149                            | niski                        | < 40            | 29,7                        | 39,6                                 | 10,0                             | 3,6                 |
| Niekwalifikowane — Uncertified    | 213                            | low                          |                 | 29,0                        | 36,0                                 |                                  |                     |
| Ogółem — Total                    | 510                            |                              |                 | 41,1                        | 42,4                                 |                                  |                     |
| Kwalifikowane — Certified         | 210                            | średni                       | 40-50           | 41,7                        | 45,2                                 | 11,6                             | 4,7                 |
| Niekwalifikowane — Uncertified    | 300                            | mean                         |                 | 40,7                        | 40,5                                 |                                  |                     |
| Ogółem — Total                    | 611                            |                              |                 | 64,7                        | 47,5                                 |                                  |                     |
| Kwalifikowane — Certified         | 220                            | wysoki                       | > 50            | 63,4                        | 51,9                                 | 15,3                             | 6,9                 |
| Niekwalifikowane — Uncertified    | 391                            | high                         |                 | 65,4                        | 45,0                                 |                                  |                     |

Niemniej jednak wpływ warunków glebowych na efekt stosowania kwalifikowanego materiału siewnego był dość zróżnicowany w zależności od gatunku. Na plantacjach pszenicy ozimej nie stwierdzono by jakość warunków glebowych różnicująco wpływała na wielkość efektu stosowania kwalifikowanego materiału siewnego. Natomiast, zarówno na plantacjach żyta jak i pszenżyta ozimego wraz z poprawą jakości gleby efekt stosowania kwalifikowanego materiału siewnego zwiększał się. Może to wynikać ze specyfiki nowych odmian żyta i pszenżyta. Wprowadzane do uprawy odmiany intensywne, silniej reagują na poprawę wartości stanowiska niż odmiany stare dominujące w uprawie tam gdzie stosuje się głównie własny materiał siewny. Przyczyną może być jakość gleb wykorzystywanych w warunkach produkcyjnych pod uprawę poszczególnych, analizowanych gatunków zbóż. W warunkach uprawy na bardzo słabych glebach odmiany żyta (średnia wartość bonitacyjna stanowiska 32,7°) i nieco mniejszym stopniu pszenżyta (średnia wartość bonitacyjna stanowiska 47,9°) nie mogą wykazać potencjału plonowania prezentowanego w warunkach glebowych zbliżonych do występujących w warunkach hodowli i w doświadczeniach odmianowych. Dlatego w lepszych warunkach glebowych zwyczajka plonu w następstwie stosowania kwalifikowanego materiału siewnego jest większa. W przypadku pszenicy nie ma takiej reakcji ze względu na szybszą rotację odmian i fakt że odmiany intensywne zdominowały uprawy pszenicy już wcześniej. Ponadto inne jest jakościowe spektrum gleb przeznaczanych pod pszenice. Gatunek ten uprawiany jest na zdecydowanie lepszych stanowiskach i jakość gleby nie jest czynnikiem limitującym możliwości wzrostu plonu w takim stopniu jak ma to miejsce w przypadku pszenżyta a zwłaszcza żyta. Plantacje pszenicy lokalizowane są na dobrych glebach (średnia wartość bonitacyjna stanowiska 65,1°) pozwalających na wykorzystanie istniejącego potencjału plonowania.

Następnym ocenianym aspektem stosowania kwalifikowanego materiału siewnego było zróżnicowanie osiąganego efektu w zależności od poziomu nawożenia mineralnego (tab. 6). Na istotny wzrost plenności odmian pszenicy ozimej w zależności od dawki azotu zwraca uwagę wielu badaczy. W licznych pracach wykazano różny poziom plonowania odmian w latach badań, co wskazuje na istnienie interakcji warunków pogody z odmianą. (Oleksiak, Mańkowski, 2005; Podolska, 2009; Weber i in., 2011). Jak wcześniej wykazano, generalnie po zastosowaniu kwalifikowanego materiału siewnego osiągnęto wyższe plony, jednak wielkości uzyskanych efektów były bardzo wyraźnie zróżnicowane w zależności od zastosowanego poziomu nawożenia i gatunku. Zdecydowanie większe różnice w efekcie użycia materiału kwalifikowanego uzyskiwano na polach gdzie stosowano niższe nawożenie mineralne. Dotyczy to szczególnie żyta i pszenżyta, upraw lokalizowanych na słabszych glebach, nawożonych niższymi dawkami nawozów mineralnych. Dla tych dwóch gatunków uzyskano bardzo zbliżone wyniki, jednak większe różnice stwierdzono na plantacjach żyta. Przyrost plonów na plantacjach żyta o nawożeniu w czystym składniku NPK nie przekraczającym 150 kg·ha<sup>-1</sup> wynosił 8,20 dt·ha<sup>-1</sup> czyli 36,8%. Na plantacjach gdzie poziom nawożenia przekraczał 250 kg NPK na hektar przyrost plonu wynosił odpowiednio 4,36 dt·ha<sup>-1</sup> i 8,1%. Najwyższy efekt na plantacjach pszenicy uzyskano przy średnim poziomie nawożenia czyli dla przedziału 200–250 kg NPK. Przyrost plonu wynosił tam 7,80 dt·ha<sup>-1</sup> i 16,7%. Niższe efekty wzrostu plonowania w następstwie stosowania kwalifikowanego materiału siewnego uzyskano zarówno w warunkach

niskiego nawożenia nie przekraczającego  $150 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$  jak i bardzo wysokiego powyżej  $250 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$ . Przyczyny takiego zjawiska mogą być bardzo zróżnicowane i wynikać z wyższej wartości siewnej nasion np. szybkie i wyrównane wschody czy lepsza zdrowotność roślin, ale świadczyć też może to o efektywniejszym wykorzystywaniu zastosowanego nawożenia na plantacjach obsiewanych materiałem siewnym nowych odmian które lepiej wykorzystują istniejące zasoby gleby.

Tabela 6

**Nawożenie a efekt stosowania kwalifikowanego materiału siewnego**  
**Fertilization and the effect of use of certified seeds**

| Rodzaj nasion<br>Kind of seeds     | Liczba pól<br>Number of fields | Nawożenie<br>Fertilization |                               |                    | Plon<br>Yield<br>(dt·ha <sup>-1</sup> ) | Przyrost plonu<br>Yield increase |                     |
|------------------------------------|--------------------------------|----------------------------|-------------------------------|--------------------|-----------------------------------------|----------------------------------|---------------------|
|                                    |                                | poziom<br>level            | NPK<br>(kg·ha <sup>-1</sup> ) | średnio<br>average |                                         | %                                | dt·ha <sup>-1</sup> |
| Pszenica ozima — Winter wheat      |                                |                            |                               |                    |                                         |                                  |                     |
| Ogółem — Total                     | 464                            | bardzo                     |                               | 86,6               | 45,4                                    |                                  |                     |
| Kwalifikowane — Certified          | 103                            | niskie                     | < 150                         | 98,0               | 48,5                                    | 9,0                              | 4,0                 |
| Niekwalifikowane — Uncertified     | 361                            | very low                   |                               | 83,4               | 44,5                                    |                                  |                     |
| Ogółem — Total                     | 371                            | niskie                     |                               | 174,4              | 51,6                                    |                                  |                     |
| Kwalifikowane — Certified          | 135                            | low                        | 150–200                       | 177,0              | 55,5                                    | 12,2                             | 6,1                 |
| Niekwalifikowane — Uncertified     | 236                            |                            |                               | 172,9              | 49,4                                    |                                  |                     |
| Ogółem — Total                     | 692                            | średnie                    |                               | 225,4              | 50,5                                    |                                  |                     |
| Kwalifikowane Certyfied            | 328                            | mean                       | 200–250                       | 226,9              | 54,6                                    | 16,7                             | 7,8                 |
| Niekwalifikowane Uncertified       | 364                            |                            |                               | 224,0              | 46,8                                    |                                  |                     |
| Ogółem — Total                     | 983                            | wysokie                    |                               | 307,4              | 56,6                                    |                                  |                     |
| Kwalifikowane — Certified          | 576                            | high                       | > 250                         | 311,4              | 58,4                                    | 8,1                              | 4,4                 |
| Niekwalifikowane — Uncertified     | 407                            |                            |                               | 301,9              | 54,0                                    |                                  |                     |
| Żyto — Rye                         |                                |                            |                               |                    |                                         |                                  |                     |
| Ogółem — Total                     | 245                            | niskie                     |                               | 52,0               | 23,5                                    |                                  |                     |
| Kwalifikowane — Certified          | 34                             | low                        | < 100                         | 58,8               | 30,5                                    | 36,8                             | 8,2                 |
| Niekwalifikowane — Uncertified     | 211                            |                            |                               | 50,9               | 22,3                                    |                                  |                     |
| Ogółem — Total                     | 262                            | średnie                    |                               | 150,5              | 31,7                                    |                                  |                     |
| Kwalifikowane — Certified          | 114                            | mean                       | 100–180                       | 149,6              | 34,0                                    | 13,3                             | 4,0                 |
| Niekwalifikowane — Uncertified     | 148                            |                            |                               | 151,2              | 30,0                                    |                                  |                     |
| Ogółem — Total                     | 266                            | wysokie                    |                               | 224,9              | 33,7                                    |                                  |                     |
| Kwalifikowane — Certified          | 94                             | high                       | > 180                         | 230,8              | 36,0                                    | 10,1                             | 3,3                 |
| Niekwalifikowane — Uncertified     | 172                            |                            |                               | 219,6              | 32,7                                    |                                  |                     |
| Pszenżyto ozime — Winter triticale |                                |                            |                               |                    |                                         |                                  |                     |
| Ogółem — Total                     | 402                            | niskie                     |                               | 76,7               | 38,7                                    |                                  |                     |
| Kwalifikowane — Certified          | 98                             | low                        | <130                          | 90,1               | 43,3                                    | 16,4                             | 6,1                 |
| Niekwalifikowane — Uncertified     | 304                            |                            |                               | 72,4               | 37,2                                    |                                  |                     |
| Ogółem — Total                     | 608                            | średnie                    |                               | 170,6              | 42,7                                    |                                  |                     |
| Kwalifikowane — Certified          | 268                            | mean                       | 130–200                       | 173,3              | 44,7                                    | 8,8                              | 3,6                 |
| Niekwalifikowane — Uncertified     | 340                            |                            |                               | 168,5              | 41,1                                    |                                  |                     |
| Ogółem — Total                     | 473                            | wysokie                    |                               | 249,1              | 48,0                                    |                                  |                     |
| Kwalifikowane — Certified          | 212                            | high                       | > 200                         | 250,0              | 49,7                                    | 6,4                              | 3,0                 |
| Niekwalifikowane — Uncertified     | 261                            |                            |                               | 248,4              | 46,7                                    |                                  |                     |

Taką hipotezę potwierdzają wyniki badań Webera i Zalewskiego (2006), według których odmiany wprowadzane do uprawy odznaczają się większą efektywnością wykorzystywania azotu niż genotypy z lat osiemdziesiątych. Potrzebna jest tu bardziej szczegółowa,

kompleksowa analiza zależności efektu stosowania kwalifikowanego materiału siewnego od stosowanej agrotechniki, z uwzględnieniem większej liczby czynników, które wpływają na wielkość plonu ziarna. Gdy oceniamy efekty stosowania kwalifikowanego materiału siewnego w kraju nasuwa się pytanie jak uzyskane wartości wyglądają na tle wyników analogicznych badań prowadzonych na świecie. Ze względu na różnice w zastosowanej metodyce, różne okresy prowadzenia badań, zmieniające się warunki pogodowe i technologie prowadzenia upraw, stały dopływ nowych odmian różniących się potencjałem plonowania i sposobem reakcji na warunki środowiska, trudno jest porównywać wyniki badań prowadzonych w kraju. Tym bardziej problematyczne są porównania ocen efektów stosowania kwalifikowanego materiału siewnego w kraju z wynikami badań prowadzonych zagranicą. Do wyżej wymienionych czynników, różnicujących uzyskane wyniki, dochodzą dodatkowe elementy — różnice w tempie postępu hodowlanego i wynikające z nich wartości luki między potencjałem plonowania nowych odmian a plonami uzyskiwanymi przy zastosowaniu własnych nasion oraz, różnice klimatyczno-glebowe i technologiczne. Porównując wyniki widzimy jednak wyraźną zależność uzyskiwanych efektów od wielkości luki między genetycznym potencjałem kwalifikowanego materiału siewnego a potencjałem plonowania nasion własnych, ze zbioru (FSS — Farm saved seed).

Największe efekty stosowania kwalifikowanego materiału siewnego są w rejonach gdzie wraz z nasionami w miejsce starych tradycyjnie od lat uprawianych form wprowadzana jest zupełnie nowa generacja zbóż przystosowanych do intensywnych metod uprawy. Według Agrawala i Jacobsa (2010) wzrost plonowania wynikający z użycia wysokiej jakości nasion plennych odmian wynosi 15–20% a w szczególnych warunkach wzrost może wynieść nawet 30–60%. Wzrost plonowania wykazywany w doświadczeniach prowadzonych w Pakistanie (Tariq i in., 2012) i w Turcji (Tanrivermis i Akdogan, 2007) wynosił odpowiednio 32% i 25%. W Kanadzie, gdzie udział kwalifikowanego materiału siewnego pszenicy w produkcji wynosił 21% (White, 2011) wartości uzyskiwanych efektów są zbliżone do wartości uzyskiwanych w Polsce. Zwyżka plonowania w następstwie stosowania kwalifikowanego materiału siewnego, w relacji do własnych nasion, oceniono na 1,6 buszla na akr czyli 108 kg/ha (Hein, 2012). W badaniach prowadzonych w USA Północnej Dakocie po zastosowaniu kwalifikowanego materiału siewnego uzyskano wzrost plonowania pszenicy *durum* o 7,1% (Spilde, Hafdahl, 1994). W badaniach Bolanda (2001) różnica wynosiła 67 kg/ha (1 bu/acr) co jednak nie wystarczało do pokrycia dodatkowych kosztów związanych z zakupem kwalifikowanego materiału siewnego. Z kolei badania prowadzone na Uniwersytecie w Kansas wykazały, że korzystanie z kwalifikowanego materiału siewnego może zwiększyć plony 2 do 3 buszli z akra (Dhuyvetter i Kastens, 2007).

Brak jest publikacji dokumentujących efekty stosowania kwalifikowanego materiału siewnego w państwach gdzie udział takiego materiału w produkcji jest wysoki, stosowanie kwalifikowanego materiału siewnego jest powszechne, a luka między genetycznym potencjałem plonowania profesjonalnie doczyszczonych i zaprawionych nasion własnych, ze zbioru (FSS — Farm saved seed) a potencjałem kwalifikowanego materiału siewnego jest relatywnie niewielka.

## WNIOSKI

1. Wykazano istotny wzrost plonowania zbóż na polach gdzie stosowano kwalifikowany materiał siewny.
2. Wzrost plonowania w następstwie stosowania kwalifikowanego materiału siewnego wynosił od 12% (pszenżyto) do 23% (żyto). Po ujednoliceniu warunków agrotechnicznych i środowiskowych różnice w plonach były odpowiednio mniejsze ale także istotne i mieściły się w przedziale 6,6–13,1%.
3. Wydłużanie okresu użytkowania nasion własnych (ze zbioru w gospodarstwach) powoduje statystycznie istotne spadki plonowania zbóż.
4. Efekty stosowania kwalifikowanego materiału siewnego żyta i pszenżyta zwiększały się wraz z poprawą jakości gleby. W przypadku pszenicy ozimej warunki glebowe nie wpływały istotnie na zmianę różnic w plonie.
5. Większe efekty stosowania materiału kwalifikowanego uzyskiwano na polach gdzie stosowano niższe nawożenie.

## LITERATURA

- Agrawal P. K., Jacob S. R. 2010. Technologies for increased crop yield. 29<sup>th</sup> Congress of the International Seed Testing Association, Cologne.
- Boland M., Dhuyvetter K. C., Hove M. 2001. Economic issue with certified and farmer-saved seed wheat seed. Kansas State University Agricultural Experiment Station.
- Dhuyvetter K. C., Kastens T. L. 2007. The dollars and sense of certified wheat seed. Strengthening the Wheat Seed Industry. Conferences materials. Wichita Falls, February, 13 2007.
- Hein T. 2012 An investment of the future. Grain farmers of Ontario. [www.ontariograinsfarmer.ca](http://www.ontariograinsfarmer.ca).
- Krasowicz S., Oleszek W., Horabik J., Dębicki R., Jankowiak J., Stuczyński T., Jadczyński J. 2011. Racjonalne gospodarowanie środowiskiem glebowym Polski. Polish Journal of Agronomy Nr 7: 43 — 58.
- Łozowicka B. 2012. Integrowana ochrona roślin, jako przeciwdziałanie skażeniu pestycydami produktów rolnych i środowiska (system kontroli pozostałości i wyniki). Wybrane problemy integrowanej ochrony kukurydzy oraz zbóż w warunkach północno wschodnich rejonów Polski. Materiały konferencyjne. IOR Poznań.
- Mądry W., Mańkowski D. R., Kaczmarek Z., Krajewski P., Studnicki M. 2010. Metody statystyczne oparte na modelach liniowych w zastosowaniach do doświadczalnictwa, genetyki i hodowli roślin. Monografie i Rozprawy Naukowe IHAR Nr 34.
- Oleksiak T. 2009. Plony pszenicy ozimej w zależności, od jakości stosowanego materiału siewnego. Biul. IHAR. Nr 251: 83 — 93.
- Oleksiak T. 2013. Rynek środków produkcji dla rolnictwa — stan i perspektywy. Analizy Rynkowe. Rynek nasion Nr 40: 39 — 45.
- Oleksiak T., Mańkowski D. R. 2005. Interakcja odmian pszenicy ozimej w zmiennych warunkach środowiskowych na podstawie wyników badań ankietowych. Biul. IHAR 235: 5 — 11.
- Podolska G. 2009. Reakcja odmian pszenicy ozimej na nawożenie azotem w doświadczeniach wazonowych. Biul. IHAR 253: 83 — 91.
- SAS Institute Inc. 2004. SAS 9.1 Companion for Windows. Cary, NC, USA, SAS Publishing, SAS Institute Inc.
- Spilde L. A., Hafsdahl M. P. 1994. Quality of Durum Seed Planted in North Dakota. Journal of Production Agriculture. Vol. 7 No. 3: 352 — 355.
- Tanrivermis H., Akdogan I. 2007. The use of certified seeds of improved wheat varieties in farms and the contributions of certified seed usage to enterprise economies: The case of Ankara Province in Turkey. Pak. J. Biol. Sci. 1 (24): 4339 — 4353.

- Tariq M., Omer R., Mian M., Rehman O., Virk A., Abbass K. 2012. Promoting certified seed availability of wheat (*Triticum aestivum* L) through public-private partnership and its impact on yield in rainfed areas. Pakistan J. Agric. Res. Vol. 25 No. 3: 174 — 180.
- Weber R., Zalewski D., 2006 Wpływ interakcji genotypowo-środowiskowej na plonowanie pszenicy ozimej. Biul. IHAR Nr 240/241: 33 — 42.
- Weber R., Zalewski D., Bujak H., Kaczmarek J., Śmiałek E. 2011. Interakcja odmian pszenicy ozimej z warunkami środowiska w kształtowaniu poziomu plonowania na podstawie wyników PDO na dolnym Śląsku. Annales Universitatis Mariae Curie-Skłodowska VOL. LXVI (2) Sectio E: 2 — 10.
- White E. 2013. New focus placed on wheat. The Western Producer. <http://www.producer.com>.
- Wicki L. 2008. Produkcyjne i ekonomiczne efekty stosowania kwalifikowanego materiału siewnego w produkcji zbóż jarych i ziemniaków. Roczniki Nauk Rolniczych. Seria G. Tom 95 Z. 2: 48 — 59.
- Witek T. (red.) 1981. Waloryzacja rolniczej przestrzeni produkcyjnej Polski. Wyd. IUNG Puławy A-40: 334 — 410.



**KINGA MYSZKA****DANUTA BOROS**Samodzielna Pracownia Oceny Jakości Produktów Roślinnych  
Instytut Hodowli i Aklimatyzacji Roślin — PIB w Radzikowie

## Poszukiwanie genotypów owsa o poprawionej wartości odżywczej oraz wysokich właściwościach bioaktywnych

### Search for new genotypes of oats with improved nutritional value and high bioactive properties

Celem badań było wskazanie rodów owsa charakteryzujących się wysoką wartością żywieniową i bioaktywną, na którą składa się wysoka zawartość białka, tłuszczu, składników mineralnych i skrobi, ale także błonnika pokarmowego z wysoką koncentracją rozpuszczalnego  $\beta$ -glukanu. Materiał do badań stanowiło ziarno obłuszczone nowych 11 rodów i rodu nagiego owsa oraz odmiany wzorcowe Arden i Bingo wraz z odmianą nagą, Nagus. Oznaczono następujące składniki: białko, składniki mineralne, lipidy ogółem, skrobię strawną, NSP z podziałem na rozpuszczalne i nierozpuszczalne, w tym  $\beta$ -glukan, ligniny Klasona. Oznaczono także lepkość ekstraktu wodnego, która to cecha jest główną miarą właściwości funkcjonalnych ziarna owsa i pośrednią metodą pomiaru poziomu rozpuszczalnego  $\beta$ -glukanu. Płewka stanowiła średnio 25,4% masy ziarniaka, przy czym największym jej udziałem (29,8%) odznaczał się ród POB 2085/09, najmniejszą odmiana Bingo (21,6%). Pod względem zawartości w ziarnie składników odżywczych, wyliczonych jako suma zawartości białka, składników mineralnych, lipidów i skrobi, wyróżniały się rody STH 8307 i POB 2149/09 oraz odmiana Arden, dla których suma ta wynosiła odpowiednio 80,2; 80,1 oraz 82%. W odniesieniu do wskaźnika właściwości bioaktywnych najwyższymi jego wartościami charakteryzowało się ziarno dwóch nągich genotypów, odmiany Nagus (26,7) i rodu STH 8307 (24,2) oraz obłuszczone genotypu oplewionego STH 8030 (23,1). Ród STH 8307 był genotypem łączącym wysoką wartość odżywczą ziarna z wysokimi właściwościami prozdrowotnymi.

**Słowa kluczowe:** błonnik pokarmowy,  $\beta$ -glukan, owies obłuszczony, wartość odżywcza

The aim of the study was to select genotypes with improved content of nutrients and of high bioactive properties from the most advanced breeding materials of oat in Poland. Material for the study comprised dehulled grain of 11 new hulled breeding lines of oats and a naked one and also two standard varieties, Arden and Bingo, together with a naked one, Nagus. The following components were analyzed: protein, minerals, lipids, digestible starch, dietary fibre and its constituents, Klason lignin, nonstarch polysaccharides with soluble and insoluble polymers including  $\beta$ -glucan. The viscosity of

grain water extract was also determined as the main indicator of functional properties of oat and also as a simple indirect assay for measuring the level of soluble  $\beta$ -glucan. Husk constituted on average 25.4% of the kernel weight, its largest share (29.8%) was found in the breeding line POB 2085/09, while the smallest (21.6%) in variety Bingo. The highest content of nutrients (SSO), estimated as the sum of protein, minerals, lipids and starches was scored in two genotypes, STH 8307 and POB 2149/09 and also in variety Arden (80.2; 80.1 and 82%, respectively). With regard to the bioactive properties, the highest values were found in the grain of two naked genotypes, variety Nagus (26.7) and strain STH 8307 (24.2) and also in a dehulled grain of hulled genotype STH 8030 (23.1). The STH 8307 was a genotype combining the high nutritional value with high health-promoting properties of the grain.

**Key words:** dehulled oat, dietary fibre,  $\beta$ -glucan, nutritive value

## WSTĘP

Owies i produkty owsiane zaliczane są do żywności funkcjonalnej. W porównaniu do typowych zbóż chlebowych, ziarno owsa cechuje się mniejszą zawartością węglowodanów, zwłaszcza skrobi oraz większą ilością  $\beta$ -glukanów i pentozanów, będących głównymi składnikami błonnika pokarmowego (Wood, 1990; Kawka, 2010; Lange, 2010).  $\beta$ -glukany jako główny składnik rozpuszczalnej frakcji błonnika owsa zwiększają lepkość treści pokarmowej, absorbują kwasy żółciowe i cholesterol egzogeny w przewodzie pokarmowym, tworzą również na ściankach jelita cienkiego warstwę ochronną ograniczającą wchłanianie cholesterolu z pożywienia. Dzięki zdolności do tworzenia żeli w przewodzie pokarmowym, przyczyniają się również do zmniejszenia stężenia glukozy poposiłkowej we krwi (Gibiński, 2005; Lange, 2010; Kwong i in., 2013). Białko owsa jest spośród wszystkich zbóż najbogatsze w aminokwasy egzogenne (41%) i frakcję globulinową (80%), co wpływa na jego wysoką wartość odżywczą (Kawka, 2010; Lange, 2010). Tłuszcz owsiany bogaty jest w nienasycone kwasy tłuszczowe, które stanowią około 80% wszystkich kwasów. Są to głównie kwasy: oleinowy (29–53%), linolowy (24–48%),  $\alpha$ -linolenowy (1–5%) zaliczane do niezbędnych nienasyconych kwasów tłuszczowych, których organizm człowieka nie potrafi samodzielnie wytwarzać (Gibiński, 2005; Kawka, 2010; Lange, 2010). W oplewionych ziarnach owsa znajduje się 4–6% tłuszczu, a ziarnach obłuszczonych czy form nagich sięga nawet 11% (Nita, 1999; Piątkowska i in., 2010). W ziarnie owsa stwierdzono również obecność związków, które charakteryzują się silnymi właściwościami przeciwutleniającymi. Należą do nich związki polifenolowe, m. in. kwasy fenolowe, flawonoidy, fitoestrogeny oraz awentramidy. Związki te są równomiernie rozmieszczone w ziarnie, dlatego w procesie obłuszczenia nie występują ich straty, a dzięki temu, że są termostabilne, nie tracą swoich cennych właściwości w trakcie obróbki technologicznej (Gibiński, 2005). Owies zawiera również duże ilości witamin z grupy B, zwłaszcza tiaminy ( $B_1$ ), witaminę E oraz składniki mineralne, a wśród nich cenny dla naszego zdrowia cynk (Lange, 2010).

Równoległe z coraz większą świadomością konsumentów o profilaktycznej roli żywności funkcjonalnej rośnie na świecie popyt na żywność o ukierunkowanym, korzystnym oddziaływaniu na organizm. Jej produkcja wzrasta w tempie 8–14% rocznie, a wartość tego rynku szacowana jest na poziomie 80 mld USD (Oleksy, 2007). Wynika stąd również duże zainteresowanie samym ziarnem owsa i jego przetworami. Występująca

duża zmienność genotypowa zawartości składników o działaniu profilaktycznym, w szczególności  $\beta$ -glukanu w ziarnie owsa wzbudza zainteresowanie przemysłu spożywczego odmianami tego zboża o największej ich koncentracji (Redaelli i in., 2013). Dostępność odmian owsa o wysokiej zawartości  $\beta$ -glukanu byłaby ogromnym atutem w produkcji żywności o korzystnym wpływie na nasze zdrowie. Zespoły hodowców na świecie pracują różnymi metodami nad wytworzeniem odmian o podwyższonym poziomie tego składnika w ziarnie (Sikora i in., 2013). Taki między innymi nowy kierunek hodowlany został zapoczątkowany również w Polsce, co według Nity (1999) powinno przyczynić się podwyższenia efektywności uprawy owsa i większego zapotrzebowania na jego ziarno.

Celem niniejszej pracy było wskazanie form owsa charakteryzujących się wysoką wartością żywieniową oraz prozdrowotną, na którą składa się wysoka zawartość białka, tłuszczu, a przede wszystkim błonnika pokarmowego z wysoką koncentracją rozpuszczalnego  $\beta$ -glukanu.

#### MATERIAŁ I METODY

Materiał do badań stanowiły te same trzy zestawy obłuszczonego ziarna, każdy składający się z 12 rodów owsa oraz trzech odmian wzorcowych, Arden i Bingo oraz formy nagiej Nagus. Pośród badanych rodów był jeden ród nagoziarnisty. Każdy zestaw został wyprodukowany w 3 odmiennych warunkach glebowo-klimatycznych: Choryni, Polanowicach i Strzelcach w roku 2011. Płewkę usunięto ręcznie, następnie ziarno zmielono w młynku laboratoryjnym Cyclotec firmy Tecator na sitach o średnicy 0,5 mm. W tak przygotowanym materiale wykonano następujące analizy fizyko-chemiczne: suchą masę, składniki mineralne, białko i lipidy ogółem, skrobię strawną, nieskrobiowe polisacharydy (NSP) z podziałem na rozpuszczalne (S-NSP) i nierozpuszczalne (I-NSP), w tym  $\beta$ -glukan oraz ligninę Klasona. Oznaczono także lepkość ekstraktu wodnego (WEV). Suchą masę ziarna oznaczano zgodnie z metodą AACC 44–15A (2003), według której 2 g próby suszono w temperaturze 105°C przez 16 godzin do uzyskania stałej masy. Sumę składników mineralnych oznaczono grawimetrycznie, zgodnie z metodą AACC 08–01, na podstawie zawartości popiołu, po 5. godzinnym spalaniu próby w piecu muflowym w temperaturze 550°C (2003). Grawimetrycznie oznaczono także lipidy ogółem po wyekstrahowaniu 3 g próby roztworem chloroformu, metanolu i kwasu solnego zmieszanych w proporcji 60:40:1 (v/v/v) (Marchello i in., 1971). Zawartość białka oznaczono metodą Dumasa na aparacie Rapid N Cube firmy Elementar, zgodnie z procedurą AACC 46-30 (2003), stosując współczynnik przeliczeniowy azotu na białko, który wynosi 6,25. Skrobię strawną oznaczono przy użyciu kitu Megazyme (K-TSTA) zgodnie z metodami AACC 76-13 (2003). Błonnik pokarmowy oznaczono w oparciu o metodę enzymatyczno-chemiczną, tzw. metodą Uppsalską (AACC 32-25, 2003), jako sumę nieskrobiowych polisacharydów oraz ligniny Klasona (Theander i in., 1995; Approved Methods of the AACC, 2003). Zawartość nieskrobiowych polisacharydów (NSP) oznaczono metodą chromatografii gazowej według Englysta i Cummingsa (1984), jako sumę cukrów: arabinozy, ksylozy, mannozy, galaktozy i glukozy. Uzyskane po

hydrolizie polisacharydów kwasem siarkowym monomery w/w cukrów upochodniono do lotnych pochodnych octanu alditolu i oznaczono na chromatografie gazowym Autosystem XL, firmy Perkin Elmer, wyposażonym w autosampler, injektor ze splitem, detektor płomieniowo-jonizacyjny (FID) oraz kapilarną kolumnę kwarcową Rtx- 225 o wymiarach 0,53 mm × 30 m. Metoda ta pozwala na rozdzielenie frakcji rozpuszczalnej i nierozpuszczalnej nieskrobiowych polisacharydów, a także określenie składu polisacharydów poszczególnych frakcji. Zawartość ligniny Klasona oznaczono grawimetrycznie według Theandera i in. (1995), natomiast zawartość  $\beta$ -glukanu analizowano przy użyciu kitu Megazyme (K-BGLU) zgodnie ze standardową procedurą AACC 32-23 (2003). W celu oznaczenia lepkości wodnego ekstraktu (WEV) ziarno ekstrahowano w wodzie destylowanej w stosunku 1:5 (w/w), w temperaturze 30°C przez godzinę. Otrzymaną w ten sposób zawiesinę wirowano przez 10 minut przy prędkości 5 000 obr/min, po czym zmierzono lepkość na lepkościomierzu Brookefielda (model LVDV-III) w temperaturze 30°C przy prędkości ścinania 30 rpm (Boros i in., 1993).

Każdą analizę wykonano w przynajmniej dwóch powtórzeniach, błąd każdej z nich nie przekracza 3%. Przedstawione wyniki zawartości składników ziarna są wartościami średnimi ziarna z trzech lokalizacji uprawy.

Uzyskane wyniki badań poddano analizie statystycznej (analiza wariancji, procedura porównań wielokrotnych Tukeya) przy użyciu Systemu SAS w wersji 9.2 (SAS Institute Inc., 2009).

#### WYNIKI I DYSKUSJA

Jedną z cech decydujących o przydatności owsa do przetwórstwa i jego wartości pokarmowej dla zwierząt jest udział plewki w plonie ziarna. Zbyt wysoki obniża wartość pokarmową i technologiczną, stąd trend w hodowli tego gatunku w kierunku odmian nagoziarnistych lub odmian oplewionych o ziarnie dużym, dobrze wyrównanym z relatywnie mniejszą zawartością plewki (Lutowska i in., 2008). Taki kierunek jest również prowadzony w Polsce, który ma gwarantować wytworzenie odmian o podwyższonej jakości ziarna (Nita, 1999). Dla badanego materiału hodowlanego największy udział plewki (29,8%) stwierdzono w ziarnie rodu POB 2085/09, najmniejszy (23%) w dwóch rodach, DC 1193 oraz STH 9010 (tab. 1). Średnia jej zawartość w badanym materiale dla form oplewionych była na poziomie 25,4%. Ogólnie najmniejszym udziałem plewki charakteryzowało się ziarno wzorcowej odmiany Bingo (21,6%). W badanych formach owsa nagiego znaleziono niewielkie ilości plewki, jej udział wynosił 0,3% i 1,4%. Wyższe zakresy udziału plewki w owsie oplewionym uzyskali Pisulewska i in. (2010), co może wskazywać na pewien postęp hodowlany tej cechy ziarna owsa. W badaniach tych autorów udział plewki w odmianach owsa uprawianych w Polsce wynosił od 26,1% do 32,4%. Badania innych polskich autorów wykazały, że udział plewki w masie ziarna może być znacznie większy, sięgać średnio nawet 39,5% (Pilzłó i in., 1999), na który istotny wpływ obok genotypu miały również warunki uprawy. Nasze wyniki są w dużym stopniu zgodne w wynikami Butta i in. (2008), którzy stwierdzili, iż udział plewki w owsie zazwyczaj mieści się w granicach 25–30% masy ziarna.

Tabela 1

Udział plewki oraz zawartość składników odżywczych w badanych próbkach obłuszczonego ziarna owsa (% sm)

Hull share and content of nutrients in analyzed samples of dehulled grain of oat (% dm)

| Rody owsa<br>Oat breeding<br>lines | Udział plewki<br>Hulls content | Białko<br>Protein  | Popiół<br>Ash      | Lipidy<br>Lipids  | Skrobia<br>Starch     | SSO*                |
|------------------------------------|--------------------------------|--------------------|--------------------|-------------------|-----------------------|---------------------|
| ARDEN                              | 25,2                           | 15,1 <sup>f</sup>  | 2,1 <sup>f</sup>   | 6,6 <sup>l</sup>  | 58,2 <sup>a</sup>     | 82,0 <sup>a</sup>   |
| BINGO                              | 21,6                           | 14,7 <sup>g</sup>  | 2,1 <sup>f</sup>   | 7,6 <sup>g</sup>  | 52,3 <sup>cdefg</sup> | 76,7 <sup>def</sup> |
| DC 1193                            | 23,1                           | 14,6 <sup>g</sup>  | 2,1 <sup>f</sup>   | 6,4 <sup>m</sup>  | 52,5 <sup>cdefg</sup> | 75,6 <sup>ef</sup>  |
| DC 1329                            | 26,5                           | 15,8 <sup>d</sup>  | 2,2 <sup>cde</sup> | 7,0 <sup>k</sup>  | 54,4 <sup>bc</sup>    | 79,5 <sup>bc</sup>  |
| DC 1776                            | 25,1                           | 16,6 <sup>b</sup>  | 2,4 <sup>a</sup>   | 7,3 <sup>i</sup>  | 50,4 <sup>gh</sup>    | 76,7 <sup>def</sup> |
| POB 158/09                         | 26,0                           | 15,1 <sup>f</sup>  | 2,2 <sup>de</sup>  | 7,4 <sup>h</sup>  | 54,3 <sup>bcd</sup>   | 79,0 <sup>bc</sup>  |
| POB 1882/09                        | 24,7                           | 15,2 <sup>ef</sup> | 2,1 <sup>f</sup>   | 7,0 <sup>k</sup>  | 53,9 <sup>bcd</sup>   | 78,2 <sup>bcd</sup> |
| POB 2085/09                        | 29,8                           | 17,0 <sup>a</sup>  | 2,4 <sup>a</sup>   | 8,0 <sup>f</sup>  | 48,8 <sup>h</sup>     | 76,1 <sup>def</sup> |
| POB 2149/09                        | 24,6                           | 15,7 <sup>d</sup>  | 2,3 <sup>b</sup>   | 7,2 <sup>j</sup>  | 54,9 <sup>b</sup>     | 80,1 <sup>ab</sup>  |
| POB 342/09                         | 26,5                           | 15,9 <sup>d</sup>  | 2,3 <sup>c</sup>   | 8,1 <sup>e</sup>  | 51,9 <sup>efg</sup>   | 78,1 <sup>bcd</sup> |
| STH 8030                           | 27,6                           | 16,2 <sup>c</sup>  | 2,3 <sup>b</sup>   | 10,1 <sup>b</sup> | 49,2 <sup>h</sup>     | 77,8 <sup>cd</sup>  |
| STH 9010                           | 23,0                           | 14,8 <sup>g</sup>  | 2,1 <sup>f</sup>   | 7,6 <sup>g</sup>  | 52,2 <sup>cdefg</sup> | 76,7 <sup>def</sup> |
| STH 9110                           | 26,0                           | 15,4 <sup>e</sup>  | 2,2 <sup>cd</sup>  | 8,3 <sup>d</sup>  | 49,0 <sup>h</sup>     | 74,9 <sup>f</sup>   |
| NAGUS                              | 0,3                            | 14,7 <sup>g</sup>  | 2,2 <sup>c</sup>   | 9,9 <sup>c</sup>  | 51,0 <sup>fgh</sup>   | 77,8 <sup>cde</sup> |
| STH 8307                           | 1,4                            | 14,7 <sup>g</sup>  | 2,0 <sup>g</sup>   | 10,6 <sup>a</sup> | 52,9 <sup>bcd</sup>   | 80,2 <sup>ab</sup>  |
| Średnia wartość<br>Mean value      | 25,4**                         | 15,4               | 2,2                | 7,9               | 52,4                  | 78,0                |
| CV                                 | 8,4                            | 4,8                | 4,7                | 16,4              | 4,9                   | 2,5                 |

Wartości w kolumnach opatrzone nie tymi samymi literami różnią się istotnie przy  $P < 0,05$

Values within a given column not followed by the same superscript letter are significantly different at  $P < 0,05$

\*SSO — suma składników odżywczych; sum of nutrients; \*\* — tylko dla form oplewionych ; only for hulled forms

Badane genotypy owsa różniły się istotnie zawartością składników odżywczych ziarna, takich jak białka, składników mineralnych, lipidów i skrobi oraz składników bioaktywnych, takich jak błonnik pokarmowy wraz z jego komponentami, a mianowicie nieskrobiowymi polisacharydami,  $\beta$ -glukanem i ligniną Klasona (tab. 1 i 2).

Zawartość białka w ziarnie owsa, jednego z najważniejszych składników chemicznych wpływających na jego wartość pokarmową, jest w największym stopniu uwarunkowana genetycznie. Według Gąsiorowskiego (1992) w obłuszczonego ziarnie owsa jest od 10 do 25% więcej białka w porównaniu z innymi zbożami. W niektórych odmianach amerykańskich owsa jego zawartość w ziarnie sięga nawet około 24% (Bartnikowska i in., 2000). W badaniach własnych średnia ilość białka w ziarnie obłuszczonego wynosiła 15,4% (tab. 1). Istotnie wyższą ( $P < 0,05$ ) jego zawartość (17,0%) stwierdzono dla rodu POB 2085/09, natomiast w grupie o najniższej jego ilości, poniżej 15,0%, znalazły się cztery rody i odmiana Bingo. Mniejsze zakresy zawartości białka w owsie obłuszczonego stwierdzili w swoich badaniach Gleń (2004) oraz Lutowska i in. (2008) na poziomie odpowiednio 1–16% oraz 11,4–15,3%). W materiale badanym przez Gibińskiego (2005) średnia zawartość białka w odmianach bez plewki była na poziomie 15,1%, a więc zbliżonym do materiału analizowanego w niniejszych badaniach.

Owies jest bogatym źródłem składników mineralnych, bogatszym niż tradycyjne zboża chlebowe, pszenica i żyto. W badanym materiale średnia zawartość składników mineralnych wynosiła 2,2%, przy czym stwierdzono istotne różnice pomiędzy genotypami

pod względem tej cechy (tab. 1). Największą ich ilość (2,4%) miały rasy DC 1776 oraz POB 2085/09. Najniższą zawartością składników mineralnych (2,0%) charakteryzował się nagoziarnisty ród STH 8307. Z wcześniejszych badań Lutowskiej i in. (2008) wynika, iż zawartość substancji mineralnych w ziarnie po obłuszczeniu jest na poziomie około 2%. Natomiast Bartnikowska i in. (2000) podają, iż ilość popiołu w owsie pozbawionym plewki mieści się w bardzo szerokim zakresie, od 2,0 do 3,4%. Warty podkreślenia jest fakt wyższej koncentracji żelaza, manganu i wapnia w puli składników mineralnych owsa, aniżeli pszenicy, jęczmienia czy żyta (Bartnikowska i in., 2000).

Tabela 2

**Zawartość składników bioaktywnych w obłuszczonej ziarnie owsa (% sm)**  
**Content of bioactive components in dehulled grain of oat (% dm)**

| Rody owsa<br>Oat breeding lines | I-NSP               | S- NSP             | T- NSP              | β-glukan<br>β-glucan | Lignina Klasona<br>Klason lignin | TDF                | WEV<br>[mP.s]     | WWB<br>IBQ         |
|---------------------------------|---------------------|--------------------|---------------------|----------------------|----------------------------------|--------------------|-------------------|--------------------|
| ARDEN                           | 3,9 <sup>bcd</sup>  | 4,1 <sup>h</sup>   | 7,9 <sup>ghi</sup>  | 3,7 <sup>gh</sup>    | 4,8 <sup>d</sup>                 | 12,7 <sup>d</sup>  | 1,59 <sup>h</sup> | 19,2 <sup>g</sup>  |
| BINGO                           | 3,7 <sup>def</sup>  | 4,4 <sup>def</sup> | 8,1 <sup>efgh</sup> | 4,0 <sup>de</sup>    | 4,2 <sup>gh</sup>                | 12,4 <sup>c</sup>  | 1,79 <sup>c</sup> | 20,5 <sup>de</sup> |
| DC 1193                         | 3,7 <sup>def</sup>  | 4,1 <sup>gh</sup>  | 7,9 <sup>hi</sup>   | 3,5 <sup>i</sup>     | 4,1 <sup>h</sup>                 | 11,9 <sup>f</sup>  | 1,53 <sup>i</sup> | 18,4 <sup>h</sup>  |
| DC 1329                         | 3,9 <sup>abcd</sup> | 4,2 <sup>gh</sup>  | 8,1 <sup>efgh</sup> | 4,1 <sup>c</sup>     | 4,6 <sup>ef</sup>                | 12,7 <sup>d</sup>  | 1,58 <sup>h</sup> | 19,3 <sup>fg</sup> |
| DC 1776                         | 4,2 <sup>a</sup>    | 4,9 <sup>ab</sup>  | 9,1 <sup>a</sup>    | 4,6 <sup>a</sup>     | 5,6 <sup>b</sup>                 | 14,7 <sup>a</sup>  | 1,72 <sup>c</sup> | 23,3 <sup>c</sup>  |
| POB 158/09                      | 3,5 <sup>fg</sup>   | 4,3 <sup>fgh</sup> | 7,7 <sup>i</sup>    | 4,3 <sup>b</sup>     | 5,1 <sup>c</sup>                 | 12,8 <sup>d</sup>  | 1,69 <sup>f</sup> | 20,0 <sup>ef</sup> |
| POB 1882/09                     | 3,7 <sup>defg</sup> | 4,3 <sup>fg</sup>  | 8,0 <sup>fghi</sup> | 3,8 <sup>efg</sup>   | 4,6 <sup>def</sup>               | 12,6 <sup>de</sup> | 1,58 <sup>h</sup> | 19,5 <sup>fg</sup> |
| POB 2085/09                     | 4,1 <sup>abc</sup>  | 4,7 <sup>bc</sup>  | 8,8 <sup>b</sup>    | 4,1 <sup>c</sup>     | 3,8 <sup>i</sup>                 | 12,6 <sup>de</sup> | 1,57 <sup>h</sup> | 20,0 <sup>ef</sup> |
| POB 2149/09                     | 4,1 <sup>abc</sup>  | 4,1 <sup>gh</sup>  | 8,2 <sup>efg</sup>  | 3,5 <sup>hi</sup>    | 4,4 <sup>g</sup>                 | 12,6 <sup>de</sup> | 1,57 <sup>h</sup> | 19,1 <sup>g</sup>  |
| POB 342/09                      | 3,9 <sup>bcd</sup>  | 4,3 <sup>fgh</sup> | 8,2 <sup>efgh</sup> | 3,8 <sup>fg</sup>    | 4,6 <sup>f</sup>                 | 12,7 <sup>d</sup>  | 1,63 <sup>g</sup> | 19,7 <sup>fg</sup> |
| STH 8030                        | 4,1 <sup>ab</sup>   | 4,6 <sup>cde</sup> | 8,7 <sup>bc</sup>   | 3,9 <sup>ef</sup>    | 6,3 <sup>a</sup>                 | 15,0 <sup>a</sup>  | 1,75 <sup>d</sup> | 23,1 <sup>c</sup>  |
| STH 9010                        | 3,6 <sup>efg</sup>  | 4,7 <sup>cd</sup>  | 8,3 <sup>def</sup>  | 4,5 <sup>ab</sup>    | 3,4 <sup>i</sup>                 | 11,7 <sup>f</sup>  | 1,68 <sup>f</sup> | 19,6 <sup>fg</sup> |
| STH 9110                        | 3,8 <sup>cde</sup>  | 4,4 <sup>efg</sup> | 8,2 <sup>efgh</sup> | 4,1 <sup>cd</sup>    | 4,7 <sup>def</sup>               | 12,8 <sup>cd</sup> | 1,81 <sup>c</sup> | 20,8 <sup>d</sup>  |
| NAGUS                           | 3,4 <sup>g</sup>    | 5,1 <sup>a</sup>   | 8,6 <sup>bcd</sup>  | 4,6 <sup>a</sup>     | 5,5 <sup>b</sup>                 | 14,1 <sup>b</sup>  | 2,46 <sup>a</sup> | 26,7 <sup>a</sup>  |
| STH 8307                        | 3,7 <sup>defg</sup> | 4,7 <sup>bc</sup>  | 8,4 <sup>cde</sup>  | 4,3 <sup>b</sup>     | 4,8 <sup>de</sup>                | 13,2 <sup>c</sup>  | 2,30 <sup>b</sup> | 24,2 <sup>b</sup>  |
| Średnia — Mean                  | 3,8                 | 4,5                | 8,3                 | 4,0                  | 4,7                              | 13,0               | 1,7               | 20,9               |
| CV                              | 5,8                 | 7,1                | 4,5                 | 8,6                  | 15,5                             | 7,2                | 15,6              | 11,2               |

Wartości w kolumnach opatrzone nie tymi samymi literami różnią się istotnie przy  $P < 0,05$

Values within a given column not followed by the same superscript letter are significantly different at  $P < 0,05$

NSP — nieskrobiowe polisacharydy (I-NSP frakcja nierozpuszczalna w wodzie; S-NSP frakcja rozpuszczalna; T-NSP — ogółem, jako suma I-NSP i S-NSP); TDF— błonnik pokarmowy; WWB — wskaźnik właściwości bioaktywnych ziarna; WEV — lepkość wodnego ekstraktu ziarna; NSP — nonstarch polysaccharides, (I-SP water insoluble fraction; S-NSP water soluble fraction; T-NSP total — a sum of I-NSP and S-NSP); TDF— Total Dietary Fibre; IBQ- Index of Bioactive Quality

Zawartość tłuszczu w owsie jest 3–5 razy większa aniżeli w innych zbożach (Bartnikowska i in., 2000). W obrębie badanego materiału istotnie wyższą ( $P < 0,05$ ) zawartość lipidów (10,6%) stwierdzono dla rodu nagiego STH 8307, przy wartości średniej 7,9%, podczas gdy najniższą ilością lipidów (6,4%) charakteryzował się ród DC 1193. Gibiński (2005) podaje, że zawartość tłuszczu w odmianach przez niego badanych kształtowała się na poziomie 5,9–6,5%. Z kolei według Bartnikowskiej (2000) w obłuszczonej ziarnie owsa średnio jest 7,9% tłuszczu, a ponadto w odmianach nagich jego ilość jest zwykle większa. W naszych badaniach również stwierdziliśmy najwyższy poziom lipidów w rodzie nagim, jednakże na drugim miejscu uplasował się ród oplewiony, który po obłuszczeniu istotnie przewyższał ilością lipidów nagą odmianę wzorcową Nagus (tab. 1). Według Browna i Craddocka (1972) zawartość lipidów w owsie obłuszczonej

waha się w szerokich granicach od 3,1 do 11,6% i jest głównie uwarunkowana genetycznie (Pisulewska i in., 2011).

Owies, w porównaniu z innymi zbożami, jest uboższy w węglowodany. W grupie polisacharydów dominuje skrobia, która w porównaniu ze skrobią innych zbóż, charakteryzuje się specyficznymi właściwościami fizycznymi, chemicznymi i strukturalnymi, tj. najmniejszym rozmiarem ziaren skrobiowych, największą zawartością substancji tłuszczowych, odmiennymi właściwościami reologicznymi oraz niższą skłonnością do retrogradacji (Kościelny i in., 2008). W badanych genotypach średnia zawartość skrobi wynosiła 52,4%. Odmianą o istotnie wyższej ilości tego składnika była odmiana Arden (58,2%) natomiast w grupie o istotnie niższej zawartości znalazły się dwa rody POB 2085/09 oraz STH 8030 (odpowiednio 48,8% i 49,2%). Pod względem zróżnicowania zawartości skrobi wyniki te są zbliżone do zakresu zmienności stwierdzonej przez innych autorów (Boros i in., 2012; Gibiński i in., 2005).

O wartości odżywczej danego surowca do produkcji żywności decyduje suma zawartości białka, skrobi, lipidów oraz składników mineralnych. Są one niezbędnymi dla życia substancjami, dzięki którym możliwe jest prawidłowe funkcjonowanie organizmu, jego odpowiedni wzrost i rozwój. Dla pełnej charakterystyki wartości żywieniowej badanych genotypów owsa wyliczono sumę składników odżywczych (SSO). Wartość średnia SSO dla analizowanego materiału wynosiła 78%. Dla siedmiu genotypów wartość tego wskaźnika przekraczała wartość średnią, przy czym istotnie wyższą ilością składników odżywczych charakteryzowała się odmiana Arden (82%), podczas gdy statystycznie niższą zawartością składników odżywczych odznaczał się ród STH 9110 (74,9%).

Unikalne właściwości prozdrowotne ziarna owsa i produktów owsianych są związane z wysoką zawartością błonnika pokarmowego, którego cechą charakterystyczną jest wysoki udział frakcji rozpuszczalnych (Wood, 1990). W niniejszych badaniach stwierdzono istotnie wyższą zawartość błonnika pokarmowego ogółem w ziarnie dwóch nowych rodów STH 8030 i DC 1776 (15 i 14,7%) oraz w odmianie Nagus (14,1%) w porównaniu do wartości średniej (13%) uzyskanej dla 15 genotypów owsa (tab. 2). W grupie o istotnie niższej zawartości błonnika znalazły się dwa rody owsa DC 1193 i STH 9010 (po około 11,8%). Z danych literaturowych wynika, iż zawartość błonnika pokarmowego w obłuszczonej ziarnie owsa jest znacznie zróżnicowana. Według Gibińskiego i in. (2005) ilość tego składnika w odmianach bez łuski mieści się w granicach 12,0–14,1%. Znacznie szerszy zakres, od 8,6 do 14,4%, podaje dla analizowanych form owsa Lutowska i in. (2008). Z kolei w naszych wcześniejszych badaniach ziarna 27 odmian owsa przeznaczonych do uprawy w Polsce oraz 12 wyróżniających się rodów hodowlanych (Boros i in., 2012), zawartość błonnika pokarmowego ogółem była w zakresie od 10,5 do 14,7%, przy średnim poziomie równym 12,2%. Najważniejszym z prozdrowotnego punktu widzenia składnikiem błonnika pokarmowego jest  $\beta$ -glukan (Brennan i in., 2005), zaliczany do nieskrobiowych polisacharydów (NSP). W badanym zestawie rodów owsa istotnie wyższą zawartością NSP (9,1%), w tym także frakcji nierozpuszczalnej (4,2%), rozpuszczalnej (4,9%) oraz  $\beta$ -glukanu ogółem (4,6%) charakteryzowało się ziarno rodu DC 1776. Istotnie niższą ilość NSP oznaczono w ziarnie rodu POB 158/09 (7,7%), a  $\beta$ -

glukanu w DC 1193 (3,5%). Odmiana nieoplewiona Nagus miała najwyższą zawartość rozpuszczalnej frakcji NSP i  $\beta$ -glukanu ogółem, odpowiednio 5,1% i 4,6%, przy średniej zawartości tych składników 4,5% dla S-NSP i 4,0% dla  $\beta$ -glukanu. Według Boros i in. (2012) zawartość NSP w owsie bez łuski wynosi między 5,6 a 7,9%, rozpuszczalnej jego frakcji 3,7–5,6%, a ilość  $\beta$ -glukanu mieści się w granicach od 3,9 do 5,5%. Gibiński i in. (2005) stwierdzili zawartość  $\beta$ -glukanu w owsie obłuszczonego w zakresie od 4,9 do 5,1%. Wyniki niniejszych badań wskazują, iż w nowych genotypach owsa można znaleźć formy wyróżniające się udziałem  $\beta$ -glukanu w ogólnej zawartości NSP lub błonnika pokarmowego. W analizowanym zestawie rodów i odmian wzorcowych  $\beta$ -glukan stanowił średnio około 49% ogólnej zawartości NSP, w zakresie od 43 do 56% oraz 31% zawartości błonnika pokarmowego, w zakresie od 26 do 38%. Z zawartością rozpuszczalnej frakcji NSP, a w szczególności  $\beta$ -glukanu wiąże się ich zdolność tworzenia w środowisku wodnym roztworów o dużych lepkościach. Te właściwości  $\beta$ -glukanu są czynnikiem warunkującym korzystny efekt prozdrowotny owsa, związany głównie z działaniem hipocholesterolemicznym i hipoglikemicznym (Wood, 1990). Ostatnie badania prowadzone przez zespół Tosh (Kwong i in., 2013) wykazały, iż efekt ten może być spotęgowany wzrostem lepkości, wynikającej z większej koncentracji rozpuszczalnego  $\beta$ -glukanu w owsie, bądź ze zwiększonego udziału frakcji  $\beta$ -glukanu o wyższych masach molekularnych. W naszych badaniach lepkość była cechą w największym stopniu zróżnicowaną, na poziomie 16% oraz zależną istotnie od zawartości  $\beta$ -glukanu (tab. 2, 4). Z tego względu cecha lepkości może stanowić dobre kryterium selekcyjne materiałów hodowlanych owsa dla różnych kierunków użytkowania ziarna, w których zawartość rozpuszczalnego

$\beta$ -glukanu odgrywa istotną rolę. Odmiana Nagus charakteryzowała się największą WEV, równą 2,46 mP.s, podczas gdy ród DC 1193 najniższą wartością tej cechy (1,53 mP.s). Duże różnice w wartości lepkości ekstraktów ziarna rodów i odmian o zbliżonej zawartości  $\beta$ -glukanu wskazuje na możliwe zróżnicowanie w strukturze tych związków.

Istotnym składnikiem błonnika pokarmowego w ziarnie owsa, podobnie jak w ziarnie innych zbóż, jest lignina Klasona. Lignina należy do niepolisacharydowych składników błonnika pokarmowego, jest polimerem, którego monomerami są związki organiczne będące pochodnymi aromatycznych alkoholi fenolowych. Są to alkohol koniferylowy, alkohol synapinowy, alkohol kumarylowy. Struktura chemiczna ligniny jest usieciowana wiązaniami eterowymi i kowalencyjnymi węgiel-węgiel (C-C) (Bartnikowska i in., 2000). Obok lepkości wodnego ekstraktu ziarna była to cecha najbardziej zróżnicowana w obrębie analizowanego materiału (powyżej 15%). Najwyższą zawartość ligniny (6,3%) stwierdzono w ziarnie rodu STH 8030, a najniższą w ziarnie rodu STH 9010 (3,4%). Nieco większy zakres zmienności, w zakresie od 2,8 do 6,3%, stwierdziliśmy w naszych wcześniejszych badaniach 39 różnych genotypów owsa (Boros i in., 2012). Biorąc pod uwagę, iż lepkość związana z rozpuszczalnymi składnikami błonnika pokarmowego w największym stopniu determinuje właściwości funkcjonalne ziarna zbóż opracowaliśmy wskaźnik właściwości bioaktywnych (WWB) ułatwiający typowanie genotypów o potencjalnie wysokich właściwościach prozdrowotnych. Lepkość jest związana głównie z zawartością rozpuszczalnej frakcji NSP, dlatego przyjęto, że wypadkowa tych cech

w postaci sumy TDF (błonnik pokarmowy) i iloczynu WEV i S-NSP będzie właściwie charakteryzowała te właściwości. Średnia wartość WWB dla badanych genotypów wynosi 20,9. Najwyższymi wartościami WWB charakteryzowała się odmiana Nagus (26,7) oraz linie STH 8307 (24,2) i STH 8030 (23,1). Najniższymi natomiast linia DC 1193 (18,4), odmiana Arden oraz linie POB 2149/09, DC 1329, dla których WWB wynosił około 19. Ważną podkreślenia jest możliwość wyodrębnienia genotypów kumulujących zarówno wysoką wartość odżywczą jak również wysokie potencjalne właściwości prozdrowotne. Takim genotypem jest STH 8307.

W naszych badaniach wykazaliśmy, iż środowisko miało istotny wpływ na zawartość składników chemicznych w ziarnie badanych genotypów owsa, z wyjątkiem sumy składników odżywczych oraz zawartości nieskrobiowych polisacharydów (tab. 3).

Tabela 3

**Skład chemiczny ziarna owsa w zależności od miejsca uprawy**  
**Chemical composition of oat grain depending on trial location**

| Cecha<br>Trait                  | Miejsce uprawy<br>Field trial location |                    |                   |
|---------------------------------|----------------------------------------|--------------------|-------------------|
|                                 | Choryń                                 | Polanowice         | Strzelce          |
| Białko — Protein                | 18,7 <sup>a</sup>                      | 12,8 <sup>c</sup>  | 14,8 <sup>b</sup> |
| Popiół — Ash                    | 2,3 <sup>a</sup>                       | 2,1 <sup>c</sup>   | 2,2 <sup>b</sup>  |
| Lipidy — Lipids                 | 7,0 <sup>c</sup>                       | 8,8 <sup>a</sup>   | 8,0 <sup>b</sup>  |
| Skrobia — Starch                | 49,7 <sup>c</sup>                      | 54,3 <sup>a</sup>  | 53,2 <sup>b</sup> |
| SSO — SSO                       | 77,8 <sup>a</sup>                      | 77,9 <sup>a</sup>  | 78,2 <sup>a</sup> |
| S-NSP                           | 4,29 <sup>b</sup>                      | 4,18 <sup>c</sup>  | 4,92 <sup>a</sup> |
| I-NSP                           | 3,8 <sup>a</sup>                       | 3,8 <sup>a</sup>   | 3,8 <sup>a</sup>  |
| NSP                             | 8,1 <sup>b</sup>                       | 8,0 <sup>c</sup>   | 8,7 <sup>a</sup>  |
| Lignina Klasona — Klason lignin | 5,04 <sup>a</sup>                      | 4,48 <sup>c</sup>  | 4,58 <sup>b</sup> |
| TDF                             | 13,2 <sup>a</sup>                      | 12,5 <sup>b</sup>  | 13,3 <sup>a</sup> |
| WEV                             | 1,49 <sup>c</sup>                      | 1,78 <sup>b</sup>  | 1,99 <sup>a</sup> |
| β-glukan — β-glucan             | 3,84 <sup>c</sup>                      | 3,97 <sup>b</sup>  | 4,33 <sup>a</sup> |
| S-AX                            | 0,36 <sup>a</sup>                      | 0,30 <sup>c</sup>  | 0,34 <sup>b</sup> |
| I-AX                            | 2,01 <sup>a</sup>                      | 1,95 <sup>ab</sup> | 1,90 <sup>b</sup> |
| AX                              | 2,37 <sup>a</sup>                      | 2,25 <sup>b</sup>  | 2,24 <sup>b</sup> |
| WWB — IBQ                       | 19,5 <sup>c</sup>                      | 20,0 <sup>b</sup>  | 23,1 <sup>a</sup> |

Wartości w kolumnach opatrzone nie tymi samymi literami różnią się istotnie przy  $P < 0,05$

Values within a given column not followed by the same superscript letter are significantly different at  $P < 0,05$

Warunki glebowo-pogodowe w centralno-zachodniej części Polski (Choryń) w roku 2011 sprzyjały bardziej kumulacji białka, składników mineralnych oraz dwóch komponentów błonnika takich jak: ligniny i arabinoksylianów, aniżeli w dwóch pozostałych rejonach produkcji ziarna owsa. Z kolei warunki środowiska Strzelce w tym samym roku były bardziej korzystne dla syntezy rozpuszczalnych składników NSP i β-glukanu, stąd w efekcie ziarno z tej miejscowości charakteryzowało się istotnie wyższą lepkością wodnego ekstraktu. Warunki środowiska miały szczególnie duży wpływ na zawartość białka i lipidów, jednakże nie zawsze zróżnicowane warunki siedliska mają istotny wpływ na poziom lipidów w ziarnie owsa, co wykazały badania Pisulewskiej i in. (2011).

Wyznaczone współczynniki korelacji wykazały istnienie istotnej współzależności między badanymi składnikami ziarna owsa (tab. 4).

Tabela 4

**Współczynniki korelacji liniowej Pearsona między badanymi cechami obłuszczonego ziarna owsa**  
**Pearson linear correlation coefficients between the analyzed traits of dehulled grain of oat**

| Składnik         | Popiół<br>Ash | Lipidy<br>Lipids | Skrobia<br>Starch | S-NSP | T-NSP | β-glukan<br>β-glucan | Lignina Klasona<br>Klason lignin |
|------------------|---------------|------------------|-------------------|-------|-------|----------------------|----------------------------------|
| Białko — protein | 0,895         |                  |                   |       |       |                      |                                  |
| I-NSP            | 0,702         |                  |                   |       |       |                      |                                  |
| S-NSP            |               | 0,648            | -0,614            |       |       |                      |                                  |
| T-NSP            | 0,580         |                  | -0,649            | 0,808 |       |                      |                                  |
| β-glukan         |               |                  |                   | 0,785 |       |                      |                                  |
| TDF              |               | 0,562            |                   | 0,573 | 0,684 |                      | 0,927                            |
| WEV              |               | 0,802            |                   | 0,706 |       | 0,577                |                                  |

Korelacje istotne przy  $P < 0,05$  dla wartości powyżej 0,514; przy  $P < 0,01$  dla wartości powyżej 0,641  
 Correlations significant at  $P < 0,05$  for value above 0.514; at  $P < 0,01$  for value above 0.641

Zawartość błonnika TDF ogółem była wysoce istotnie skorelowana dodatnio z zawartością lipidów, S-NSP, T-NSP oraz w największym stopniu z ligninami, prawdopodobnie na skutek ich dużego ilościowego zróżnicowania w obrębie badanych genotypów. Z kolei na lepkość wodnego ekstraktu ziarna istotny dodatni wpływ miała zgodnie z założeniami zawartość β-glukanu oraz rozpuszczalnych nieskrobiowych polisacharydów, ale w największym stopniu zawartość lipidów. To wskazuje na wysoki udział rozpuszczalnych w wodzie różnego typu glikolipidów w ogólnej ilości związków lipidowych w owsie oraz/lub na wysoką aktywność natywnej lipazy (Achrem-Achremowicz i in., 2009).

#### WNIOSKI

1. Stwierdzono istotne zróżnicowanie zawartości składników odżywczych i bioaktywnych w ziarnie obłuszczonym i nagim badanych nowych genotypów owsa.
2. Najwyższą zawartość sumy składników odżywczych miało ziarno rodów, nagiego STH 8307 oraz oplewionego po obłuszczonego POB 2149/09, a także odmiany Arden.
3. Zawartość błonnika pokarmowego w obłuszczonym ziarnie badanych genotypów owsa kształtowała się na średnim poziomie 13%, przy czym ziarno dwóch rodów, DC 1776 i STH 8030, miało go istotnie więcej od pozostałych.
4. Największymi właściwościami bioaktywnymi charakteryzowało się ziarno odmiany nieoplewionej Nagus i rodu nagiego STH 8307 oraz rodu oplewionego po obłuszczeniu DC 1776.
5. Badania pozwoliły wyodrębnić genotyp łączący wysoką wartość odżywczą ziarna z wysokimi właściwościami prozdrowotnymi, najbardziej polecane do produkcji żywności. Jest nim ziarno nagie rodu STH 8307.

#### LITERATURA

- Achrem-Achremowicz J., Grabowska K., Ellnain M. 2009. Budowa, występowanie oraz aktywność farmakologiczna glikoglicerolipidów. *Far. Pol.* 65 (3): 184 — 191.
- Approved Methods of the AACC. 2003. Methods: 32–23 (β-glucan), 32–25 (dietary fibre), 44–15A (dry matter), 46–30 (protein – combustion method), 76–13 (starch), American Association of Cereal Chemists Inc., St. Paul, Minnesota, USA.

- Bartnikowska E., Lange E., Rakowska M. 2000. Ziarno owsa — niedoceniane źródło składników odżywczych i biologicznie czynnych. Część II. Polisacharydy i włókno pokarmowe, składniki mineralne, witaminy. Biul. IHAR 215: 223 — 235.
- Boros D., Kamińska B., Myszka K. 2012. Comparative study on dietary fibre content and composition in hulled oats (*Avena sativa* L.) and their dehulled counterparts. 5<sup>th</sup> Int. Diet. Fib. Conf., Rome, Italy 2012, May 7–9: 92.
- Boros D., Marquardt R. R., Słomiński B. A., Guenter W. 1993. Extract viscosity as an indirect assay for water — soluble pentosan content in rye. Cereal Chem. 70: 575 — 580.
- Brennan C. H., Cleary L. 2005. The potential use of cereal (1–3, 1–4)- $\beta$ -glucan as functional food ingredients. Journal of Cereal Science 42 (1): 1 — 13.
- Brown C. M., Craddock J. C. 1972. Oil content and groat weight of entries in the world oat collection. Crop Science 12:, 514 — 515.
- Butt M. S., Tahir-Nadeem M., Khan M. K. I., Shabir R. 2008. Oat: unique among the cereals. European Journal of Nutrition 47: 68 — 79.
- Englyst, H. N., Cummings J. H. 1984. Simplified method for the measurement of total non-starch polysaccharides by gas-liquid chromatography of constituent sugars as alditol acetates. Analyst. 109: 937 — 942.
- Gąsiorowski H., Urbanowicz M. 1992. Owies — roślina XXI wieku. Owies w żywieniu zdrowego i chorego człowieka. Przegl. Zboż.-Młyn. 5: 18.
- Gibiński M., Gumul D., Korus J. 2005. Prozdrowotne właściwości owsa i produktów owsianych. Żywność. Nauka. Technologia. Jakość, 4 (45) Supl.: 49 — 60.
- Gleń A. 2004. Dobór odmiany a wartość technologiczna ziarna owsa. Przegl. Zboż. Młyn. 48 (10): 9 — 10.
- Kawka A. 2010. Współczesne trendy w produkcji piekarskiej — wykorzystanie owsa i jęczmienia jako zbóż niechlebowych. Żywność. Nauka. Technologia. Jakość, 3 (70): 25 — 43.
- Kościelny A., Gibiński M. 2008. Charakterystyka skrobi owsianych pochodzących z różnych form owsa. Żywność. Nauka. Technologia. Jakość 2 (57): 30 — 39.
- Kwong M. G. Y., Wolever T. M. S., Brummer Y., Tosh S. M. 2013. Increasing the viscosity of oat  $\beta$ -glucan beverages by reducing solution volume does not reduce glycaemic responses. Br. J. Nutr. 2013, 1–7 (online: 21 June 2013).
- Lange E. 2010. Produkty owsiane jako żywność funkcjonalna. Żywność. Nauka. Technologia. Jakość 3 (70): 7 — 24.
- Lutowska M., Tyranowska M., Kiryluk J., Makowska A. 2008. Cechy ziarna owsa jako surowca do produkcji otrąb owsianych. Przegl. Zboż. Młyn. 1: 19 — 21.
- Marchello J. A., Dryden F. D., Hale W. H. 1971. Bovine serum lipids. I. The influence of added animal fat on the ration. J. Animal Science 32: 1008 — 1015.
- Nita Z. T. 1999. Stan aktualny i nowe kierunki hodowli owsa w Polsce. Polskie Tow. Techn. Żyw. 1 (18): 186 — 192.
- Oleksy K. 2007. Czy żywność może być lekiem? W: Napoje funkcjonalne i dodatki. Przem. Ferm. Ow. Warz., dodatek specjalny 7/ 8: 18 — 19.
- Piątkowska E., Witkiewicz R., Pisulewska E. 2010. Podstawowy skład chemiczny wybranych odmian owsa siewnego. Żywność. Nauka. Technologia. Jakość 3 (70): 88 — 99.
- Pilzłó H., Bobrecka-Jamro D., Tobiasz-Salach R. 1999. Skład chemiczny nowych rodów owsa uprawianego w warunkach Beskidu Niskiego. Żywność. Nauka. Technologia. Jakość. Supl. 1 (18): 142 — 146.
- Pisulewska E., Witkiewicz R., Kidacka A. 2010. Plon, komponenty składowe plonu oraz celność ziarna wybranych odmian owsa siewnego. Żywność. Nauka. Technologia. Jakość 3 (70): 117 — 126.
- Pisulewska E., Tobiasz-Salach R., Witkiewicz R., Cieślak E., Bobrecka-Jamro D. 2011. Wpływ warunków siedliska na ilość lipidów w wybranych formach owsa. Żywność. Nauka. Technologia. Jakość 3 (76): 66 — 77.
- Redaelli R., Del Frate V., Bellato S., Terracciano G., Ciccoritti R., Germeier C. U., De Stefanis E., Sgrulletta D. 2013. Genetic and environmental variability in total and soluble  $\beta$ -glucan in European oat genotypes. J. Cereal Sci. 57: 193 — 199.

- SAS Institute Inc. 2009. SAS/STAT 9.2 User's Guide, Second Edition. Cary, NC, USA: SAS Publishing, SAS Institute Inc.
- Sikora P., Tosh S., Brummer Y., Olsson O. 2013. Identification of high  $\beta$ -glucan oat lines and localization and chemical characterization of their seed kernel  $\beta$ -glucans. *Food Chem.* 137: 83 — 91.
- Theander O., Åman P., Westerlund E., Andersson R., Pettersson D. 1995. Total dietary fiber determined as neutral sugar and uronic acid residues, and lignin (The Uppsala method): Collaborative study. *J. Assn. Off. Anal. Chem.* 78: 1030 — 1044.
- Wood P. J. 1990. Oat  $\beta$ -glucan physicochemical properties and physiological effects. *Trends Food Sci. Technol.* 2: 311 — 314.

HENRYKA JAKUCZUN <sup>1</sup>JAROSŁAW PRZETAKIEWICZ <sup>2</sup>IWONA WASILEWICZ-FLIS <sup>1</sup>AGNIESZKA HARA-SKRZYPIEC <sup>1</sup>PAULINA SMYDA <sup>1</sup>EWA ZIMNOCH-GUZOWSKA <sup>1</sup><sup>1</sup> Instytut Hodowli i Aklimatyzacji Roślin — Państwowy Instytut Badawczy, Oddział Młochów<sup>2</sup> Instytut Hodowli i Aklimatyzacji Roślin — Państwowy Instytut Badawczy, Oddział Radzików

## Mieszańce diploidalne ziemniaka źródłem odporności na raka ziemniaka (*Synchytrium endobioticum* (Schilb.) Perc.)

### Diploid potato hybrids — a source of resistance to potato wart disease (*Synchytrium endobioticum* (Schilb.) Perc.)

W latach 2006–2012 w IHAR — PIB w Radzikowie, w Pracowni Organizmów Kwarantannowych, oceniano diploidalne klony ziemniaka pod względem odporności na *Synchytrium endobioticum* (Schilb.) Perc. Klony te, wyselekcjonowane w IHAR — PIB w Młochowie, w Pracowni Genetyki, są mieszańcami międzygatunkowymi ziemniaka *Solanum tuberosum* powstałymi z udziałem dzikich i uprawnych gatunków *Solanum*. Klony testowano pod względem odporności na patotypy: 1(D1), 2(G1), 2(Ch1), 3(M1), 6(O1), 8(F1), 18(T1) i 39(P1) *S. endobioticum*, pochodzące z kolekcji Pracowni Organizmów Kwarantannowych. Testy oceny odporności na patotypy *S. endobioticum* wykonano zmodyfikowaną metodą Glynne-Lemmerzahla. Z 288 badanych klonów wyselekcjonowano 101 odpornych na patotyp 1(D1). Grupę 70 klonów testowano pod względem odporności na pięć patotypów 2(G1), 2(Ch1), 6(O1), 8(F1) i 18(T1) *S. endobioticum*, 44 z nich dodatkowo na patotyp 3(M1), a 22 klony dodatkowo na patotypy 3(M1) oraz 39(P1). W wyniku testów wyselekcjonowano siedem diploidalnych klonów ziemniaka jednocześnie odpornych na siedem wirulentnych patotypów *S. endobioticum*: 2(G1), 2(Ch1), 3(M1), 6(O1), 8(F1), 18(T1) i 39(P1). Są to wyjątkowo złożone rekombinanty pod względem odporności na patotypy *S. endobioticum*, jakich dotychczas nie opisano w innych pracach. Mieszańce te są materiałem do poszukiwania i lokalizacji na mapie genetycznej ziemniaka markerów sprzężonych z odpornością na poszczególne patotypy *S. endobioticum*. Odporne klony diploidalne charakteryzują się dobrym poziomem cech jakościowych i odpornościowych. Pięć z nich wytwarza męskie gamety o niezredukowanej liczbie chromosomów (gamety 2n), dzięki którym allele odporności na patotypy *S. endobioticum* można przekazać na poziom tetraploidalny w krzyżowaniach  $4x \times 2x$ .

**Słowa kluczowe:** diploidalny ziemniak, gamety  $2n$ , odporność, patotypy, rak ziemniaka, *Solanum tuberosum*, *Synchytrium endobioticum*

In 2006–2012 in IHAR — PIB Radzików, in Laboratory of Quarantine Organisms, diploid potato clones were tested for resistance to *Synchytrium endobioticum* (Schilb.) Perc. The diploid clones selected in IHAR — PIB Młochów, in Laboratory of Genetics, were interspecific hybrids of *Solanum tuberosum* possessing in their pedigree wild and primitively cultivated *Solanum* species. Clones were tested for resistance to following pathotypes of *S. endobioticum*: 1(D1), 2(G1), 2(Ch1), 3(M1), 6(O1), 8(F1), 18(T1), and 39(P1), from the collection of Laboratory of Quarantine Organisms. Modified method of Glynne-Lemmerzahn was used for evaluation of their resistance. From 288 tested clones 101 were found resistant to pathotype 1(D1). The group of 70 clones was tested for resistance to 5 pathotypes of *S. endobioticum*: 2(G1), 2(Ch1), 6(O1), 8(F1), and 18(T1); 44 clones from that group were evaluated additionally for the pathotype 3(M1) and 22 clones were assessed for 2 additional pathotypes 3(M1) and 39(P1). Selection resulted with 7 diploid clones simultaneously resistant to 7 virulent pathotypes of *S. endobioticum*: 2(G1), 2(Ch1), 3(M1), 6(O1), 8(F1), 18(T1), and 39(P1). They are complex recombinants combining resistance to wart disease agent pathotypes that have not been described in other studies, so far. Selected resistant hybrids are excellent material for identification and localization on potato genetic map of genetic markers linked to the resistance to particular pathotypes of *S. endobioticum*. These diploid clones exhibit a good level of quality and resistance traits. Five of them produce male  $2n$  gametes which can be used in  $4x \times 2x$  crosses for transfer of alleles of resistance to wart disease agent pathotypes to tetraploid level.

**Key words:** diploid potato,  $2n$  gametes, pathotypes, potato wart disease, resistance, *Solanum tuberosum*, *Synchytrium endobioticum*

## WSTĘP

Rak ziemniaka jest chorobą powodowaną przez grzyb *Synchytrium endobioticum*. Grzyb ten należy do zagrażających uprawom ziemniaka patogenów kwarantannowych. Jego formy przetrwalnikowe mogą przeżyć w glebie ponad 20 lat. Sposoby zwalczania, ochrony i zapobiegania rozprzestrzenianiu się patogena są objęte rozporządzeniem Ministra Rolnictwa i Rozwoju Wsi z 2004 r. W Polsce od kilkunastu lat do uprawy dopuszczane są tylko odmiany ziemniaka odporne przynajmniej na patotyp 1(D1) *S. endobioticum*. Dzięki temu w Polsce od ponad 50 lat nie znaleziono na ziemniakach objawów raka należących do patotypu 1(D1) *S. endobioticum* (Przetakiewicz, 2012). Dużym zagrożeniem dla upraw ziemniaka są występujące lokalnie na terenie Polski wirulentne patotypy 2(Ch1) i 3 (M1) *S. endobioticum* (Malec, 1974), gdyż odporność na te patotypy nie jest powszechna wśród odmian ziemniaka (Przetakiewicz, 2010). Klony diploidalne ziemniaka wyselekcjonowane w IHAR — PIB, Oddział w Młochowie, skupiają wiele ważnych cech jakościowych i odpornościowych wykorzystywanych w pracach badawczych lub hodowlanych, jako ich źródło (Jakuczun i Wasilewicz-Flis, 2006). Dotychczas klony diploidalne ziemniaka otrzymane w IHAR — PIB w Młochowie były wykorzystane w materiałach hodowlanych, jako źródła odporności na *Pectobacterium* spp. (Lebecka i in., 2004), *Phytophthora infestans* (Śliwka i in. 2010), PLRV (Dziewońska i Ostrowska, 1991) i PVM (Chrzanowska i in., 2002). W ostatnim 50-leciu odporność na raka ziemniaka była obligatoryjna dla odmian ziemniaka rejestrowanych w Polsce. Klony diploidalne od wielu lat selekcjonowane są pod względem odporności na patotyp 1(D1) *S. endobioticum*, a od 2008 roku także na jego wirulentne patotypy.

Celem pracy jest przedstawienie wartości klonów diploidalnych ziemniaka, jako unikatowego źródła odporności na wirulentne patotypy *S. endobioticum*, do wykorzystania zarówno w pracach hodowlanych, jak i badawczych.

## MATERIAŁ I METODY

### **Materiał roślinny**

Materiałem było 288 klonów diploidalnych ( $2x$ ) ziemniaka wyselekcjonowanych w IHAR — PIB w Młochowie, w Pracowni Genetyki. Klony te są złożonymi mieszańcami międzygatunkowymi ziemniaka diploidalnego utworzonymi w trakcie wieloletniej hodowli rekombinacyjnej z użyciem dihaploidów *Solanum tuberosum* oraz szeregu dzikich lub uprawnych gatunków *Solanum*: *S. acaule*, *S. chacoense*, *S. demissum*, *S. goniocalyx*, *S. gourlayi*, *S. microdontum*, *S. phureja*, *S. stoloniferum*, *S. stenotomum*, *S. verrucosum*, *S. yungasense*. Mieszańce ziemniaka  $2x$  wyróżniają się różnymi cechami jakościowymi, jak przydatnością kulinarną, przydatnością na chipsy, wysoką zawartością skrobi oraz cechami odpornościowymi, jak odpornością na zarzę ziemniaka, mokrą zgniliznę bulw ziemniaka, wirusy ziemniaka. Cechy agronomiczne klonów diploidalnych są na zadowalającym poziomie. Większość klonów  $2x$  produkuje duże ziarna pyłku, które są wskaźnikiem obecności męskich gamet o niezredukowanej liczbie chromosomów (gamety  $2n$ ).

### **Patotypy *S. endobioticum***

Patotypy *S. endobioticum* pochodzą z kolekcji Pracowni Organizmów Kwarantannowych w IHAR — PIB w Radzikowie. Do badań użyto patotyp 1(D1) oraz następujące wirulentne patotypy: 2(G1), 2(Ch1), 3(M1), 6(O1), 8(F1) i 18(T1) *S. endobioticum* i jeden wirulentny izolat (#69/2009), któremu nadano numer 39(P1). Do inokulacji służyły świeże narośla rakowe poszczególnych patotypów *S. endobioticum*, które namnażano na krańcowo podatnej odmianie Eersteling.

### **Cykl badań**

W latach 2006–2012 w Pracowni Organizmów Kwarantannowych w IHAR — PIB w Radzikowie przeprowadzono ocenę odporności na raka ziemniaka klonów  $2x$  ziemniaka. W sumie, w I roku oceniono odporność na patotyp 1(D1) *S. endobioticum* 288 klonów diploidalnych. W II roku badań oceniano 114 klonów uznanych za odporne w pierwszorocznej ocenie. Ocena odporności na patotyp 1(D1) została wykonana na próbach 2-bulwowych (I rok) i 10-bulwowych (II rok).

Odporność na wirulentne patotypy *S. endobioticum* oceniono dla wybranych klonów  $2x$ , które były odporne na patotyp 1(D1). 70 klonów testowano pod względem odporności na pięć patotypów 2(G1), 2(Ch1), 6(O1), 8(F1) i 18(T1) *S. endobioticum*, 44 z nich na sześć patotypów (dodatkowo 3(M1)) i 22 klony z 70 na siedem patotypów (dodatkowo 39(P1)). Odporność na wirulentne patotypy *S. endobioticum* wykonano na próbach 5-bulwowych w I roku oceny, 10–15-bulwowych w II roku i 25–30-bulwowych w III roku oceny. Klony słabo i krańcowo podatne po ocenie w I roku eliminowano z dalszych badań, natomiast odporne oceniano w kolejnych latach. Każdy klon, który uznano za odporny został (lub jest w trakcie ocen) oceniony na 40–45 bulwach w trzech niezależnych testach i sezonach.

### Inokulacja i oceny odporności

Testy oceny odporności na patotypy *S. endobioticum* wykonano zmodyfikowaną metodą Glynne-Lemmerzahla (Przetakiewicz, 2008). Na każdej bulwie umieszczano komory wodne w kształcie pierścieni wykonane z wazeliny kosmetycznej. Do komór wypełnionych autoklawowaną wodą o temperaturze 12°C wkładano kawałki świeżych narośli rakowych (ok. 5-tygodniowych) zawierających sorusy, w celu zakażenia kiełków bulw. Po 48 godzinach inkubacji w temperaturze 10°C zdejmowano kawałki narośli rakowych, usuwano komory wodne, bulwy dezynfekowano i przenoszono do inkubatora o zmiennej temperaturze 12/22°C (12h/12h) na okres 14 dni, utrzymując wysoką wilgotność powietrza. Stopień porażenia kiełków (pędów) określano według pięciostopniowej skali opisanej przez Przetakiewicza (2009): **1** — krańcowo odporne, **2** — odporne, **3** — słabo odporne, **4** — słabo podatne i **5** — krańcowo podatne.

### WYNIKI I DYSKUSJA

Po pierwszym roku ocen z 288 badanych klonów 2x 194 uznano jako odporne na patotyp 1(D1) *S. endobioticum*. Część z nich usunięto z powodu nieodpowiedniego poziomu cech wiodących lub słabych cech agronomicznych. W II roku badano z tej grupy 114 klonów 2x, z których 101 oceniono jako odporne. Wszystkie te klony były także odporne na referencyjny patotyp 1(D1) *S. endobioticum* pozyskany z kolekcji z Julius Kühn-Institut, Federal Research Centre for Cultivated Plants, Institute for Plant Protection in Field Crops and Grassland w Niemczech (OEPP/EPPO, 2004).

Wybrane 70 klonów testowano pod względem odporności na wirulentne patotypy *S. endobioticum*. Po I ocenie przeprowadzonej na 5 bulwach/klon, za odporne na poszczególne patotypy *S. endobioticum* uznano od 9 do 24 klonów (tab. 1).

Tabela 1

**Wyniki wstępnej oceny (na pięciu bulwach) odporności na wirulentne patotypy *S. endobioticum* klonów diploidalnych ziemniaka**

**Results of preliminary evaluation (on 5 tubers) of resistance to virulent pathotypes of *S. endobioticum* of diploid potato clones**

| Patotypy <i>S. endobioticum</i><br>Pathotypes of <i>S. endobioticum</i> | Liczba testowanych klonów<br>Number of tested clones | Liczba/procent klonów ziemniaka po wstępnej ocenie uznanych za:<br>Number/percentage of potato clones, after preliminary evaluation, found as: |    |                                                                  |    |                        |    |
|-------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|------------------------------------------------------------------|----|------------------------|----|
|                                                                         |                                                      | odporne<br>resistant                                                                                                                           |    | słabo odporne/ słabo podatne<br>weak resistant/ weak susceptible |    | podatne<br>susceptible |    |
|                                                                         |                                                      | liczba<br>number                                                                                                                               | %  | liczba<br>number                                                 | %  | liczba<br>number       | %  |
| 2(G1)                                                                   | 70                                                   | 24                                                                                                                                             | 34 | 24                                                               | 34 | 22                     | 32 |
| 2(Ch1)                                                                  | 70                                                   | 21                                                                                                                                             | 30 | 22                                                               | 31 | 27                     | 39 |
| 6(O1)                                                                   | 70                                                   | 22                                                                                                                                             | 32 | 17                                                               | 24 | 31                     | 44 |
| 8(F1)                                                                   | 70                                                   | 16                                                                                                                                             | 23 | 15                                                               | 21 | 39                     | 56 |
| 18(T1)                                                                  | 70                                                   | 16                                                                                                                                             | 23 | 24                                                               | 34 | 30                     | 43 |
| 3(M1)                                                                   | 44                                                   | 20                                                                                                                                             | 45 | 3                                                                | 7  | 21                     | 48 |
| 39(P1)                                                                  | 22                                                   | 9                                                                                                                                              | 41 | 4                                                                | 18 | 9                      | 41 |

Klony podatne na wszystkie patotypy *S. endobioticum* stanowiły najliczniejszą grupę i obejmowały od dziewięciu do 39 klonów. Po pierwszej ocenie część klonów zaliczono

do słabo odpornych lub słabo podatnych, które w wyniku dalszego testowania okazały się podatne. Cztery klony na podstawie badania 10 bulw wykazały odporność na wszystkie patotypy *S. endobioticum* — testy te będą kontynuowane. Na podstawie wymaganej oceny 40–45 bulw z genotypu, wyselekcjonowano siedem klonów 2x odpornych na siedem wirulentnych patotypów *S. endobioticum*: 2(G1), 2(Ch1), 3(M1), 6(O1), 8(F1), 18(T1) i 39(P1). Sześć z nich należy do grupy klonów jadalnych, a jeden do grupy odpornych na zarazę ziemniaka. Klony te charakteryzują się dobrym poziomem cech agronomicznych, jakościowych i/lub odpornościowych (tab. 2).

Tabela 2

**Ogólna charakterystyka klonów ziemniaka diploidalnego odpornych na siedem wirulentnych patotypów *S. endobioticum***  
**General characteristics of diploid potato clones resistant to seven virulent pathotypes of *S. endobioticum***

| Klon<br>Clone | Plon bulw<br>g/krzak*<br>Tuber yield<br>g/hill* | Zawartość<br>skrobi<br>%*<br>Starch<br>content %* | Ciężar bulwy<br>g*<br>Weight of<br>tuber g* | Ciemnienie miąższu<br>bulw surowego/<br>ugotowanego 1–9*<br>Darkening of tuber flesh<br>fresh/ cooked 1–9* | Inne cechy**<br>Other traits**                        |
|---------------|-------------------------------------------------|---------------------------------------------------|---------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------|
| DG 97-264     | 420                                             | 16,2                                              | 38                                          | 8,5/7,9                                                                                                    | plodny/ fertile, PVY, PLRV                            |
| DG 03-109     | 615                                             | 11,9                                              | 32                                          | 9/9                                                                                                        | gamety 2n/ 2n-gemetes, PVY, PLRV, PVX                 |
| DG 03-150     | 623                                             | 14,4                                              | 30                                          | 8,8/8,9                                                                                                    | gamety 2n/ 2n-gemetes, PVY, PLRV, PVX                 |
| DG 03-152     | 829                                             | 14,7                                              | 50                                          | 8,9/8,6                                                                                                    | gamety 2n/ 2n-gemetes, PVY                            |
| DG 03-160     | 756                                             | 14,0                                              | 40                                          | 8,8/8,6                                                                                                    | plodny/ fertile, PVY, PLRV, PVX                       |
| DG 03-170     | 403                                             | 10,7                                              | 36                                          | 8,9/8,5                                                                                                    | gamety 2n/ 2n-gemetes, PVY, PLRV, PVX                 |
| DG 01-591     | 825                                             | 17,1                                              | 45                                          | nb                                                                                                         | gamety 2n/ 2n-gemetes, <i>P. infestans</i> , PVY, PVX |

\*Średnie z lat 2008–2012; skala 1–9, 9 = brak ciemnienia; nb – nie badane; Means from 2008–2012; scale 1–9, 9 = lack of darkening; nb — no tested

\*\*PVY, PLRV, PVX, *P. infestans* — odporny na: wirus Y ziemniaka, wirus liściozwoju ziemniaka, wirus X ziemniaka, zarazę ziemniaka; resistant to: *Potato virus Y*, *Potato leafroll virus*, *Potato virus X*, late blight

Pięć z nich wytwarza męskie gamety 2n, są więc potencjalnymi donorami odporności na wirulentne patotypy *S. endobioticum* do wykorzystania na poziomie tetraploidalnym w krzyżowaniach interploidalnych 4x × 2x. Są to unikatowe genotypy ziemniaka, gdyż do tej pory nie opisano materiałów ziemniaka, które wykazywałyby jednoczesną odporność na podstawowy patotyp 1(D1) i siedem wirulentnych patotypów *S. endobioticum*. W innych pracach z ziemniakiem diploidalnym (Hehl i in., 1999; Brugmans i in., 2006) badano odporność tylko na patotyp 1(D1) w potomstwach otrzymanych pomiędzy dihaploidami ziemniaka. Ballvora i in. (2011) badali populację ziemniaka tetraploidalnego pod względem odporności na patotypy 1, 2, 6 i 18 *S. endobioticum* (tzn. 1(D1), 2(G1), 6(O1) i 18(T1)). W tych badaniach skrajna odporność na patotypy wirulentne występowała w nielicznych osobnikach potomnych, ale jednoczesnej odporności na cztery testowane patotypy nie znaleziono. Odporność 69 polskich odmian na dwa typowe dla Polski wirulentne patotypy 2(Ch1) i 3(M1) *S. endobioticum* badał Przetakiewicz (2010).

Stwierdził, że 10 odmian było jednocześnie odpornych na oba patotypy, co jest dość optymistyczne, jeśli wziąć pod uwagę, że nie prowadzono ukierunkowanej selekcji pod względem odporności na te patotypy. Wykorzystanie klonów ziemniaka diploidalnego do podniesienia odporności w materiałach hodowlanych także na inne patotypy *S. endobioticum* jest uzasadnione wobec pojawiania się w środowisku naturalnym wciąż nowych patotypów tego patogena.

W pochodzeniu odpornych na wirulentne patotypy *S. endobioticum* siedmiu klonów 2x występują gatunki *Solanum* uważane za źródło odporności na raka ziemniaka (Khiutti i in., 2012; Ross, 1986). Są to: *S. acaule*, *S. chacoense*, *S. phureja*, i *S. stenotomum*. Jako źródło odporności na raka ziemniaka podawane są też inne gatunki *Solanum*, np. *S. commersonii*, *S. vernei*, *S. tuberosum* subsp. *andigenum*, *S. spegazzinii* i *S. sparsipilum* (Khiutti i in., 2012; Zimnoch-Guzowska, 2003). W pracach Hehl i in. (1999) i Brugmans i in. (2006) badano odporność na *S. endobioticum* w potomstwach dihaploidów ziemniaka, nie podając szczegółowo ich pochodzenia. Można domyślać się, że są to dihaploidy *S. tuberosum*, czyli diploidalne formy ziemniaka uprawnego.

Do tej pory głównie badano genetyczne uwarunkowanie odporności na patotyp 1(D1) *S. endobioticum*. W starszych badaniach odporność na tego patogena interpretowano obecnością dwóch lub kilku genów głównych (Ross, 1986). W badaniach z zastosowaniem metod molekularnych, zlokalizowano geny regulujące ekspresję odporności na patotyp 1(D1): gen *Sen1* na chromosomie XI (Hehl i in., 1999), gen *Sen1-4* na chromosomie IV (Brugmans i in., 2006) oraz gen *Sen1-XI* na chromosomie XI ziemniaka (Ballvora i in., 2011). Ballvora i in. (2011) zlokalizowali też geny odporności: na patotyp 18 *Sen18-IX* na chromosomie IX, na patotypy 2, 6 i 18 *Sen2/6/18-I* na chromosomie I ziemniaka. Wyselekcjonowane w IHAR — PIB w Młochowie klony 2x odporne na siedem wirulentnych patotypów *S. endobioticum* mogą posłużyć do poszukiwania i lokalizacji na mapie genetycznej ziemniaka kolejnych markerów sprzężonych z odpornością na poszczególne patotypy *S. endobioticum*.

#### WNIOSKI

1. Wyselekcjonowane klony ziemniaka diploidalnego odporne jednocześnie na siedem wirulentnych patotypów i patotyp 1(D1) *S. endobioticum*, wyróżniają się dodatkowo dobrym poziomem cech jakościowych i innych odpornościowych. Są źródłem odporności na wirulentne patotypy *S. endobioticum* do wykorzystania w pracach hodowlanych poprzez gamety 2n w krzyżowaniach 4x × 2x.
2. Diploidalne klony ziemniaka, odporne na siedem wirulentnych patotypów *S. endobioticum*, są złożonymi rekombinantami pod względem odporności na patotypy *S. endobioticum*. Dotychczas nie opisano klonów ziemniaka wyróżniających się taką odpornością. Wyselekcjonowane klony są materiałem do poszukiwania i lokalizacji na mapie genetycznej ziemniaka kolejnych markerów sprzężonych z odpornością na poszczególne patotypy *S. endobioticum*.

# LITERATURA

- Ballvora A., Flach K., Lübeck J., Strahwald J., Tacke E., Hofferbert H.-R., Gebhardt Ch. 2011. Multiple allele for resistance and susceptibility modulate the defense response in the interaction of tetraploid potato (*Solanum tuberosum*) with *Synchytrium endobioticum* pathotypes 1, 2, 6 and 18. Theor. Appl. Genet. 123: 1281 — 1292.
- Brugmans B., Hutten R.G.B., Rookmaker A.N.O., Visser R.G.F., van Eck H.J. 2006. Exploitation of a marker dense linkage map of potato for positional cloning of a wart disease resistance gene. Theor. Appl. Genet. 112: 269 — 277.
- Chrzanowska M., Sieczka M.T., Zagórska H. 2002. Resistance to PVM in potato parental lines bred in Młochów Research Center, IHAR. Plant Breed. Seed Sci. 46 (2): 57 — 65.
- Dziewońska M.A., Ostrowska K. 1991. Synteza ziemniaków diploidalnych odpornych na wirusy. Synteza materiałów wyjściowych ziemniaka dla hodowli ziemniaka – dorobek i perspektywa. Materiały z konferencji ZGiSMW Instytutu Ziemniaka, 20-21 lutego 1991, Bonin 1991: 148 — 151.
- Hehl R., Faurie E., Hesselbach J., Salamini F., Whitham S., Baker B., Gebhardt C. 1999. TMV resistance gene *N* homologues are linked to *Synchytrium endobioticum* resistance in potato. Theor. Appl. Genet. 98: 379 — 386.
- Jakuczun H., Wasilewicz-Flis I. 2006. Przenoszenie zmienności genetycznej wybranych cech z ziemniaka diploidalnego na poziom tetraploidalny w IHAR w latach 1996–2005. Zesz. Probl. Post. Nauk Roln. 511:131 — 140.
- Khiutti A., Afanasenko O., Antonova O., Shuvalov O., Novikova L., Krylova E., Chalaya N., Mironenko N., Spooner D. M., Gavrilenko T. 2012. Characterization of resistance to *Synchytrium endobioticum* in cultivated potato accessions from the collection of Vavilov Institute of Plant Industry. Plant Breeding 131: 744 — 750.
- Lebecka R., Zimnoch-Guzowska E., Kaczmarek Z. 2004. Resistance to soft rot (*Erwinia carotovora* subsp. *atroseptica*) in tetraploid potato families obtained from 4x-2x crosses. Am. J. Potato Res. 82: 203 — 210.
- Malec K. 1974. Z badań nad powstawaniem nowych, bardziej wirulentnych biotypów grzyba *Synchytrium endobioticum* (Schilb.) Perc. Biul. Inst. Ziemn. 14: 131 — 135.
- OEPP/EPPO. 2004. EPPO Standards PM 7/28 *Synchytrium endobioticum*. EPPO Bulletin 34: 155 — 157.
- Przetakiewicz J. 2008. Assessment of the resistance of potato cultivars to *Synchytrium endobioticum* (Schilb.) Per. in Poland. Bulletin OEPP/ EPPO Bulletin 38: 211 — 215.
- Przetakiewicz J. 2009. Propozycja zmian w polskiej skali oceny odporności odmian ziemniaka na raka ziemniaka zgodnie z Protokołem Diagnostycznym EPPO PM 7/28. Biul. IHAR 254: 169 — 177.
- Przetakiewicz J. 2010. Odporność polskich odmian ziemniaka na występujące w kraju wirulentne patotypy 2(Ch1) i 3(M1) grzyba *Synchytrium endobioticum* (Schilb.) Per. Biul. IHAR 257: 207 — 214.
- Przetakiewicz J. 2012. Odporność jadalnych odmian ziemniaka na występujące w Polsce wirulentne patotypy grzyba *Synchytrium endobioticum* (Schilb.) Perc. Ziemniak Polski 1: 26 — 28.
- Ross H. 1986. Potato Breeding — Problems and Perspectives. In: Advances in Plant Breeding; Supplements to Journal of Plant Breeding. Verlag Paul Parey. Berlin and Hamburg: 132.
- Śliwka J., Jakuczun H., Kamiński P., Zimnoch-Guzowska E. 2010. Marker-assisted selection of diploid and tetraploid potatoes carrying *Rpi-phu1*, a major gene for resistance to *Phytophthora infestans*. J. Appl. Genet. 51 (2): 133 — 140.
- Zimnoch-Guzowska E. 2003. Wykorzystanie form diploidalnych ziemniaka w pracach hodowlanych i genetycznych. Post. Nauk Roln.1: 47 — 66.



**JANUSZ URBANOWICZ**Instytut Hodowli i Aklimatyzacji Roślin — PIB w Radzikowie  
Zakład Nasiennictwa i Ochrony Ziemniaka w Boninie

## Ocena selektywności i chwastobójczej skuteczności herbicydu Reactor 360 CS w ziemniaku

### Evaluation of selectivity and assessment of weed control efficacy of herbicide Reactor 360 CS in potato

Celem badań była ocena selektywności i chwastobójczej skuteczności herbicydu Reactor 360 CS w ziemniaku odmiany Jelly. Badania polowe przeprowadzono w latach 2010–2012 w Boninie. Herbicyd Reactor 360 CS (substancja aktywna — chlomazon 360 g) powodował lekkie objawy fitotoksycznej reakcji, które zanikły w czasie i nie wpłynęły na wielkość plonu. Najwyższą skuteczność chwastobójczą wykazały środki w roku 2010, który charakteryzował się wysoką wilgotnością po aplikacji testowanych herbicydów. Pielęgnacja chemiczna zapewniała wzrost plonu bulw w porównaniu do ochrony mechanicznej. Stwierdzono istotny wpływ ochrony herbicydowej na wielkość i strukturę plonu bulw.

**Słowa kluczowe:** chlomazon, fitotoksyczność, metrybuzyna, plon bulw, zachwaszczenie, ziemniak

Aim of this study was to evaluate the selectivity and herbicidal effectiveness of herbicide Reactor 360 CS in potato variety Jelly. The field study was carried out in 2010–2012 in Bonin. The herbicide Reactor 360 CS (active ingredient — chlomazone 360 g) caused a slight symptoms of phytotoxic reaction, which disappeared with the time and did not affect the yield. The highest herbicidal efficacy was observed in 2010. High humidity after application of herbicides was characteristic for this year. Chemical control resulted in a higher tuber yield when compared to the mechanical control. A significant influence of the protection of herbicides on yield and structure of tubers was demonstrated.

**Key words:** chlomazone, metribuzin, phytotoxicity, potato, tuber yield, weed infestation

### WSTĘP

W ostatnich latach obserwuje się wzrost produkcji przetworów spożywczych z ziemniaków, głównie frytek i chipsów, które również muszą spełniać najwyższe normy jakościowe (Zgórska, 2004), zatem celem producentów ziemniaka jadalnego jest uzyskanie wysokiego plonu o dobrej jakości (Nowacki, 2006). Stworzenie optymalnych warunków

do wzrostu i rozwoju ziemniaka poprzez właściwą agrotechnikę i racjonalne stosowanie środków ochrony roślin pozwala na pełne wykorzystanie jego potencjału plonotwórczego (Puła i Skowera, 2004; Nowacki i Podolska, 2005). Ziemniak jest rośliną, która słabo konkuruje z chwastami o czynniki siedliska (Pomykalska, 1991). Stosowanie herbicydów w uprawie ziemniaka zmniejsza zachwaszczenie, a jednocześnie wpływa na wzrost plonu (Adamczewski i Ratajczyk, 1987; Kraska i Pałys, 2002; Sawicka i in., 2005; Gugąła i Zarzecka, 2008). W zależności od stopnia zachwaszczenia plantacji i zastosowanych herbicydów wzrost plonu może wynosić nawet 40% w porównaniu z metodą mechaniczną. Na skuteczność działania herbicydów decydujący wpływ mają warunki pogodowe, głównie wilgotność gleby (Gruczek, 2001; Gugąła i Zarzecka, 2004; Zarzecka i Gugąła, 2006).

Celem badań była ocena selektywności, chwastobójczej skuteczności i wpływu na plon oraz jego strukturę herbicydu Reactor 360 CS w ziemniaku.

#### MATERIAŁ I METODY

Badania polowe wykonano w latach 2010–2012, metodą losowanych bloków w 4 powtórzeniach na poletkach o powierzchni 22,5 m<sup>2</sup> w Boninie koło Koszalina. Doświadczenia założono na glebie typu glina piaszczysta o zbliżonych wartościach pH, oraz zawartości próchnicy i podstawowych pierwiastków w poszczególnych latach (tab. 1).

Tabela 1

**Charakterystyka gleby w Boninie**  
**Characteristic of soil in Bonin**

| Wyszczególnienie<br>Specification                                                | Rok<br>Year               |      |      |
|----------------------------------------------------------------------------------|---------------------------|------|------|
|                                                                                  | 2010                      | 2011 | 2012 |
| pH w 1 n KCl — pH in KCl                                                         | 5,2                       | 5,3  | 5,6  |
| Zawartość próchnicy (g kg <sup>-1</sup> ) — Humus content                        | 19,0                      | 21,0 | 9,6  |
| Skład mechaniczny<br>Soil texture                                                | głina lekka<br>light loam |      |      |
| Zawartość makroelementów (mg kg <sup>-1</sup> )<br>Macroelements content in soil |                           |      |      |
| P                                                                                | 9,1                       | 9,3  | 5,9  |
| K                                                                                | 8,3                       | 10,8 | 4,2  |
| Mg                                                                               | 3,1                       | 3,5  | 2,6  |

W trakcie badań rejestrowano przebieg temperatur i ilość opadów, następnie obliczono współczynnik hydrotermiczny Sielanianowa (Molga, 1986). Przebieg warunków meteorologicznych był zróżnicowany w latach badań, największą sumę opadów odnotowano w 2012 roku, a najniższą ilość opadów stwierdzono w kwietniu i w czerwcu 2010 roku (tab. 2). Ziemniaki odmiany Jelly (średnio późna, jadalna) wysadzano w ostatniej dekadzie kwietnia w rozstawie 0,3 × 0,75 m. Od sadzenia do momentu wykonania zabiegu herbicydowego prowadzono ochronę mechaniczną stosując trzykrotne obsypywanie. Aplikację herbicydu Reactor 360 CS (substancja aktywna — chlomazon) w dawce 0,25 l·ha<sup>-1</sup> i standardowego — Sencor 70 WG (substancja aktywna — metrybuzyna)

w dawce  $1,0 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$  wykonano w drugiej dekadzie maja, w fazie początku formowania korzeni.

Tabela 2

**Charakterystyka warunków pogodowych w okresie wegetacji**  
**Weather conditions during the vegetation period**

| Miesiące<br>Months                                                       | Współczynnik hydrotermiczny Sielianinowa<br>Sielianinov's hydrothermal coefficient |       |       |
|--------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------|-------|-------|
|                                                                          | 2010                                                                               | 2011  | 2012  |
| IV                                                                       | 0,8                                                                                | 0,6   | 1,6   |
| V                                                                        | 3,2                                                                                | 1,4   | 0,5   |
| VI                                                                       | 0,6                                                                                | 0,9   | 2,6   |
| VII                                                                      | 1,5                                                                                | 2,3   | 2,7   |
| VIII                                                                     | 2,4                                                                                | 1,9   | 2,0   |
| IX                                                                       | 2,3                                                                                | 1,4   | 1,9   |
| Średnia<br>Mean                                                          | 1,8                                                                                | 1,4   | 1,8   |
| Suma opadów okresie wegetacji (mm)<br>Rainfalls in the vegetation period | 457,4                                                                              | 403,0 | 512,0 |
| Średnia temperatura ( $^{\circ}\text{C}$ )<br>Mean air temperature       | 13,8                                                                               | 14,8  | 14,1  |

Wartość współczynnika Sielianinowa — Sielianinov's coefficient:

do 0,5 — susza — below 0,5 — drought; 0,51–1,0 — posucha — mild drought; 1,1–2,0 — wilgotno — wet; powyżej 2 — mokro — above 2 — very wet

Po wschodach ziemniaka prowadzono obserwacje fitotoksycznej reakcji w oparciu o skalę 9-stopniową (1 — brak objawów, 9 — całkowite zniszczenie roślin), co 7 dni — do całkowitego jej ustąpienia. Ocenę skuteczności chwastobójczej badanych herbicydów wykonano 2 tygodnie przed zbiorem bulw metodą analizy fitosocjologicznej (Domaradzki i in., 2001), a następnie określono ich działanie za pomocą skali EWRC (tab. 3).

Tabela 3

**Skala do oceny skuteczności działania herbicydów (EWRC)**  
**Scale for estimation of herbicide efficiency**

| Skala<br>Scale | Zniszczenie chwastów [%]<br>Disruption of weed | Ocena działania<br>Estimate of operation |
|----------------|------------------------------------------------|------------------------------------------|
| 1              | 100                                            | celujące — outstanding                   |
| 2              | 98,0–99,9                                      | bardzo dobre — very good                 |
| 3              | 95,0–97,9                                      | dobre — good                             |
| 4              | 90,0–94,9                                      | zadowolające — satisfying                |
| 5              | 82,0–89,9                                      | mało zadowolające — hardly satisfying    |
| 6              | 70,0–81,9                                      | niezadowolające — disappointing          |
| 7              | 55,0–69,9                                      | złe — bad                                |
| 8              | 30,0–54,9                                      | bardzo złe — very bad                    |
| 9              | 0–29,9                                         | brak działania — lack of operation       |

Ocenę plonu i jego struktury określono po zbiorze (2 środkowe redliny z poletka — 40 roślin). Bulwy podzielono na 3 frakcje:  $< 30 \text{ mm}$ ,  $30\text{--}60 \text{ mm}$  i  $> 60 \text{ mm}$ , następnie je zważono i przeliczono na jednostkę powierzchni ( $1 \text{ ha}$ ), a sumę wszystkich frakcji wyrażono jako plon ogólny ( $\text{t} \cdot \text{ha}^{-1}$ ). Uzyskane wyniki poddano analizie statystycznej z

zastosowaniem analizy wariancji (ANOVA) dla doświadczeń jednoczynnikowych, a istotność różnic oceniono testem Tukeya na poziomie istotności  $\alpha = 0,05$ .

#### WYNIKI I DYSKUSJA

Fitotoksyczna reakcja odmiany Jelly na herbicyd Reactor 360 CS była krótkotrwała i objawiała się lekkim bieleniem liści, co jest charakterystyczne dla chlomazonu — substancji aktywnej należącej do grupy inhibitorów pigmentów (Praczyk, 2003). Uszkodzenia roślin były lekkie i uległy całkowitemu zaniknięciu po upływie tygodnia w 2011 i 2012 roku, a po dwóch tygodniach w 2010 roku od chwili ich wystąpienia. Natomiast na roślinach traktowanych herbicydem standardowym — Sencor 70 WG (substancja aktywna — metrybuzyna) nie odnotowano żadnych uszkodzeń (tab. 4).

Tabela 4

**Ocena fitotoksyczności działania herbicydów w skali 1–9**  
**The evaluation of herbicide phytotoxicity in 1–9 scale**

| Obiekt<br>Treatment                                       | Rok<br>Year | Faza rozwojowa ziemniaka w skali BBCH*<br>Growth stage of potato plant in BBCH scale |    |    |
|-----------------------------------------------------------|-------------|--------------------------------------------------------------------------------------|----|----|
|                                                           |             | 20                                                                                   | 22 | 25 |
|                                                           |             | fitotoksyczność<br>phytotoxicity                                                     |    |    |
| Kontrola<br>Untreated                                     | 2010        | 1                                                                                    | 1  | 1  |
|                                                           | 2011        | 1                                                                                    | 1  | 1  |
|                                                           | 2012        | 1                                                                                    | 1  | 1  |
| Reactor 360 CS — 0,25 l · ha <sup>-1</sup><br>(chlomazon) | 2010        | 2                                                                                    | 2  | 1  |
|                                                           | 2011        | 2                                                                                    | 1  | 1  |
|                                                           | 2012        | 2                                                                                    | 1  | 1  |
| Sencor 70 WG — 1,0 kg · ha <sup>-1</sup><br>(metrybuzyna) | 2010        | 1                                                                                    | 1  | 1  |
|                                                           | 2011        | 1                                                                                    | 1  | 1  |
|                                                           | 2012        | 1                                                                                    | 1  | 1  |

\*20 — rozwój pędów bocznych na głównym pędzie — formation of basal side shoots

22 — widoczny drugi pęd boczny — second basal side shoot visible

25 — widoczny piąty pęd boczny — fifth basal side shoot visible

Na długość utrzymywania się fitotoksycznej reakcji mogły mieć wpływ opady występujące po aplikacji herbicydu Reactor 360 CS, które w 2010 roku, w maju były większe niż w analogicznym okresie w 2011 i 2012 roku. Intensywne opady po wykonaniu zabiegu herbicydowego mogą spowodować przemieszczenie się substancji aktywnej w pobliże wschodzącej rośliny i wywołać efekt fitotoksycznej reakcji na skutek stosowania herbicydów w terminie przedwschodowym (Urbanowicz i in., 1999).

Zachwaszczenie ziemniaka uzależnione jest od wielu czynników, głównie przyrodniczych i agrotechnicznych (Dobrzański i Adamczewski, 2009). W roku 2010 odnotowano w sumie mniejszą liczbę osobników poszczególnych taksonów występujących w łanie ziemniaka, co mogło mieć związek z mniejszą ilością opadów (tab. 1). Wilgotność gleby jest również czynnikiem decydującym o stopniu zachwaszczenia plantacji działania (Zarzecka i Gugęła, 2005) oraz wpływa na skuteczność działania herbicydów dogłębowych, wymagających odpowiedniej wilgotności do swojej aktywacji.

W latach badań odnotowano bardzo wysoką skuteczność zwalczania dominujących gatunków chwastów z klasy dwuliściennych, jednak w roku 2011 i 2012 była ona nieznacznie niższa, średnio o 1–2% (tab. 5). Niezadowalającą skuteczność zwalczania odnotowano w przypadku chwastnicy jednostronnej — *Echinochloa crus-galli*, po zastosowaniu Sencoru 70 WG w roku 2011 i 2012, a mało zadowalającą w 2010. Gatunek ten jest średnio wrażliwy na działanie metrybuzyny — substancji aktywnej tego herbicydu. Sencor 70 WG zwalczał dwuliścienne gatunki chwastów na poziomie od dobrego do bardzo dobrego. We wszystkich latach po zastosowaniu herbicydu Reactor 360 CS skuteczność zwalczania gwiazdnicy pospolitej (*Stellaria media*), komosy białej (*Chenopodium album*) i przetacznika perskiego (*Veronica persica*) było zadowalające. Natomiast w latach 2011 i 2012 na podobnym poziomie zwalczane były gatunki: maruna bezwonna (*Matricaria inodora*), poziomnik szorstki (*Galeopsis tetrahit*) i krzywo szyj polny (*Lycopsis arvensis*).

Tabela 5

**Skuteczność chwastobójcza herbicydów w ziemniaku (%)**  
**Weed control efficacy of herbicides in potato (%)**

| Obiekt<br>Treatment                       | Rok<br>Year | Zniszczenie chwastów<br>Weed control (%) |       |       |       |       |       |       |       |       |       |
|-------------------------------------------|-------------|------------------------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
|                                           |             | ECHCG                                    | VIOAR | FUMOF | MATIN | LYCAR | POLCO | STEME | VERPE | CHEAL | GALTE |
| Kontrola*<br>Untreated                    | 2010        | 9                                        | 37    | 18    | 18    | 20    | 36    | 15    | 18    | 17    | 21    |
|                                           | 2011        | 11                                       | 46    | 20    | 16    | 25    | 45    | 16    | 24    | 23    | 23    |
|                                           | 2012        | 12                                       | 40    | 21    | 15    | 21    | 40    | 17    | 22    | 20    | 24    |
| Reactor 360 CS<br>0,25 l·ha <sup>-1</sup> | 2010        | 90                                       | 97    | 95    | 95    | 96    | 97    | 93    | 93    | 94    | 95    |
|                                           | 2011        | 88                                       | 97    | 95    | 94    | 93    | 97    | 93    | 92    | 93    | 93    |
|                                           | 2012        | 89                                       | 97    | 95    | 94    | 94    | 97    | 93    | 91    | 94    | 94    |
| Sencor 70 WG<br>1,0 kg·ha <sup>-1</sup>   | 2010        | 82                                       | 98    | 97    | 97    | 98    | 98    | 95    | 97    | 96    | 97    |
|                                           | 2011        | 80                                       | 98    | 96    | 96    | 96    | 98    | 95    | 97    | 96    | 96    |
|                                           | 2012        | 80                                       | 98    | 96    | 97    | 97    | 98    | 96    | 98    | 95    | 97    |

\* Dla kontroli podano liczbę chwastów (szt./m<sup>2</sup>)

\* For untreated — number of weeds (pcs/m<sup>2</sup>)

ECHCG — *Echinochloa crus-galli*, VIOAR — *Viola arvensis*, FUMOF — *Fumaria officinalis*, MATIN — *Matricaria inodora*, LYCAR — *Lycopsis arvensis*, POLCO — *Polygonum convolvulus*, STEME — *Stellaria media*, VERPE — *Veronica persica*, CHEAL — *Chenopodium album*, GALTE — *Galeopsis tetrahit*

Wysoka skuteczność zwalczania chwastów miała wpływ na wielkość i jakość uzyskanego plonu, który w dużej mierze uzależniony jest od zachwaszczenia wtórnego. W latach badań uzyskano istotnie wyższy plon z kombinacji, na których stosowano herbicydy, w porównaniu do obiektu kontrolnego (tab. 6). Nie stwierdzono wpływu fitotoksycznej reakcji na wielkość plonu oraz zdrobnienie bulw (zwiększenie udziału bulw o najmniejszym kalibrze), chociaż na obiekcie kontrolnym było więcej bulw drobnych, jednak różnice nie były statystycznie istotne (Gruczek, 2001). Najwyższy plon ogólny uzyskano w roku 2010. Na obiekcie kontrolnym uzyskano najmniej bulw o największym kalibrze, a najwięcej — o najmniejszym.

Tabela 6

**Plon ogólny bulw ziemniaka z podziałem na frakcje**  
**Total yield of potato tubers divided into fractions**

| Obiekt<br>Treatment                       | Rok<br>Year | Frakcje<br>Fraction (%) |          |         | Plon ogólny<br>Total yield (t·ha <sup>-1</sup> ) |
|-------------------------------------------|-------------|-------------------------|----------|---------|--------------------------------------------------|
|                                           |             | < 30 mm                 | 30–60 mm | > 60 mm |                                                  |
| Kontrola<br>Untreated                     | 2010        | 0,6                     | 92,2     | 7,2     | 27,16 a*                                         |
|                                           | 2011        | 0,7                     | 94,1     | 5,1     | 22,35 a                                          |
|                                           | 2012        | 0,6                     | 92,0     | 7,4     | 25,41 a                                          |
| Reactor 360 CS<br>0,25 l·ha <sup>-1</sup> | 2010        | 0,3                     | 87,8     | 12,0    | 41,27 b                                          |
|                                           | 2011        | 0,4                     | 84,7     | 14,9    | 39,96 b                                          |
|                                           | 2012        | 0,3                     | 86,2     | 13,5    | 40,21 b                                          |
| Sencor 70 WG<br>1,0 kg·ha <sup>-1</sup>   | 2010        | 0,4                     | 88,6     | 11,1    | 41,19 b                                          |
|                                           | 2011        | 0,6                     | 90,5     | 8,8     | 38,67 b                                          |
|                                           | 2012        | 0,5                     | 89,4     | 10,1    | 40,58 b                                          |
|                                           |             |                         |          |         | NIR — LSD = 9,64                                 |

\*Wartości w kolumnach oznaczone jednakowymi literami nie różnią się istotnie na poziomie  $\alpha = 0,05$  według testu Tukeya  
Means in columns followed by the same letters are not significantly different according to Tukey's test at  $\alpha = 0.05$  level

### WNIOSKI

1. Herbicyd Reactor 360 CS spowodował wystąpienie lekkich, ale krótkotrwałych objawów fitotoksycznej reakcji na odmianie Jelly.
2. Skuteczność zwalczania chwastów herbicydem Reactor 360 CS była bardzo wysoka i wynosiła od 88 do 97%. Wyższą skuteczność notowano w roku o większej ilości opadów i niższej dobowej temperaturze powietrza.
3. Po zastosowaniu herbicydu Reactor 360 CS uzyskano większy plon w porównaniu do obiektu kontrolnego. Nie odnotowano wpływu fitotoksycznej reakcji na wielkość i strukturę plonu.

### LITERATURA

- Adamczewski K., Ratajczyk G. 1987. Nowe herbicydy do odchwaszczania ziemniaków. *Prace Nauk. IOR*, XXIII, 1–2: 155 — 165.
- Dobrzański A., Adamczewski K. 2009. Wpływ walki z chwastami na bioróżnorodność agroficenozy. *Prog. Plant Protection/Post. Ochr. Roślin* 49 (3): 982 — 995.
- Domaradzki K., Badowski M., Filipiak K., Franek M., Gołębiowska H., Kieloch R., Kucharski M., Rola J., Sadowski J., Sekutowski T., Zawerbny T. 2001. *Metodyka doświadczeń biologicznej oceny herbicydów, bioregulatorów i adiuwantów. Cz. I. Doświadczenia polowe*. Wyd. IUNG Puławy, 167 ss.
- Gruźek T. 2001. Efektywne sposoby walki z chwastami i ich wpływ na jakość bulw ziemniaka. *Biul. IHAR* 217: 221 — 231.
- Gugała M., Zarzecka K. 2004. Produkcyjność ziemniaka w zależności od sposobu zwalczania chwastów. Cz. I. Wpływ sposobów zwalczania chwastów na plonowanie ziemniaka. *Zesz. Probl. Post. Nauk Rol.*, 500: 407 — 413.
- Gugała M., Zarzecka K. 2008. Skuteczność chwastobójcza herbicydów w zależności od sposobu uprawy roli i pielęgnacji ziemniaka. *Prog. Plant Prot.*, 48 (1): 264 — 267.
- Kraska P., Pałys E. 2002. Wpływ systemu uprawy roli oraz nawożenia i ochrony roślin na zachwaszczenie ziemniaka uprawianego na glebie lekkiej. *Ann. UMCS, LVII, Sec. E*: 27 — 39.
- Molga M. 1986. *Meteorologia rolnicza*. PWRiL, Warszawa: 447 — 460.

- Nowacki W., Podolska G. 2005. Intensywność technologii a jakość ziemniaków. Efektywne i bezpieczne technologie produkcji roślinnej. IX Konf. Nauk. Puławy, 1–2.06.2005. IUNG Puławy: 135 — 140.
- Nowacki W. 2006. Udział plonu handlowego w plonie ogólnym jadalnych odmian ziemniaka. Zesz. Probl. Post. Nauk Rol., 511: 429 — 439.
- Pomykańska A. 1991. Badania nad określeniem progów szkodliwości chwastów w łanie ziemniaka. Rocz. Nauk Rol., Ser. A, 109, (2): 21 — 34.
- Praczyk T. 2003. Identyfikacja uszkodzeń herbicydowych na roślinach uprawnych. Prog. Plant Prot./Post. Ochr. Roślin 43 (1): 331 — 336.
- Puła J., Skowera B. 2004. Zmienność cech jakościowych bulw ziemniaka odmiany Mila uprawianego na glebie lekkiej w zależności od warunków pogodowych. Acta Agroph. 3 (2): 359 — 366.
- Sawicka B., Barbaś P., Kawalec A. 2005. Zachwaszczenie łanu ziemniaka w warunkach ekologicznego i integrowanego systemu produkcji. Pam. Puł. 139: 211 — 223.
- Urbanowicz J., Erlichowski T., Pawińska M. 1999. Wpływ herbicydów na rośliny ziemniaka. Prog. Plant Prot./Post. Ochr. Roślin 39 (2): 718 — 720.
- Zarzecka K., Gugala M. 2005. Liczebność i skład gatunkowy chwastów w warunkach zróżnicowanej pielęgnacji ziemniaka. Acta Agrobot. 58 (1): 291 — 302.
- Zarzecka K., Gugala M. 2006. Porównanie różnych sposobów odchwaszczania plantacji ziemniaka. Pam. Puł. 142: 607 — 615.
- Zgórska K. 2004. Wymagania jakościowe wobec odmian ziemniaka do przetwórstwa spożywczego. Ziemniak Pol. 4: 26 — 28.



**MICHAŁ KOSTIW**Zakład Nasiennictwa i Ochrony Ziemniaka w Boninie  
Instytut Hodowli i Aklimatyzacji Roślin — PIB w Radzikowie

## Nasiennictwo ziemniaka w Polsce: uwarunkowania przyrodnicze, odmianowe i rynkowe

### Seed potato in Poland: natural, varietal and market conditions

W Polsce zmieniają się uwarunkowania przyrodnicze, odmianowe i rynkowe mające wpływ na produkcję nasienną ziemniaka. Zmniejszający się areal uprawy ziemniaka sprawia, że zwiększa się izolacja przestrzenna między poszczególnymi plantacjami tej rośliny, w konsekwencji maleje liczba źródeł wirusów w środowisku. Zwiększa się powierzchnia plantacji nasiennych (koncentracja produkcji) oraz maleje presja niektórych gatunków mszyc, wektorów chorób wirusowych ziemniaka. Zmiany te są korzystne dla nasiennictwa. Jednocześnie wzrasta w nasiennictwie udział odmian podatnych na wirusy. Są to w większości odmiany hodowli zagranicznej. Ten czynnik utrudnia produkcję nasienną. Ważnym zadaniem jest odbudowa nasiennictwa ziemniaka w Polsce. Z czynników rynkowych najważniejsze znaczenie ma zwiększenie popytu na kwalifikowany materiał nasenny.

**Słowa kluczowe:** nasiennictwo ziemniaka, wirusy, wektory, odmiany

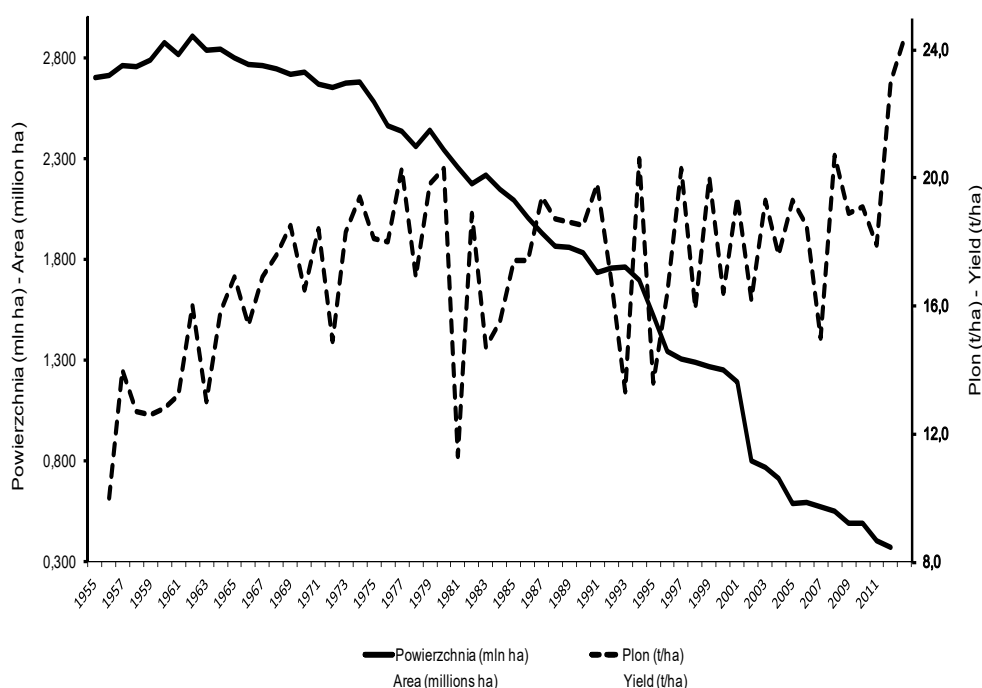
In Poland, the changing natural, varietal and market conditions affect the production of seed potatoes. Decreasing potato acreage causes increasing spatial isolation between the plantations of this plant, and in a consequence decreases the number of sources of virus in the environment. The size of seed plantations is growing (concentration of production) and the pressure of certain species of aphid vectors of virus diseases of potato decreases. These changes are favourable for seed production. At the same time the share seed varieties susceptible to viruses increases. They are mostly varieties from foreign breeding companies. This factor makes it difficult to produce seed. An important task is to rebuild the seed potato production in Poland. Among the market factors, to increase the demand for certified seed material is the most important one.

**Key words:** cultivars, seed potato, vectors, viruses

### WSTĘP

Podstawowym zadaniem nasiennictwa ziemniaka jest dostarczenie rolnictwu sadzeniaków pożądaných odmian o właściwej jakości. W 2012r. powierzchnia uprawy

ziemniaka w Polsce wyniosła 0,37 mln ha (rys. 1) i była prawie ośmiokrotnie mniejsza niż w 1962 r. — ok. 2,9 mln ha (powierzchnia największa w okresie powojennym).



**Rys. 1. Powierzchnia i plon ziemniaka w latach 1955–2012**  
**Fig. 1. The cultivation area and yield of potato in the years 1955–2012**

Przewiduje się, że w 2013 r. ulegnie dalszemu zmniejszeniu do około 0,35 mln ha (Dzwonkowski i in., 2012). Ziemniak jako roślina okopowa w płodozmianie stanowi ważny element zrównoważonych systemów produkcji w rolnictwie. Z tego względu zmniejszająca się powierzchnia uprawy nie jest korzystna. Mimo zachodzących zmian Polska należy nadal do czołowych producentów ziemniaka w Europie i na świecie. Niestety w dalszym ciągu notuje się u nas niskie zużycie kwalifikowanego materiału nasienneho, według Chotkowskiego (2012) najniższe w Europie i tym samym niską częstotliwość wymiany sadzeniaków na materiał kwalifikowany. W 1999 r. powierzchnia plantacji nasiennych ziemniaka wyniosła 7,2 tys. ha. Nieco mniejsza była w latach od 2000 do 2003 r. (6,9 tys. ha) i znacznie mniejsza w latach 2004 i 2005 odpowiednio 5,9 i 4,7 tys. ha. W latach 2006–2012 ukształtowała się na zbliżonym, dość niskim poziomie od 5,1 tys. ha w 2009 r. do 5,4 tys. ha w latach 2011 i 2012 (tab. 1).

Tabela 1

**Powierzchnia (tys. ha) plantacji nasiennych ziemniaka w Polsce w latach 1999–2012 na podstawie danych GIORIN**  
**Area (thousands of hectares) of potato seed production in Poland in the years 1999–2012 based on GIORIN data**

| Lata<br>Years | Powierzchnia<br>Area |
|---------------|----------------------|
| 1999          | 7,2                  |
| 2000          | 6,9                  |
| 2001          | 6,9                  |
| 2002          | 6,9                  |
| 2003          | 6,9                  |
| 2004          | 5,9                  |
| 2005          | 4,7                  |
| 2006          | 5,3                  |
| 2007          | 5,7                  |
| 2008          | 5,5                  |
| 2009          | 5,1                  |
| 2010          | 5,3                  |
| 2011          | 5,4                  |
| 2012          | 5,4                  |

W konsekwencji również produkcja sadzeniaków kwalifikowanych jest niewielka. W ostatnich 3 latach: 2010, 2011 i 2012 wyniosła odpowiednio: 85, 90 i 90 tys. ton (Dzwonkowski i in., 2012). To sprawia, że udział sadzeniaków kwalifikowanych w zużyciu sadzeniaków ogółem jest u nas niski i w 2012r. wyniósł 10,9%. Podobnie udział plantacji kwalifikowanych w ogólnej powierzchni uprawy ziemniaka jest również niski (1,4%) — Dzwonkowski i in., 2012. Przykładowo w Niemczech jest to około 6%, we Francji około 9%, a w Holandii, dużym eksporterze sadzeniaków, udział ten kształtuje się na poziomie blisko 23% (Chotkowski, 2012). Średnia częstotliwość wymiany sadzeniaków w całej produkcji ziemniaków w Polsce wynosi co około 14 lat, co stanowi jedną z głównych przyczyn stosunkowo niskich plonów, niższej jakości bulw i w konsekwencji słabszych efektów produkcyjnych. Granicę 20 ton z ha przekroczone wyraźnie dopiero w latach 2011 i 2012, uzyskując odpowiednio 230 i 244 dt/ha (Dzwonkowski i in., 2012). W krajach zachodnioeuropejskich sadzeniaki wymienia się co 2 lata lub nawet co roku na materiał kwalifikowany (Duczmał, 2008). Częstotliwość wymiany różni się u nas zależnie od kierunku produkcji. Chotkowski (2012) podaje, że najczęściej wymieniają sadzeniaki producenci ziemniaków z przeznaczeniem na frytki i chipsy, średnio odpowiednio co 1,3 i 1,5 roku, przy czym ten kierunek użytkowania ziemniaka bazuje głównie na odmianach hodowli zagranicznej. Zadowalającą częstotliwość wymiany (co 3 lata) zachowują też producenci ziemniaków przeznaczonych dla przemysłu skrobiowego. Znacznie rzadziej wymienia się sadzeniaki w produkcji rynkowej ziemniaków jadalnych (średnio co 10,7 lat, w tym w uprawie na wczesny zbiór — średnio co 4,9 lat). Niski średni poziom wymiany sprawia, że oceniany pozytywnie postęp polskiej hodowli ziemniaka w okresie powojennym pod względem takich cech jak m. in. wielkość plonu (Chotkowski, Stypa, 2007, Mańkowski, Laudański, 2009), odporność na wirusy Y i liściozwoju ziemniaka

(odpowiednio *potato virus Y*, PVY i *potato leafroll virus*, PLRV), zawartość skrobi, nie może być w pełni wykorzystany w praktyce (Chotkowski, Stypa, 2007).

W hodowli ziemniaka skończyła się już dominacja odmian ogólnoużytkowych, które w przeszłości były wykorzystywane wszechstronnie, do bezpośredniego spożycia, produkcji skrobi oraz jako pasza w żywieniu zwierząt. Współczesny rynek jest o wiele bardziej wymagający. Zwiększa się zapotrzebowanie na odmiany przydatne na ściśle określone kierunki użytkowania. Poszukiwany jest więc ziemniak jadalny przeznaczony do konsumpcji bezpośredniej, skrobiowy i przydatny do przetwórstwa na produkty uszlachetnione (głównie frytki, chipsy, kostka garmażeryjna oraz inne). Istotą jest to, że oferowane odmiany muszą posiadać odpowiednie cechy jakości oraz to, że o przydatności do określonego kierunku użytkowania decydują nie tylko właściwości odmianowe. Wpływ na wartość produktu mają także inne działania niż hodowlane, przede wszystkim warunki środowiska w okresie wegetacji i podczas przechowywania.

Produkcja wysokiej jakości sadzeniaków ziemniaka jest trudna i kosztowna, ponieważ jest objęta wieloma restrykcjami związanymi z obowiązującymi w nasiennictwie normami. Ich utrzymanie jest trudne, co pozostaje w ścisłym związku z wegetatywnym sposobem rozmnażania (przez bulwy). Dobre efekty ekonomiczne w tej działalności mogą uzyskać tylko producenci dobrze przygotowani zarówno pod względem merytorycznym jak i organizacyjnym.

Celem pracy była ocena zmieniających się uwarunkowań przyrodniczych, biologicznych oraz rynkowych i ich znaczenia w nasiennictwie ziemniaka. Omówiono czynniki sprzyjające produkcji nasiennej ziemniaka uwzględniając: uwarunkowania przyrodnicze, koncentrację produkcji nasiennej, zwiększanie się produkcji nasiennej na północy kraju, zmiany presji mszyc. Następnie przedstawiono znaczenie czynnika biologicznego (odmiany) i czynników rynkowych w nasiennictwie ziemniaka.

## ZMIANY SPRZYJAJĄCE PRODUKCJI NASIENNEJ ZIEMNIAKA

### Uwarunkowania przyrodnicze

W Polsce wraz z upływem czasu zmieniają się uwarunkowania przyrodnicze produkcji nasiennej ziemniaka. Istotne znaczenie ma zmniejszająca się od lat powierzchnia uprawy tej rośliny, a ważnym dla nasiennictwa efektem tych zmian jest malejąca liczba źródeł wirusów w środowisku i ich dostępność dla mszyc wektorów wirusów oraz zwiększająca się izolacja przestrzenna między poszczególnymi plantacjami ziemniaka, co z kolei znacznie ogranicza przenoszenie wirusów w sposób nietrwały (na kłujce) na dalekie odległości, takich jak PVY, PVM i PVS. Jest to związane z krótką retencją (czas utrzymywania się aktywnego wirusa na kłujce mszycy po nabyciu go z sokiem rośliny porażonej podczas żerowania owada) tych wirusów w organizmie mszycy. Kostiw (1987) stwierdził, że retencja PVY u uskrzydłonych form *Myzus persicae* (Sulz.) oraz PVM i PVS u *Aphis nasturtii* Kalt. była podobna. W miarę przedłużania czasu głodzenia mszyc po nabyciu wirusa, efektywność przenoszenia malała i była już mocno ograniczona po 128-minutowym głodzeniu. W praktyce czas głodzenia można przyrównywać do aktywnego lub biernego (z prądami powietrznymi lub wiatrem) przemieszczania się tych owadów na

dalekie odległości. Wraz ze zwiększającą się izolacją przestrzenną między plantacjami ziemniaka maleje presja mszyc nalatujących z zewnątrz, szczególnie gatunków związanych pokarmowo z ziemniakiem. Powinno to zwiększać efektywność ochrony plantacji nasiennych ziemniaka przed porażeniem przez wirusy stosując chemiczne zwalczanie mszyc. Niszczona przez aficydy populacja mszyc na plantacji nie będzie się w stanie odbudować, jeżeli naloty mszyc z zewnątrz będą niewielkie.

#### **Koncentracja produkcji nasiennej**

Proces ten zachodzi wprawdzie dość powoli, tym niemniej jest wyraźnie zauważalny (tab. 2). W 1991r. średnia powierzchnia plantacji nasiennej wyniosła 0,99 ha. W 2008 r. była już ponad dwukrotnie większa (2,40 ha), a w 2012 r. zwiększyła się do 2,56 ha (Dzwonkowski i in., 2012). Przykładowo w Holandii jest wielokrotnie większa i wynosi około 18 ha (Chotkowski, 2012).

Tabela 2

**Średnia powierzchnia plantacji nasiennej ziemniaka w Polsce**  
**The average potato seed plantation area in Poland**

| Rok<br>Years | Powierzchnia<br>Area (ha) |
|--------------|---------------------------|
| 1991         | 0,99                      |
| 2008         | 2,40                      |
| 2009         | 2,38                      |
| 2010         | 2,46                      |
| 2011         | 2,53                      |
| 2012         | 2,55                      |

Koncentracja produkcji nasiennej sprzyja wytwarzaniu zdrowego sadzeniaka, bowiem ochrona plantacji obszarowo większych przed wirusami, szczególnie w warunkach zwiększającej się izolacji przestrzennej między plantacjami i malejącego udziału źródeł wirusów w środowisku, jest efektywniejsza niż plantacji o małych powierzchniach. (Dubnik i in., 1972; Turska, Szulc, 1986/87).

#### **Wzrost koncentracji produkcji nasiennej na północy kraju**

Od wielu lat postępuje w Polsce wzrost koncentracji produkcji nasiennej ziemniaka w regionach charakteryzujących się korzystniejszymi warunkami przyrodniczymi, a więc przeciętnie niższą presją zarówno wektorów jak i wirusów. Są to regiony Polski północnej, a szczególnie korzystne warunki mieszczą się w części północno-wschodniej kraju. W 2001 r. udział 4 województw położonych na północy Polski (pomorskie, zachodniopomorskie, kujawsko-pomorskie i warmińsko-mazurskie) w powierzchni nasiennej wyniósł 50%. W 2008 r. zwiększył się do 67,9%, a w latach 2010–2011 do odpowiednio 69,6 i 70,1%. W tym ostatnim roku (2011) największym udziałem produkcji nasiennej odznaczało się woj. pomorskie (34,9%). Połowę mniejszy udział zanotowano w woj. zachodniopomorskim (17,6%). W 2 pozostałych woj. (kujawsko-pomorskie i warmińsko-mazurskie) był on najniższy i kształtował się na poziomie odpowiednio 9,6 i 8,0%. Lokalizacja plantacji nasiennych na tych obszarach jest decyzją bardzo racjonalną. Nasiennictwo jest tam efektywniejsze, obarczone mniejszym ryzykiem degradacji lub dyskwalifikacji plantacji.

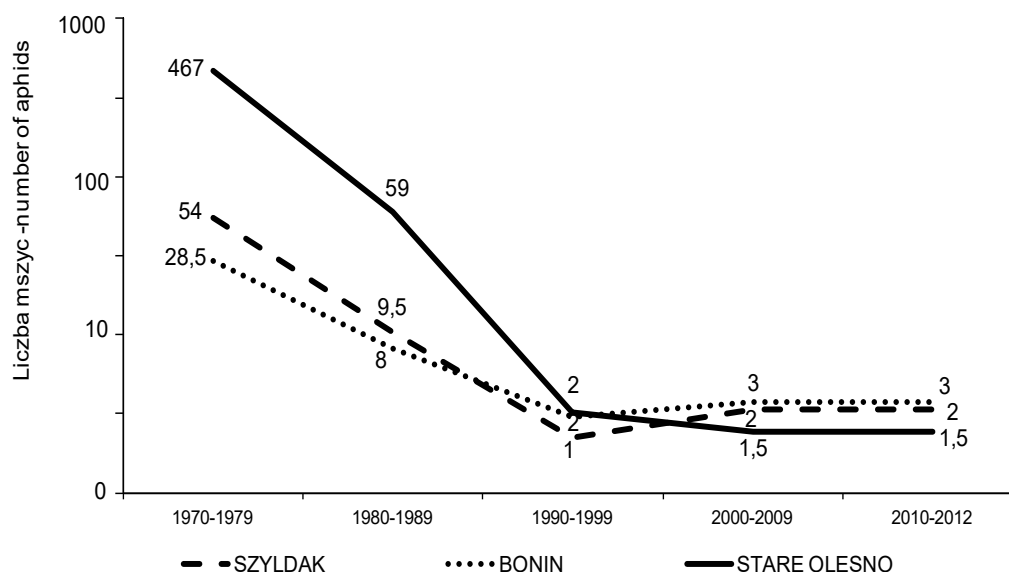
### Zmiany presji niektórych gatunków mszyc

W nasiennictwie ziemniaka najważniejsze znaczenie mają choroby wirusowe, ponieważ najbardziej wpływają na pogorszenie zdrowotności sadzeniaków i stanowią główną przyczynę degradacji i dyskwalifikacji plantacji nasiennych. Rośliny ziemniaka mogą być porażane przez ponad 30 wirusów (Salazar, 1996). W Polsce powszechnie występują cztery z nich: PVY, wirus M ziemniaka (*Potato virus M*, PVM), wirus S ziemniaka (*Potato virus S*, PVS) i PLRV. Zdecydowanie największe zagrożenie stanowi obecnie PVY. Należy on do wirusów wywołujących na roślinach porażenie w stopniu na ogół ostrym. Efektem takiego schorzenia mogą być duże spadki plonu bulw i pogorszenie ich jakości. Wahają się one od 30 do nawet 90%. Wielkość strat zależy wyraźnie od nasilenia objawów choroby. Odmiany ziemniaka różnią się pod tym względem. Do znacznie mniej groźnych wirusów należą PVM i PVS. Obydwa występują powszechnie i łatwo się rozprzestrzeniają, a sprzyja temu wysoka podatność uprawianych odmian. Ocenia się, że obydwie powodują zniżkę plonu bulw w zakresie od 0 do 30% i również uzależnione jest to od stopnia porażenia i reakcji odmian. W Polsce przeważają izolaty PVM wywołujące słabe objawy chorobowe na roślinach. Znaczenie tego wirusa może być duże w przypadku porażenia roślin odmian reagujących wyraźnymi symptomami (Chrzanowska, 2004). Zgodnie z obowiązującymi przepisami silne symptomy chorobowe są kwalifikowane w nasiennictwie, jako ostre schorzenia i stanowią podstawę do dyskwalifikacji plantacji nasiennych, stosownie do poziomu porażenia.

PVS nie ma większego znaczenia w szerokiej produkcji ziemniaków, ponieważ nie powoduje znaczącej obniżki plonu. Często porażone rośliny nie wykazują żadnych objawów chorobowych albo są one ledwo dostrzegalne. Z tego powodu wirus ten nie podlega u nas laboratoryjnej ocenie zdrowotności sadzeniaków w próbie oczkowej (badania weryfikacyjne).

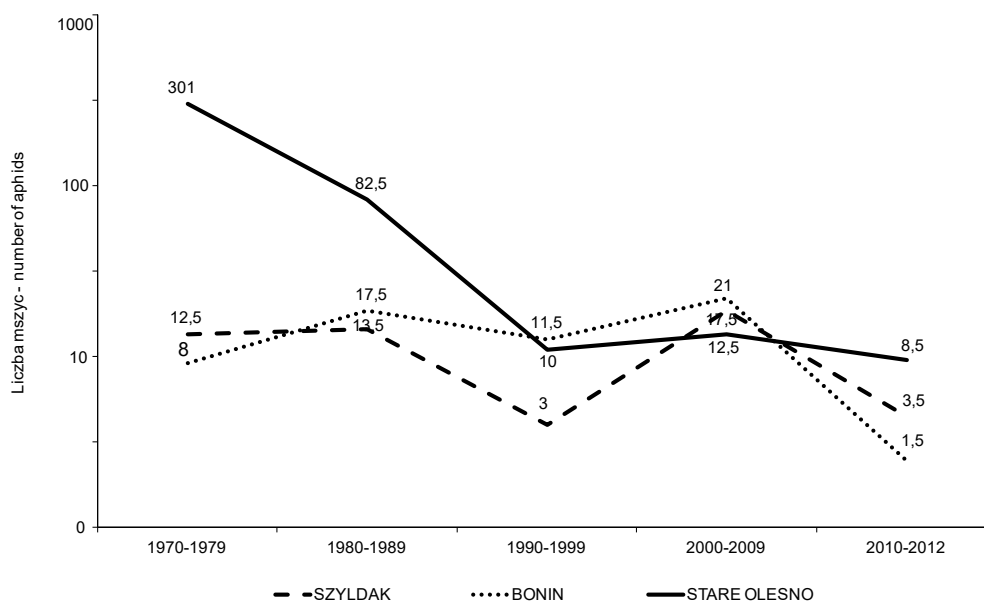
W Polsce już od wielu lat nie notuje się dużego zagrożenia PLRV (Kostiw, 2011). W połowie lat 70. XX wieku dorównywał on pod względem znaczenia gospodarczego PVY (Gabriel, 1989). Jedną z przyczyn malejącego znaczenia tego wirusa wydaje się być malejąca liczba źródeł wirusów w środowisku w związku z malejącą powierzchnią uprawy ziemniaka.

Od wielu lat notowane są zmiany presji niektórych gatunków mszyc., najważniejszych wektorów chorób wirusowych ziemniaka. Zjawisko to występuje zarówno w czasie jak i przestrzeni. Wyniki badań własnych uzyskanych na podstawie kilkudziesięcioletniego monitoringu mszyc, odławianych metodą żółtych naczyń w okresie od maja do sierpnia w latach 1970–2012 w 3 miejscowościach, wykazały zmiany populacji (presji) tych owadów. W miejscowości Stare Olesno (woj. opolskie) liczebność osobników mszycy kruszynowoziemniaczanej *Aphis frangulae* Kalt., wektora PVY, PVM i prawdopodobnie PVS zmniejszyła się średnio (z 2 naczyń) z 467 osobników w dekadzie 1970–1979 do zaledwie 1,5 osobników w latach 2000–2009 i 2010–2012 (rys. 2). Podobny kierunek zmian stwierdzono w 2 pozostałych miejscowościach — w Boninie, woj. zachodniopomorskie oraz w Szydaku, woj. warmińsko-mazurskie. Zważywszy na wieloletni okres obserwacji tych owadów można uważać, że zaistniałe zmiany mają już charakter trwałe.

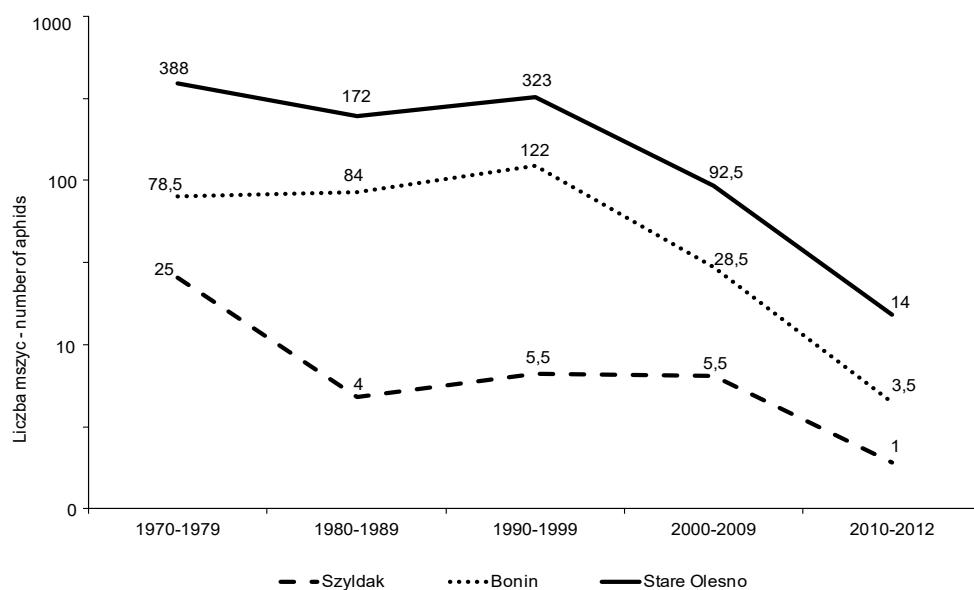


Rys. 2. Liczebność *Aphis frangulae* Kalt. w 3 miejscowościach w latach 1970–2012  
Fig. 2. Number of *Aphis frangulae* Kalt. in three locations in the years 1970–2012

To upoważnia do stwierdzenia, że *A. frangulae* nie ma już u nas znaczenia gospodarczego w epidemiologii PVY, PVM i PVS. W Starym Oleśnie również presja mszycy szklakowoziemniaczanej, *Aphis nasturtii* Kalt., wektora PVY, PVM, PVS i bardzo słabego wektora PLRV zmniejszała się w miarę upływu lat. Średnia (z 2 żółtych naczyń) liczba osobników tej mszycy w kolejnych dekadach: 1970–1979, 1980–1989, 1990–1999, 2010–2012 wyniosła w tej miejscowości odpowiednio: 301; 82,5; 10; 12,5 oraz 8,5 mszyc (rys. 3). W odniesieniu do mszycy brzoskwiniowej *Myzus persicae* (Sulz.) — rys. 4, obecnie jedyne w Polsce wektora PLRV o znaczeniu gospodarczym oraz wektora PVY, PVM i PVS, w miejscowości Szyldak przy ogólnej niewielkiej presji tej mszycy, jej liczebność w dekadzie 1970–1979 była większa (średnio 25 mszyc) niż w pozostałych dekadach: 1980–1989 (4 mszycy), 1990–1999 (5,5 mszycy), 2000–2009 (5,5) oraz w latach 2010–2012 (zaledwie 1 mszyca). Z kolei w Boninie i Starym Oleśnie liczebność *M. persicae* w dekadzie 1990–1999 wyniosła odpowiednio 122 i 323 mszycy i była znacznie większa niż w dekadzie 2000–2009 (odpowiednio: 28,5 i 92,5 mszycy) oraz w latach 2010–2012 (odpowiednio: 3,5 i 14 mszycy). Można więc stwierdzić, że w obydwóch tych miejscowościach presja mszycy brzoskwiniowej zmniejszyła się wyraźnie w ostatnich 13 latach (2000–2012). Inne gatunki mszyc, tj. mszyca smugowana *Macrosiphum euphorbiae* (Thom.) i ziemniaczana średnia *Aulacorthum solani* Kalt., mogące przenosić PVY, PVM, PVS i PLRV nie są już praktycznie notowane w uprawach ziemniaka w Polsce od wielu lat (Kostiw, 2011). Nie mają więc znaczenia w epidemiologii chorób wirusowych tej rośliny.



Rys. 3. Liczebność *Aphis nasturtii* Kalt. w 3 miejscowościach w latach 1970–2012  
Fig. 3. Number of *Aphis nasturtii* Kalt. in three locations in the years 1970–2012



Rys. 4. Liczebność *Myzus persicae* (Sulz.) w 3 miejscowościach w latach 1970–2012  
Fig. 4. Number of *Myzus persicae* (Sulz.) in three locations in the years 1970–2012

# ZMIANY UTRUDNIAJĄCE PRODUKCJĘ NASIENNĄ

## Uwarunkowania odmianowe

W przeszłości jednym z głównych kierunków w polskiej hodowli ziemniaka była hodowla odmian odpornych na wirusy (Chrzanowska i Świeżyński, 1996; Pawlak, 1996). Było to podyktowane rosnącą w okresie powojennym presją wirusów, szczególnie PVY, a w latach siedemdziesiątych i osiemdziesiątych także wzrostem zagrożenia PLRV. Pojawiły się trudności w nasiennictwie. Odmiany podatne na wirusy, mimo posiadanych wielu pozytywnych cech gospodarczych, nie spełniały oczekiwań producentów. Szybko traciły na znaczeniu aż do całkowitego wycofania z rejestru (Kapsa, 1996). Uruchomiono hodowlę odmian odpornych na wirusy. Program obowiązywał już od początku lat 60. Uważano, że właśnie odmiany odporne (odporniejsze) na wirusy będą czynnikiem ułatwiającym produkcję nasiennej i obniżającym jej koszty. Tymczasem okazało się, że zwiększenie odporności na wirusy w materiałach hodowlanych miało negatywny wpływ na poziom cech jakości (Pawlak, 1996; Chotkowski i Stypa, 2007). W tabeli 3 porównano poziom odporności na PVY odmian jadalnych i skrobiowych hodowli krajowej i zagranicznej przykładowo w latach 2000, 2005 i 2011. W grupie odmian jadalnych krajowych średnia z wymienionych lat odporność na PVY wyniosła 7,0 w skali 9-stopniowej (9 oznacza ocenę najlepszą, 1 najgorszą), a odmian zagranicznych — 5,5.

Tabela 3

**Odporność odmian ziemniaka na PVY**  
**Resistance of potato varieties to PVY**

| Lata<br>Years   | Odmiany krajowe<br>Domestic varieties |                    | Odmiany zagraniczne<br>Foreign varieties |                    |
|-----------------|---------------------------------------|--------------------|------------------------------------------|--------------------|
|                 | jadalne — table                       | skrobiowe — starch | jadalne — table                          | skrobiowe — starch |
| 2000            | 6,9                                   | 7,8                | 5,9                                      | 6,5                |
| 2005            | 7,0                                   | 7,8                | 5,3                                      | 5,7                |
| 2011            | 7,2                                   | 7,6                | 5,3                                      | 7,6                |
| Średnia<br>Mean | 7,0                                   | 7,7                | 5,5                                      | 6,6                |

Natomiast odporność odmian skrobiowych kształtowała się na poziomie 7,7 (odmiany krajowe) i 6,6 (odmiany zagraniczne). W grupie 43 odmian jadalnych hodowli krajowej, będących w krajowym rejestrze w 2012 r. (tab. 4), tylko 8 z nich to odmiany posiadające odporność na PVY na poziomie 6 i niższym w skali 9-stopniowej. Pozostałe odmiany (35) posiadają odporność na poziomie 6,5 i wyższym. Tymczasem wśród 56 odmian jadalnych hodowli zagranicznych aż 46 z nich posiada odporność na poziomie 6 i niższym, a jedynie 10 odmian ma wyższą odporność (6,5 i wyższą). Polskie odmiany są więc odporniejsze zarówno na PVY jak i PLRV niż odmiany zagraniczne. Zmieniły się jednak priorytety w hodowli odmian jadalnych ziemniaka. Najważniejsze znaczenie przypisuje się przede wszystkim cechom jakościowym odmiany: wygląd bulw, cechy kulinarne, przydatność do przerobu na przetwory spożywcze (Pawlak, 2002). Odporność (na wirusy) ma mniejsze znaczenie.

Tabela 4

**Odporność odmian ziemniaka na PVY i PLRV na podstawie danych COBORU z 2012 roku**  
**Resistance of potato varieties to PVY and PLRV based on COBORU 2012 data**

| Wczesność<br>Earliness                | Liczba<br>odmian<br>Number of<br>varieties | Liczba odmian odpornych na: — Number of varieties resistant to: |                                                                |                                                           |                                                                |
|---------------------------------------|--------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------|
|                                       |                                            | PVY                                                             |                                                                | PLRV                                                      |                                                                |
|                                       |                                            | odporność „6” i<br>niższa*<br>resistance „6”<br>and lower       | odporność „6,5” i<br>wyższa*<br>resistance „6,5” and<br>higher | odporność „6” i<br>niższa*<br>resistance „6”<br>and lower | odporność „6,5” i<br>wyższa*<br>resistance „6,5” and<br>higher |
| Odmiany jadalne<br>Table varieties    |                                            |                                                                 |                                                                |                                                           |                                                                |
| Bardzo wczesne — Very early           |                                            |                                                                 |                                                                |                                                           |                                                                |
| Krajowe — domestic                    | 7                                          | 3                                                               | 4                                                              | 4                                                         | 3                                                              |
| Zagraniczne — foreign                 | 11                                         | 10                                                              | 1                                                              | 9                                                         | 2                                                              |
| Razem — together                      | 18                                         | 13                                                              | 5                                                              | 13                                                        | 5                                                              |
| Wczesne — Early                       |                                            |                                                                 |                                                                |                                                           |                                                                |
| Krajowe — domestic                    | 10                                         | 2                                                               | 8                                                              | 6                                                         | 4                                                              |
| Zagraniczne — foreign                 | 17                                         | 15                                                              | 2                                                              | 10                                                        | 7                                                              |
| Razem — together                      | 27                                         | 17                                                              | 10                                                             | 16                                                        | 11                                                             |
| Średnio wczesne — Medium early        |                                            |                                                                 |                                                                |                                                           |                                                                |
| Krajowe — domestic                    | 20                                         | 1                                                               | 19                                                             | 13                                                        | 7                                                              |
| Zagraniczne — foreign                 | 25                                         | 19                                                              | 6                                                              | 20                                                        | 5                                                              |
| Razem — together                      | 45                                         | 20                                                              | 25                                                             | 33                                                        | 12                                                             |
| Średnio późne — Mid late              |                                            |                                                                 |                                                                |                                                           |                                                                |
| Krajowe — domestic                    | 4                                          | 1                                                               | 3                                                              | 2                                                         | 2                                                              |
| Zagraniczne — foreign                 | 3                                          | 2                                                               | 1                                                              | 2                                                         | 1                                                              |
| Razem — together                      | 7                                          | 3                                                               | 4                                                              | 4                                                         | 3                                                              |
| Późne — Late                          |                                            |                                                                 |                                                                |                                                           |                                                                |
| Krajowe — domestic                    | 2                                          | 1                                                               | 1                                                              | 2                                                         |                                                                |
| Zagraniczne — foreign                 |                                            |                                                                 |                                                                |                                                           |                                                                |
| Razem — together                      | 2                                          | 1                                                               | 1                                                              | 2                                                         |                                                                |
| Odmiany skrobiowe<br>Starch varieties |                                            |                                                                 |                                                                |                                                           |                                                                |
| Bardzo wczesne — Very early           |                                            |                                                                 |                                                                |                                                           |                                                                |
| Krajowe — domestic                    |                                            |                                                                 |                                                                |                                                           |                                                                |
| Zagraniczne — foreign                 |                                            |                                                                 |                                                                |                                                           |                                                                |
| Razem — together                      |                                            |                                                                 |                                                                |                                                           |                                                                |
| Wczesne — Early                       |                                            |                                                                 |                                                                |                                                           |                                                                |
| Krajowe — domestic                    | 1                                          |                                                                 | 1                                                              |                                                           | 1                                                              |
| Zagraniczne — foreign                 |                                            |                                                                 |                                                                |                                                           |                                                                |
| Razem — together                      | 1                                          |                                                                 | 1                                                              |                                                           | 1                                                              |
| Średnio wczesne — Medium early        |                                            |                                                                 |                                                                |                                                           |                                                                |
| Krajowe — domestic                    | 10                                         | 1                                                               | 9                                                              | 5                                                         | 5                                                              |
| Zagraniczne — foreign                 | 1                                          |                                                                 | 1                                                              |                                                           | 1                                                              |
| Razem — together                      | 11                                         | 1                                                               | 10                                                             | 5                                                         | 6                                                              |
| Średnio późne — Mid late              |                                            |                                                                 |                                                                |                                                           |                                                                |
| Krajowe — domestic                    | 2                                          |                                                                 | 2                                                              |                                                           | 2                                                              |
| Zagraniczne — foreign                 | 1                                          |                                                                 | 1                                                              | 1                                                         |                                                                |
| Razem — together                      | 3                                          |                                                                 | 3                                                              | 1                                                         | 2                                                              |
| Późne — Late                          |                                            |                                                                 |                                                                |                                                           |                                                                |
| Krajowe — domestic                    | 11                                         |                                                                 | 11                                                             | 6                                                         | 5                                                              |
| Zagraniczne — foreign                 | 1                                          |                                                                 | 1                                                              | 1                                                         |                                                                |
| Razem — together                      | 12                                         |                                                                 | 12                                                             | 7                                                         | 5                                                              |

Odporność w skali 1 do 9, gdzie 1 oznacza brak odporności, a 9 — skrajną odporność  
 Resistance in scale 1-9, in which 1 means no resistance and 9 — extreme resistance

Odmiany zagraniczne wykazują lepszą przydatność do przerobu na frytki i chipsy oraz posiadają lepsze parametry odnoszące się do ładnego wyglądu bulw (gładka skórka, płytke oczka — Chotkowski, Stypa, 2007). To sprawia, że w ostatnich latach w Polsce rejestruje się coraz więcej odmian podatnych na wirusy, głównie właśnie odmian hodowli zagranicznej. Zwiększa się zatem znaczenie odmiany w produkcji nasiennej. Obserwuje się systematyczny spadek udziału odmian polskich w krajowym rynku nasiennym. W 2012 r. wyniósł on tylko 38 procent. Napływ odmian zagranicznych zwiększył się szczególnie po przystąpieniu Polski do Unii Europejskiej (Dzwonkowski i in., 2012). Mając świadomość, że wysokiej jakości materiał nasenny wartościowych odmian jest podstawowym środkiem produkcji, a produkcja nasenna pełni kluczową rolę w transmisji postępu biologicznego do produkcji rolniczej, zmniejszający się udział odmian hodowli krajowej w nasiennictwie jest zjawiskiem dość niepokojącym. Powinno to skłonić firmy hodowlane do refleksji nad realizowanym programem hodowlanym i oceną celowości wprowadzania na rynek dużej liczby nowych odmian ziemniaka, pochłaniających znaczne środki finansowe, a nie zawsze znajdujących uznanie wśród potencjalnych nabywców. Z kolei mała produkcja i obrót sadzoniakami kwalifikowanymi, nie zapewnia pokrycia kosztów ponoszonych na hodowlę twórczą i zachowawczą (Chotkowski, 2012).

#### ZNACZENIE CZYNNIKÓW RYNKOWYCH

Obecnie pilnym zadaniem jest zwiększenie rynku nasennego ziemniaka w Polsce, zwiększenie popytu na sadzoniaki kwalifikowane i częstotliwości ich wymiany w rolnictwie. Jest to zjawisko złożone i wymaga wielokierunkowych działań. Szerokie opracowanie na temat ekonomicznych uwarunkowań zmian na rynku ziemniaka, w tym rynku nasiennym oraz istniejących barier hamujących rozwój nasiennictwa w naszym kraju przedstawił Chotkowski (2012). Dlatego w niniejszym artykule problematyka ta nie będzie szerzej omawiana. Z punktu widzenia roli czynników rynkowych w odbudowie nasiennictwa najważniejsze znaczenie ma zwiększenie popytu na kwalifikowany materiał nasenny. Do przesłanek sprzyjających osiągnięciu tego celu wyżej wymieniony autor zaliczył m.in.: stwierdzoną w badaniach ekonomiczną efektywność wymiany sadzoniaków, prognozowany wzrost produkcji towarowej ziemniaka i specjalizacji gospodarstw, a także oczekiwany wzrost wymagań jakościowych rynku. Ważnym zadaniem o rosnącym znaczeniu jest też konieczność zwiększenia aktywności marketingowej sprzedawców ziemniaków. Przeprowadzone przez Chotkowskiego (2012) badania ankietowe wykazały, że przedsiębiorstwa jako najważniejsze przyczyny niskiej częstotliwości wymiany sadzoniaków wymieniły w kolejności problemy związane ze stabilizacją opłacalności produkcji ziemniaka oraz dominację produkcji na plantacjach o niewielkiej powierzchni. Wprawdzie średni areal uprawy ziemniaka jest w Polsce bardzo niewielki (zaledwie 0,52 ha), ale postępują procesy koncentracji, a istotne jest to, że dotyczą one produkcji przeznaczonej na rynek. W ciągu ostatniego 10-lecia udział gospodarstw najmniejszych w uprawie ziemniaka (do 10 ha) zmniejszył się z 57 do 46%, a udział gospodarstw największych (powyżej 50 ha) zwiększył się z 4 do 18% (Dzwonkowski i in., 2012). W tych samych badaniach ankietowych, jako trzecią przyczynę niskiej częstotliwości

wymiany ankietowane przedsiębiorstwa podały niską świadomość wymiany. Wyniki wcześniejszych analiz (Rembeza, 2005) wykazały, że ważną przyczyną niskiej wymiany sadzeniaków w Polsce były niskie efekty wymiany, co mogło zniechęcać rolników do inwestowania w zakup sadzeniaków kwalifikowanych, których jakość nie zawsze jest zadowalająca. Ważnym czynnikiem jest współczynnik relacji cen kwalifikowanego materiału sadzeniakowego i cen uzyskiwanych w produkcji towarowej ziemniaka. Ocenia się, że ekonomicznie uzasadniony zakup sadzeniaków kwalifikowanych jest wówczas, gdy wskaźnik relacji ich cen w stosunku do cen rynkowych ziemniaka towarowego jest niższy od wartości 3 (Nowacki, 2012). Jednym z kierunków działania zmierzającego do zwiększenia popytu na kwalifikowane sadzeniaki i zwiększenia częstotliwości wymiany, a tym samym zwiększenia produkcji nasiennej, jest rozwój przetwórstwa (głównie spożywczego) oraz eksportu ziemniaka. Zgodnie z informacją Nowackiego (2013) ważnym elementem ograniczającym zakup kwalifikowanego materiału nasiennej jest zbyt wysoki udział kosztu zakupu, który w całkowitych kosztach uprawy ziemniaków może wynieść nawet 50%. W odniesieniu do przetwórstwa spożywczego ten sam autor uważa, że istnieje, raczej niewielka, możliwość zwiększenia produkcji frytek (w 2011 roku 173,5 tys. ton) i chipsów (14,5 tys. ton), ale pod warunkiem utrzymania na obecnym poziomie eksportu tych przetworów oraz wzrostu ich spożycia krajowego. Z kolei poważną barierą utrudniającą handel międzynarodowy polskimi ziemniakami są problemy przepisów fitosanitarnych, a dotyczą one bakteriozy pierścieniowej, najgroźniejszej choroby kwarantannowej, nadal wykrywanej u nas w podwyższonym zakresie. Właśnie choroby i szkodniki, które częściej atakują ziemniak niż inne gatunki roślin rolniczych oraz dodatkowo wysokie koszty uprawy sprawiają, że ziemniak należy do roślin wysokiego ryzyka zarówno w uprawie jak i przechowywaniu. Brak stabilizacji opłacalności w produkcji nie sprzyja wymianie sadzeniaków i zniechęca do uprawy.

#### PODSUMOWANIE

Na produkcję nasienną ziemniaka duży wpływ mają uwarunkowania przyrodnicze i odmianowe. Wyniki wieloletnich obserwacji wykazały, że w Polsce ulegają one zmianie. Niektóre zmiany są korzystne dla nasiennictwa. Należy do nich zaliczyć:

1. Zmniejszającą się powierzchnię uprawy ziemniaka i w efekcie malejącą liczbę źródeł wirusów w środowisku co utrudnia ich dostępność dla wektorów wirusów
2. Postępującą koncentrację produkcji nasiennej. W latach 1991–2012 średnia powierzchnia plantacji nasiennej zwiększyła się ponad dwu i półkrotnie
3. Postępującą koncentrację produkcji w regionach północnych Polski, korzystnych dla nasiennictwa ze względu na mniejszą presję wirusów i ich wektorów
4. Malejącą presję niektórych gatunków mszyc (*M. persicae* i *A. nasturtii*), mających istotne znaczenie w epidemiologii chorób wirusowych ziemniaka. Z kolei inne gatunki tych owadów (*A. frangulae*, *M. euphorbiae* i *A. solani*) w przeszłości uważane jako liczące się wektory wirusów już od wielu lat nie są notowane w uprawach ziemniaka

- lub występują jedynie sporadycznie w niektóre lata. Można więc uważać, że obecnie mszyce te nie mają już znaczenia gospodarczego jako wektory wirusów
5. Czynnikiem odmianowym utrudniającym produkcję nasienną jest zwiększający się nasiennictwie ziemniaka udział odmian podatnych na wirusy, szczególnie PVY, który ma największe znaczenie. Są to w większości odmiany hodowli zagranicznej. Zapotrzebowanie na nie wynika głównie z ich dobrej przydatności do przetwórstwa spożywczego.
  6. Obecnie pilnym zadaniem jest zwiększenie produkcji nasiennej ziemniaka w Polsce. Jest to przedsięwzięcie trudne, wymagające działań wielokierunkowych. Przede wszystkim niezbędny jest wzrost towarowości produkcji ziemniaków.

#### LITERATURA

- Chotkowski J., Stypa I. 2007. Ocena postępu hodowlanego w produkcji ziemniaka w Polsce w latach 1946–2007. *Biul. IHAR* 245: 181 — 189.
- Chotkowski J., 2012. Ekonomiczne uwarunkowania zmian na rynku ziemniaków w Polsce. Monografie i Rozprawy Naukowe. IHAR — PIB Radzików 36: 288 ss.
- Chrzanowska M., Świeżyński K. M. 1996. Ocena dorobku i znaczenie hodowli ziemniaka ukierunkowanej na zwiększenie odporności na wirusy. W: Kierunki hodowli ziemniaka w Polsce na tle hodowli europejskiej. Seminarium Naukowe. III Krajowe Dni Ziemniaka, Zamarte 7–8 września 1996 r. Inst. Ziemn. Bonin.
- Chrzanowska M. 2004. Wirusy ziemniaka, nasilenie występowania, zachodzące zmiany i ich przyczyny. W: Nasiennictwo i Ochrona Ziemniaka. Konferencja. Kołobrzeg 4–5.03.2004: 53 — 56.
- Dubnik H., Sass O., Kramer W. 1972. Ergebnisse der Virusvectorbekämpfung im Pflanzkartoffelbau mit Bi 58 EC (dimethoat). *Nachrichtenblatt Pflanzensch. DDR*: 6, 119 — 120.
- Duczmal K. 2008. Jutro polskiego sektora nasiennego – przewidywane zmiany wraz z modelem naukowego wsparcia. *Hodowla Roślin i Nasiennictwo*, nr 2: 27 — 37.
- Dzwonkowski W., Szczepanik I., Zdziarska T., Chotkowski J., Rembeza J., Mieczkowski M. 2012. Rynek Ziemniaka. Stan i perspektywy. Analizy rynkowe. IERiGŻ — PIB, ARR, MRiRW, Warszawa. 39: 47 ss.
- Gabriel W. 1989. Epidemiologia chorób wirusowych ziemniaka. PWN Warszawa: 204 ss.
- Kapsa E. 1996. Dorobek i perspektywy hodowli ziemniaka w Polsce na tle Europy Zachodniej. [W:] Kierunki hodowli ziemniaka w Polsce na tle hodowli europejskiej. Seminarium Naukowe. III Krajowe Dni Ziemniaka, Zamarte 7–8 września 1996r. Inst. Ziemn. Bonin.
- Kostiw M. 2011. The occurrence of major potato viruses in Poland. *J. of Plant Prot. Res.* Vol. 53, No. 3: 204 — 209.
- Kostiw M. 1987. Przenoszenie ważniejszych wirusów ziemniaka przez mszyce. *Inst. Ziemn. Bonin*: 105 ss.
- Kostiw M. 2011. Epidemiologia wirusów ziemniaka w świetle aktualnych uwarunkowań przyrodniczych i biologicznych. *Ziem. Pol.* 4: 24 — 28.
- Mańkowski D.R., Ludański Z. 2009. Postęp biologiczny w hodowli, nasiennictwie i produkcji ziemniaka w Polsce. Część III. Ocena ilościowego postępu odmianowego w nasiennictwie oraz produkcji polowej ziemniaka. *Biul. IHAR* 253: 259 — 275.
- Nowacki W. 2012. O wykorzystaniu postępu biologicznego w produkcji towarowej ziemniaka. *Wiś Jutra*. 1–2 (162 — 163): 21 — 23.
- Nowacki W. 2013. O naprawie rynku ziemniaka w Polsce. *Ziem. Pol.* 3: 51 — 60.
- Pawlak A. 1996. Kierunki i organizacja hodowli nowych odmian w Polsce. [W:] Kierunki Hodowli ziemniaka w Polsce na tle hodowli europejskiej. Seminarium Naukowe. III Krajowe Dni Ziemniaka, Zamarte 7–8 września 1996r. Inst. Ziemn. Bonin.
- Pawlak A. 2002. Perspektywiczne kierunki hodowli a konkurencyjność krajowych odmian jadalnych. W: Produkcja i rynek ziemniaków jadalnych. Red. J. Chotkowski. Wyd. Wiś Jutra. Warszawa: 49 — 61.
- Rembeza J. 2005. Ekonomiczna efektywność wymiany sadzeń. *Agrotechnika* 10: 18 — 20.

- Salazar L.F. 1996. Potato viruses and their control. CIP, Lima, pp. 214.
- Turska E., Szulc J. 1986/87. Porównanie skuteczności kilku insektycydów Mszykobójczych ograniczaniu porażenia wirusami bulw ziemniaka. Ziemiak, The Potato: 52 — 67.

**KAMILA KUŹDOWICZ**Instytut Hodowli i Aklimatyzacji Roślin — PIB, Oddział w Bydgoszczy  
Zakład Genetyki i Hodowli Roślin Korzeniowych

## Wstępna charakterystyka cech morfologicznych i użytkowych materiałów kolekcyjnych buraka pastewnego

### Initial characterization of morphological and agronomic traits of fodder beet accessions

W pracy przedstawiono charakterystykę cech morfologicznych i użytkowych 20 materiałów kolekcyjnych buraka pastewnego z Banku Genów Krajowego Centrum Roślinnych Zasobów Genowych w Radzikowie. Badania prowadzone były w latach 2010–2012 metodą losowanych bloków w dwóch powtórzeniach. Kontrolę stanowiły dwie odmiany buraka pastewnego (Mars Poly, Tytan Poly). W badaniach wykonano analizę takich cech jak: masa liści, masa, kształt i kolor korzenia, zagłębienie korzenia w glebie, plon korzeni i suchej masy oraz skład chemiczny korzeni (zawartość cukru, potasu, sodu oraz azotu  $\alpha$  – aminowego). Przeprowadzone badania wskazują na znaczne zróżnicowanie materiałów kolekcyjnych buraka pastewnego pod względem wielu cech morfologicznych i użytkowych. Charakterystyka i ocena form uprawnych buraka wzbogaca istniejące bazy danych i czyni je użytecznymi w programach hodowlanych i badawczych.

**Słowa kluczowe:** burak pastewny, cechy morfologiczne, cechy użytkowe

20 fodder beet accessions from the Gene Bank of the National Centre for Plant Genetic Resources in Radzików was characterized in regard to morphological and agronomic traits. Field experiments were conducted in the years 2010–2012 as a randomized split-block design with two replications with standard cultivars (Mars Poly, Tytan Poly). Traits such as mass of leaves, mass, size, shape and skin colour of root, depth in soil, root and dry matter yield and chemical composition of roots (sugar content, potassium, sodium and  $\alpha$ -amino nitrogen) were analyzed in this study. The results confirmed great variability of morphological and agronomic traits in fodder beet accessions. The characterization and evaluation of cultivated beet accession enriched the existing database and made the collected materials useful for beet breeding and other biological research studies.

**Key words:** agronomic traits, fodder beet, morphological traits

## WSTĘP

Kolekcje roślin, oprócz zachowania bioróżnorodności, są jednym z ważniejszych źródeł materiałów do hodowli nowych odmian. Umiejętne wykorzystanie obiektów o zróżnicowanych cechach genetycznych jest podstawą późniejszych sukcesów hodowlanych (Ruebenbauer, Muller 1985). Ocena zgromadzonych zasobów genowych sprzyja ich wykorzystaniu, przede wszystkim jednak skraca czas poszukiwania genotypów o pożądanych cechach morfologicznych i użytkowych. Ma to szczególne znaczenie w przypadku buraka pastewnego, gdzie proces hodowli nowych odmian jest skomplikowany i długotrwały, a dostępne materiały wyjściowe mają już mocno zubożoną pulę genetyczną (Dalke, 1997; Dalke, 2004).

Celem prezentowanej pracy była wstępna charakterystyka cech morfologicznych i użytkowych wybranych obiektów kolekcyjnych buraka pastewnego zgromadzonych w Banku Genów Krajowego Centrum Roślinnych Zasobów Genowych w Radzikowie.

## MATERIAŁ I METODY

Doświadczenia polowe prowadzone były w Kończewicach (Hodowla Roślin Strzelce Sp. z o.o. Grupa IHAR) przez trzy lata (2010 – 2012). Materiał badawczy obejmował 20 diploidalnych wielokielkowych populacji buraka pastewnego pochodzących z Wielkiej Brytanii. Kontrolę stanowiły dwie polskie anizoploidalne wielokielkowe odmiany buraka pastewnego — Mars Poly i Tytan Poly.

Doświadczenia zakładano metodą losowanych bloków, na poletkach o powierzchni 10m<sup>2</sup>, w dwóch powtórzeniach, na glebach brunatnych wylugowanych, na których zastosowano tradycyjną uprawę roli z nawożeniem ustalonym w oparciu o analizę agrochemiczną gleby. Nasiona wysiewano w drugiej dekadzie kwietnia, a waloryzację rolniczą obiektów wykonywano w połowie października, zaraz po ręcznym zbiorze buraków. Ochronę roślin dostosowywano do występowania na polu doświadczalnym chorób i szkodników, które monitorowano przez cały okres wegetacji.

Ocenę najważniejszych cech morfologicznych przeprowadzano w Oddziale Instytutu Hodowli i Aklimatyzacji Roślin — PIB w Bydgoszczy na 30 losowo wybranych roślinach z każdego obiektu zgodnie z międzynarodowym klasyfikatorem (IPGRI, 1996). Na podstawie wyników dla pojedynczych roślin wyliczano średnie dla danej populacji oraz obliczano odchylenie standardowe wybranych cech. W niniejszej pracy przedstawiono analizę takich cech jak: masa liści (g), masa korzenia (g), zagłębienie korzenia w glebie (%), wielkość główki (cm), kształt korzenia, barwa skórki korzenia.

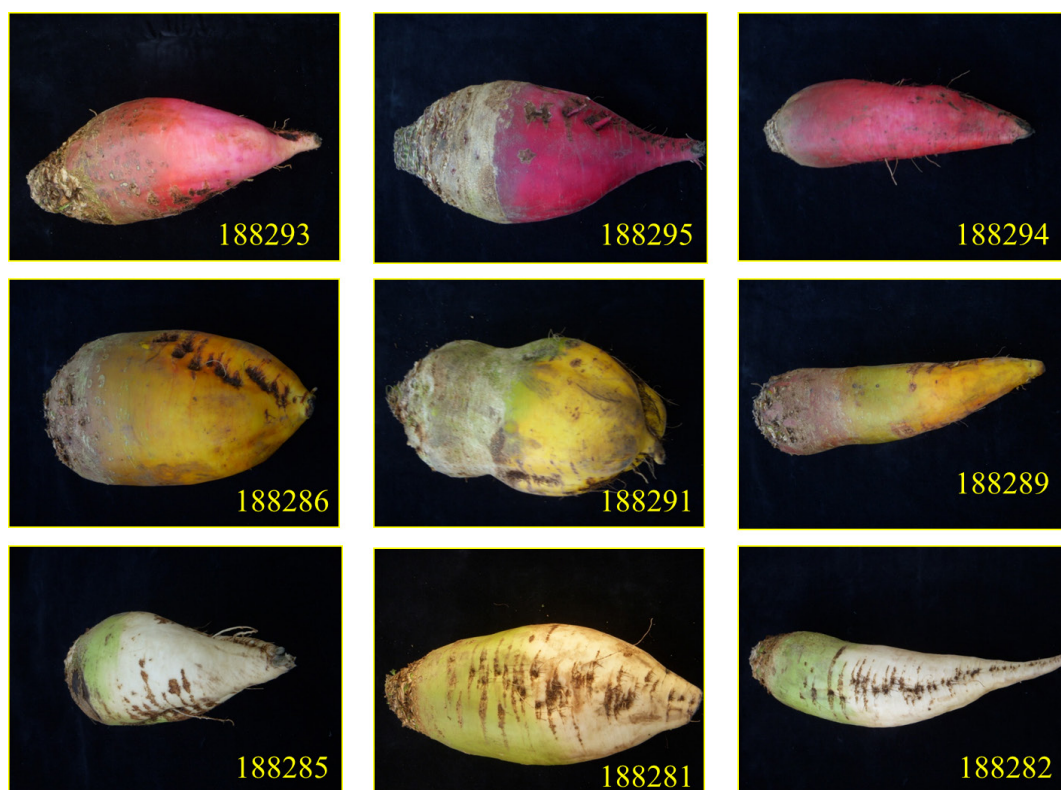
Analizy biochemiczne korzeni wykonywano na standardowej, automatycznej linii Venema IIIG, która pozwala na dokładną ocenę wartości technologicznej surowca w oparciu o metodę polarymetryczną (zawartość cukru), metodę fotometrii płomieniowej (jony K<sup>+</sup>, Na<sup>+</sup>) oraz fluorymetrii (N- $\alpha$ -aminokwasowy) (Burba, Puszcz, 1976; ICUMSA, 1994, 2003). W świeżej masie korzenia oznaczano procentową zawartość cukru i melasotworów (w mval/100g miazgi) oraz określono zawartość suchej masy. Obliczono

plon korzeni buraków ( $t \cdot ha^{-1}$ ) oraz uzyskany plon suchej masy ( $t \cdot ha^{-1}$ ) wyliczany na podstawie masy korzeni z poletka i zawartości suchej masy.

#### WYNIKI I DYSKUSJA

Przeprowadzone badania wskazują na znaczne zróżnicowanie obiektów pod względem wielu cech morfologicznych i użytkowych. Zabarwienie korzenia buraka i jego kształt to ważna cecha identyfikacyjna determinowana przez geny. Większość ocenianych genotypów to buraki o bardzo zróżnicowanej barwie zarówno skórki, jak i miąższu korzenia — od czysto białej, żółtej, pomarańczowej i czerwonej do barw pośrednich z odcieniami. U niektórych obiektów buraka na przekroju poprzecznym korzenia widoczne były charakterystyczne jasne lub ciemne pierścienie świadczące o mieszańcowym charakterze obiektu.

Badane populacje i odmiany buraka pastewnego charakteryzowały się dużą zmiennością kształtu korzenia. Zaobserwowano korzenie palowe, walcowate, owalne, stożkowate i cylindryczne oraz formy pośrednie (rys. 1).



Rys. 1. Zmienność kształtu korzenia materiałów kolekcyjnych buraka pastewnego (fot. K. Kuźdowicz)  
Fig. 1. Root shape variability of fodder beet accessions

Z kształtem korzeni związana jest ściśle głębokość osadzenia ich w podłożu. Korzenie spichrzowe, w których tworzeniu uczestniczy w dużym stopniu część podliścieniowa wrastają w glebę płytko (palowe, walcowate), natomiast najsilniej zagłębione w ziemi są korzenie stożkowate. Największe zagłębienie korzeni w glebie zaobserwowano w populacji buraka 188293 i wynosiło ono 66%, a najmniejsze u obiektu 188291 — 38% (tab. 1).

Tabela 1

**Charakterystyka wybranych cech morfologicznych buraka**  
**Characterization of selected morphological traits of the beet**

| Lp.<br>No. | Nazwa obiektu<br>Accession name | Liście<br>Leaves       | Korzeń — Root          |                         |                         |                              |                         |                | barwa skórki<br>skin colour |
|------------|---------------------------------|------------------------|------------------------|-------------------------|-------------------------|------------------------------|-------------------------|----------------|-----------------------------|
|            |                                 | masa<br>mass           | masa<br>mass           | długość<br>length       | średnica<br>diameter    | zagłębienie<br>depth in soil | głowa<br>head           |                |                             |
|            |                                 | średnia<br>mean<br>(g) | średnia<br>mean<br>(g) | średnia<br>mean<br>(cm) | średnia<br>mean<br>(cm) | średnia<br>mean<br>(%)       | średnia<br>mean<br>(cm) |                |                             |
| 1          | 188281                          | 82                     | 1463                   | 31,4                    | 11,0                    | 52                           | 4,5                     | biała (white)  |                             |
| 2          | 188282                          | 74                     | 1481                   | 38,5                    | 9,4                     | 54                           | 5,0                     | biała (white)  |                             |
| 3          | 188283                          | 90                     | 1266                   | 25,6                    | 10,3                    | 53                           | 3,9                     | biała (white)  |                             |
| 4          | 188284                          | 103                    | 1593                   | 22,2                    | 12,6                    | 53                           | 5,3                     | biała (white)  |                             |
| 5          | 188285                          | 122                    | 1025                   | 21,2                    | 10,8                    | 65                           | 5,2                     | biała (white)  |                             |
| 6          | 188286                          | 167                    | 1699                   | 26,2                    | 12,0                    | 58                           | 4,2                     | żółta (yellow) |                             |
| 7          | 188287                          | 58                     | 1151                   | 28,3                    | 9,0                     | 55                           | 4,5                     | pom. (orange)  |                             |
| 8          | 188288                          | 96                     | 1346                   | 21,1                    | 12,8                    | 54                           | 3,9                     | czerw. (red)   |                             |
| 9          | 188289                          | 67                     | 1541                   | 30,6                    | 9,7                     | 50                           | 4,5                     | pom. (orange)  |                             |
| 10         | 188290                          | 89                     | 1244                   | 24,0                    | 10,9                    | 48                           | 4,4                     | czerw. (red )  |                             |
| 11         | 188291                          | 80                     | 1657                   | 24,9                    | 11,5                    | 38                           | 5,3                     | żółta (yellow) |                             |
| 12         | 188292                          | 72                     | 1163                   | 28,1                    | 9,7                     | 53                           | 4,8                     | różowa (pink)  |                             |
| 13         | 188293                          | 59                     | 989                    | 28,3                    | 8,7                     | 66                           | 4,4                     | różowa (pink)  |                             |
| 14         | 188294                          | 138                    | 1353                   | 31,5                    | 9,7                     | 54                           | 4,8                     | różowa (pink)  |                             |
| 15         | 188295                          | 110                    | 1038                   | 22,8                    | 10,5                    | 60                           | 4,4                     | czerw.(red)    |                             |
| 16         | 188296                          | 66                     | 1329                   | 23,3                    | 10,6                    | 52                           | 4,6                     | czerw.(red)    |                             |
| 17         | 188297                          | 118                    | 1146                   | 23,8                    | 10,7                    | 64                           | 3,4                     | czerw.(red)    |                             |
| 18         | 188298                          | 174                    | 1221                   | 22,5                    | 11,5                    | 62                           | 3,9                     | czerw.(red)    |                             |
| 19         | 188299                          | 108                    | 1119                   | 30,7                    | 8,7                     | 59                           | 7,0                     | czerw.(red)    |                             |
| 20         | 188300                          | 66                     | 1395                   | 30,6                    | 10,1                    | 47                           | 4,9                     | biała (white)  |                             |
| 21         | Tytan Poly                      | 166                    | 1176                   | 23,3                    | 10,5                    | 65                           | 3,1                     | żółta (yellow) |                             |
| 22         | Mars Poly                       | 201                    | 1164                   | 25,1                    | 10,2                    | 65                           | 3,6                     | czerw. (red)   |                             |

Średnia masa korzenia badanych obiektów wahała się od 989 g (obiekt 188293) do 1699 g (obiekt 188286), a średnia wysokość głowy korzenia miała od 3,1 cm u odmiany Tytan Poly do 7 cm u obiektu 188299. Natomiast średnia masa świeżych liści z 1 rośliny wahała się od 58 g (obiekt 188287) do 201 g (odmiana Mars Poly) (tab. 1).

Zakres zmienności cech użytkowych ocenianych materiałów kolekcyjnych i odmian wskazuje także na ich duże zróżnicowanie. Największy można zauważyć w plonie korzeni, gdzie różnica pomiędzy obiektem najlepiej a najsłabiej plonującym jest bardzo duża i wynosi 72 tony z hektara. Najwyższy średni plon korzeni odnotowano w populacji buraka pastewnego 188286 — 121 t·ha<sup>-1</sup>, najniższy u obiektu 188298 — 49 t·ha<sup>-1</sup>. Zakres zmienności tej cechy w obrębie powtórzeń tego samego obiektu mieścił się w granicach

błędu statystycznego. Najbardziej plennymi były obiekty charakteryzujące się palowym, cylindrycznym i owalnym kształtem korzenia, natomiast najniższe plony miały formy klinowate (tab. 2).

Tabela 2

**Waloryzacja rolnicza materiałów kolekcyjnych buraka**  
**Agronomic evaluation of beet collection materials**

| Lp.<br>No. | Nazwa obiektu<br>Accession name | Plon korzeni<br>Root yield<br>(t·ha <sup>-1</sup> ) | Plon suchej<br>masy Dry<br>matter yield<br>(t·ha <sup>-1</sup> ) | Sucha masa<br>Dry matter<br>content (%) | Zawartość<br>cukru sugar<br>content (%) | K<br>(mmol /<br>100g) | Na (mmol<br>/ 100g) | N-NH <sub>2</sub><br>(mmol<br>/100g) |
|------------|---------------------------------|-----------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------|-----------------------------------------|-----------------------|---------------------|--------------------------------------|
| 1          | 188281                          | 90                                                  | 14,9                                                             | 16,6                                    | 11,6                                    | 6,9                   | 1,1                 | 5,2                                  |
| 2          | 188282                          | 111                                                 | 15,1                                                             | 13,6                                    | 8,6                                     | 7,4                   | 1,9                 | 5,3                                  |
| 3          | 188283                          | 94                                                  | 12,6                                                             | 13,4                                    | 8,4                                     | 8,2                   | 1,7                 | 5,4                                  |
| 4          | 188284                          | 72                                                  | 8,5                                                              | 11,8                                    | 6,8                                     | 8,5                   | 2,3                 | 3,3                                  |
| 5          | 188285                          | 53                                                  | 9,1                                                              | 17,2                                    | 12,2                                    | 6,9                   | 1,5                 | 4,5                                  |
| 6          | 188286                          | 121                                                 | 14,0                                                             | 11,6                                    | 6,6                                     | 8,6                   | 1,3                 | 4,3                                  |
| 7          | 188287                          | 76                                                  | 8,8                                                              | 11,5                                    | 6,5                                     | 8,6                   | 1,2                 | 4,5                                  |
| 8          | 188288                          | 86                                                  | 10,1                                                             | 11,8                                    | 6,8                                     | 10,1                  | 1,2                 | 4,4                                  |
| 9          | 188289                          | 96                                                  | 10,6                                                             | 11,1                                    | 6,1                                     | 8,6                   | 1,7                 | 5,3                                  |
| 10         | 188290                          | 57                                                  | 7,4                                                              | 12,9                                    | 7,9                                     | 8,7                   | 1,5                 | 4,3                                  |
| 11         | 188291                          | 110                                                 | 12,3                                                             | 11,2                                    | 6,2                                     | 8,4                   | 1,5                 | 3,9                                  |
| 12         | 188292                          | 90                                                  | 12,2                                                             | 13,5                                    | 8,5                                     | 7,3                   | 1,8                 | 5,0                                  |
| 13         | 188293                          | 101                                                 | 12,8                                                             | 12,7                                    | 7,7                                     | 7,3                   | 1,9                 | 3,9                                  |
| 14         | 188294                          | 100                                                 | 13,8                                                             | 13,7                                    | 8,7                                     | 6,7                   | 1,8                 | 3,8                                  |
| 15         | 188295                          | 78                                                  | 8,8                                                              | 11,3                                    | 6,3                                     | 8,4                   | 2,6                 | 4,2                                  |
| 16         | 188296                          | 98                                                  | 12,4                                                             | 12,6                                    | 7,6                                     | 7,4                   | 2,2                 | 4,2                                  |
| 17         | 188297                          | 88                                                  | 14,6                                                             | 16,6                                    | 11,6                                    | 5,9                   | 1,4                 | 5,0                                  |
| 18         | 188298                          | 49                                                  | 7,9                                                              | 15,9                                    | 10,9                                    | 7,5                   | 1,3                 | 7,5                                  |
| 19         | 188299                          | 82                                                  | 10,4                                                             | 12,6                                    | 7,6                                     | 7,4                   | 3,1                 | 3,6                                  |
| 20         | 188300                          | 107                                                 | 13,0                                                             | 12,2                                    | 7,2                                     | 7,8                   | 1,7                 | 4,1                                  |
| 21         | Tytan Poly                      | 112                                                 | 17,4                                                             | 15,5                                    | 10,5                                    | 6,7                   | 1,2                 | 5,7                                  |
| 22         | Mars Poly                       | 110                                                 | 18,1                                                             | 16,4                                    | 11,4                                    | 6,7                   | 1,1                 | 4,5                                  |

W procentowej zawartości suchej masy uwidoczniła się znana u buraków ujemna korelacja między jej zawartością a plonem korzeni (tab. 2). Współczynnik korelacji dla tych dwóch cech wynosi wg Hoffmanna (1979) —34. U 60% waloryzowanych obiektów kolekcyjnych stwierdzono niską zawartość suchej masy (poniżej 13%), natomiast u 15% wysoką (powyżej 16%) (tab. 2).

Duże zróżnicowanie morfologiczne korzeni powodowało, że buraki pastewne były obiektem badań genetycznych, w których starano się określić sposób dziedziczenia kształtów na podstawie licznych krzyżowań głównie z burakiem cukrowym. Kajanus (1913), Schlösser (1949) oraz Knapp i Mundler (1957) stwierdzili złożone dziedziczenie kształtu korzenia zależne od 4 genów oraz dominację klinowatego kształtu korzenia buraka.

Mimo, że uwarunkowania genetyczne dziedziczenia kształtów korzeni były znane, odmiany populacyjne hodowane były według grup kształtu i dlatego zakres zmienności odmian był duży i nie zmieniał się przez długi okres czasu. Zmiany, które nastąpiły w metodach hodowli na początku lat osiemdziesiątych (tworzenie jednonasiennych odmian mieszańcowych pozwalających na pełną mechanizację uprawy i sprzętu) spowodowały

bardzo szybkie wycofywanie z uprawy zróżnicowanych materiałów wyjściowych (Dalke, 1997). Tak realizowany program hodowli spowodował znaczne zmniejszenie zakresu zmienności kształtów korzeni, plonu i zawartości suchej masy. Zawartość tej ostatniej u mieszańców waha się od średniej do wysokiej, a zagłębienie korzeni w glebie jest również bardzo jednorodne (60%–80%). W tej sytuacji wystąpiła wyraźna potrzeba gromadzenia populacyjnych, wielonasiennych materiałów hodowlanych buraka pastewnego o dużym zakresie zmienności, tym bardziej aktualna, że do syntezy odmian mieszańcowych wykorzystywane jest dotąd jedyne źródło cytoplazmatycznej męskiej sterility Owena wyodrębnione z buraka cukrowego (Owen, 1945).

Stwierdzono, że oceniane populacje buraka pastewnego zgromadzone w Banku Genów w Radzikowie różnią się kształtem i barwą korzenia, fizjologią jego wzrostu, cechami użytkowymi oraz tolerancją na patogeny i warunki środowiska (dane niepublikowane). Stanowią zatem wartościowe źródło bioróżnorodności. Z tego też względu są one chętnie wykorzystywane przez hodowców w hodowli twórczej (Kuźdowicz, 2007; 2009).

Poznanie charakterystyki istniejących zasobów genowych buraka oraz ich rzetelna ocena umożliwia lepszy dobór materiałów kolekcyjnych do dalszych prac badawczych oraz zwiększa szansę ich wykorzystania. Pozwala też, już na wstępnym etapie hodowli, odrzucić genotypy o niepożądanych cechach bądź poszukiwać wśród zgromadzonych obiektów takich, które będą spełniać założone przez badacza kryteria.

#### WNIOSKI

1. Przeprowadzone badania wskazują na znaczne zróżnicowanie materiałów kolekcyjnych buraka pastewnego pod względem wielu cech morfologicznych i użytkowych. Wybrane genotypy zgromadzone w Banku Genów mogą być wykorzystane w programach badawczych i hodowlanych.
2. Wyniki wstępnej oceny materiałów kolekcyjnych buraka pastewnego stanowią ważną informację dla praktycznej hodowli tego gatunku
3. Przeprowadzone badania potwierdzają celowość gromadzenia zróżnicowanych zasobów genowych buraka pastewnego.

#### LITERATURA

- Burba, M., W. Puszcz, 1976. Über die Verwendung von Aluminiumsalzen an Stelle von basischem Bleiacetat zur Klärung von kalten wässrigen Breiextrakten der Rübe. Zuckerind 26: 249 — 251.
- Dalke L. 1997. Kierunki hodowli i charakterystyka odmian buraka pastewnego. Biul. IHAR 202: 9 — 11.
- Dalke L. 2004. Metody hodowli buraka cukrowego. Biul. IHAR 234: 15 — 20.
- Hoffmann W., Mudra A., Plarre W. 1979. Szczegółowa hodowla roślin. PWRiL, Warszawa.
- ICUMSA, 1994. The determination of the polarization of sugar beet by the macerator or cold aqueous digestion method using aluminium sulphate as clarifying agent — official. In: International commission for uniform methods of sugar analysis. Eds.: Methods Book, Method GS6-3, Colney, England.
- ICUMSA, 2003. The determination of the polarization of sugar beet by the macerator or cold aqueous digestion method using aluminium sulphate as clarifying agent — official. In: International commission for uniform methods of sugar analysis. Eds.: Methods Book, Method GS6-3, Colney, England.
- IPGRI, 1996. Descriptors for *Beta* (*Beta* ssp.). International Board for Plant Genetic Resources, Rome, Italy .

- Kajanus B. 1913. Über die Vererbungsweise gewisser Merkmale der Beta und Rüben. J. Z. F. Pflanzenzüchtung 1: 125 — 186.
- Knapp E., Mundler M. 1957. Über die Nachkommenschaft (F1 und F2) einer Kreuzung Futterrübe × Mangold. Landwirtschaft — Angewandte Wissenschaft 57.
- Kuźdowicz K. 2007. Kolekcja gatunków dzikich i form uprawnych rodzaju *Beta* gromadzenie, ocena i wykorzystanie w badaniach i hodowli. Zesz. Probl. Post. Nauk Rol. 517: 63 — 72.
- Kuźdowicz K. 2009. Poszukiwanie odporności na choroby w miejscowych populacjach buraka. Biul. IHAR.253: 251 — 257.
- Owen F. V. 1945. Cytoplasmically inherited male-sterility in sugar beets. Journal Agric. Res. 71: 423 — 440.
- Ruebenbauer T., Muller H. 1985. Ogólna hodowla roślin. PWN, Warszawa: 21.
- Schlösser L. A. 1949. Über plasmatische Vererbung auf polyploiden stufen. Planta 37: 533 — 564.

#### PODZIĘKOWANIA

*Autorka dziękuje Pani mgr inż. Marii Trzeciak z Hodowli Roślin Strzelce Sp. z o.o. Grupa IHAR za wieloletnią współpracę, zaangażowanie w prowadzone badania i nadzór merytoryczny nad kolekcją buraka w Kończewicach.*



**BARBARA SYMANOWICZ**<sup>1</sup>**STANISŁAW KALEMBASA**<sup>1</sup>**MATEUSZ NIEDBAŁA**<sup>1, 2</sup><sup>1</sup> Katedra Gleboznawstwa i Chemii Rolniczej, Uniwersytet Przyrodniczo-Humanistyczny, Siedlce<sup>1, 2</sup> Studia doktoranckie, Wydział Przyrodniczy, Katedra Gleboznawstwa i Chemii Rolniczej, Uniwersytet Przyrodniczo-Humanistyczny, Siedlce

## Wpływ nawożenia azotowego rutwicy wschodniej (*Galega orientalis* Lam.) na plon biomasy oraz zawartość w niej fosforu i siarki

### Effect of the nitrogen fertilization on eastern galega's (*Galega orientalis* Lam.) biomass, phosphorus and sulphur contents

W pracy przedstawiono zmiany w plonowaniu, zawartości oraz pobraniu fosforu i siarki przez rutwicę wschodnią. Doświadczenie polowe prowadzono na polu doświadczalnym należącym do Uniwersytetu Przyrodniczo — Humanistycznego w Siedlcach. W badaniach uwzględniono trzy obiekty ze zróżnicowanym nawożeniem azotowym (N<sub>34</sub>, N<sub>68</sub>, N<sub>102</sub>). W każdym roku prowadzenia badań zbierano trzy pokosy rutwicy w fazie pąkowania. Całkowitą zawartość fosforu i siarki w roślinie i w glebie oznaczono na spektrofotometrze emisyjnym z plazmą wzbudzaną indukcyjnie (ICP-AES). Obliczono pobranie analizowanych pierwiastków z plonem suchej masy rośliny testowej. Azot zastosowany w kolejnych dawkach istotnie wpłynął na zmniejszenie plonu, zawartości i pobrania fosforu przez rutwicę wschodnią. Zastosowane nawożenie azotowe istotnie zróżnicowało zawartość siarki w suchej masie rutwicy wschodniej. Najwięcej siarki oznaczono w roślinie testowej nawożonej dawką N<sub>102</sub>. Największe ilości siarki z plonem pobrała rutwica nawożona dawką N<sub>34</sub>. W glebie pobranej z obiektu N<sub>34</sub> oznaczono najwięcej fosforu i siarki.

**Słowa kluczowe:** azot, plon, fosfor, siarka, rutwica wschodnia, pobranie, gleba

The article presents changes in yielding, in phosphorus and sulphur contents and uptake in eastern galega biomass and soil. Field test was carried out in the experimental field belonging to the University of Natural Sciences and Humanities in Siedlce. The tests included three objects with different nitrogen fertilization. During each year of the tests three cuts of the test plant in budding stage were harvested. The total P and S contents in the plant and soil was determined using inductively coupled plasma-atomic emission spectrometer (ICP — AES). The uptake of the elements with the crop of dry mass of the test plant was calculated. Nitrogen had significant influence on the decrease on the yield, phosphorus content and uptake in eastern galega biomass. The nitrogen fertilization significantly differentiated the content of sulphur in the dry matter of the eastern galega. The biggest amount of

sulphur was detected in a test plant fertilized with dose N<sub>102</sub>. The highest uptake with crop was observed for eastern galega fertilized with N<sub>34</sub>. The highest content of phosphorus and sulphur was found in soil taken from the N<sub>34</sub> object.

**Key words:** nitrogen, yield, phosphorus, sulphur, eastern galega, uptake, soil

## WSTĘP

W ostatnich latach w Polsce obserwuje się coraz większe zainteresowanie nowymi gatunkami roślin uprawnych. Przeprowadzone na Podlasiu wielokierunkowe badania dotyczące adaptacji rutwicy wschodniej wskazują na możliwość jej uprawy. Jest to roślina wieloletnia, bobowata pochodząca z Kaukazu. Może być wykorzystywana jako pasza dla zwierząt, drobiu w formie zielonki, siana, suszu, kiszonki i koncentratu białkowego. Jest bogatym źródłem makro- i mikroelementów (Ignaczak, 1997; Kalembasa i Symanowicz, 2010; Raig i in., 2001; Symanowicz i Kalembasa, 2004, 2010, 2012). Może być również uprawiana na nasiona (Sowiński i Możdżeń, 2007). Rutwica wschodnia po wieloletniej uprawie może być dobrym przedplonem dla pszenicy ozimej (Ignaczak i Szczepanek, 2005). Wśród makroskładników fosfor i siarka odgrywa istotną rolę w żywieniu zwierząt, a optymalna ich zawartość w paszy decyduje o jej jakości. Fosfor i siarka są elementami strukturalnymi roślin, biorą udział w podziale komórek, fotosyntezie, oddychaniu, metabolizmie tłuszczowym, przemianach azotowych, a ich niedobór często obserwuje się u roślin bobowatych (Grzegoreczyk i in., 2001; Jamroz i in., 2001).

W związku z brakiem infekcji nasion i gleby bakteriami *Rhizobium galegae*, które w największym stopniu decydują o procesie biologicznej redukcji N<sub>2</sub>, przeprowadzono badania, których celem była ocena wpływu nawożenia azotowego na plonowanie, zawartość i pobranie fosforu i siarki przez rutwicę wschodnią (*Galega orientalis* Lam.) oraz zawartość analizowanych pierwiastków w glebie.

## MATERIAŁ I METODY

Doświadczenie polowe przeprowadzono w latach 2005–2007 na wieloletniej plantacji rutwicy wschodniej. Badania prowadzono na poletkach doświadczalnych Uniwersytetu Przyrodniczo-Humanistycznego w Siedlcach (52°17'N, 22°28'E). Gleba, na której uprawiano rutwicę wytworzona była z piasku gliniastego (LS) i charakteryzowała się odczynem obojętnym. Azot stosowano w formie saletry amonowej w dawkach N<sub>34</sub>, N<sub>68</sub>, N<sub>102</sub>. Nawożenie N<sub>34</sub>, N<sub>68</sub>, N<sub>102</sub> stosowano wczesną wiosną, a dawkę uzupełniającą 34 kg N·ha<sup>-1</sup> na trzecim obiekcie po I pokosie. W związku z wysoką zasobnością gleby w przyswajalny fosfor i potas (80 mg·kg<sup>-1</sup>P i 140 mg·kg<sup>-1</sup>K) nie stosowano nawożenia tymi składnikami.

Dane dotyczące opadów i temperatur powietrza w sezonach wegetacyjnych 2005–2007 podano w tabeli 1. Średnia miesięczna temperatura w kolejnych okresach wegetacyjnych kształtowała się na zbliżonym poziomie (15°C do 15,8°C) i była znacznie wyższa w stosunku do danych z wielolecia. Średnia suma opadów w okresie wegetacji była niższa w odniesieniu do sumy wieloletniej. Tylko w 2006 roku była nieznacznie wyższa (o 15,5

mm). Wynikało to z dużej ilości opadów w sierpniu, przekraczających 3-krotnie średnią z wielolecia.

Tabela 1

**Warunki meteorologiczne w okresie prowadzenia badań 2005–2007. Dane z punktu pomiarowego w Siedlcach**  
**Meteorological conditions during the studies 2005–2007. Reported by the measurement centre in Siedlce**

| Lata<br>Years                                             | Miesiące<br>Months |      |      |      |       |      | Średnia<br>Mean |
|-----------------------------------------------------------|--------------------|------|------|------|-------|------|-----------------|
|                                                           | IV                 | V    | VI   | VII  | VIII  | IX   |                 |
| Temperatura powietrza (°C) — Air temperature (°C)         |                    |      |      |      |       |      |                 |
| 2005                                                      | 8,6                | 13,0 | 15,9 | 20,2 | 17,5  | 15,0 | 15,0            |
| 2006                                                      | 8,4                | 13,6 | 17,2 | 22,3 | 18,0  | 15,4 | 15,8            |
| 2007                                                      | 8,3                | 14,5 | 18,2 | 18,5 | 18,6  | 13,1 | 15,2            |
| Średnia — Mean<br>1981–1995                               | 7,7                | 10,0 | 16,1 | 19,3 | 18,0  | 13,0 | 11,4            |
| Miesięczne sumy opadów (mm) — Total monthly rainfall (mm) |                    |      |      |      |       |      | Suma — Sum      |
| 2005                                                      | 12,3               | 64,7 | 44,4 | 86,5 | 45,4  | 15,8 | 268,8           |
| 2006                                                      | 29,8               | 39,6 | 24,0 | 16,2 | 227,6 | 22,0 | 359,2           |
| 2007                                                      | 21,2               | 59,1 | 59,9 | 70,2 | 31,1  | 67,6 | 309,1           |
| Średnia — Mean<br>1981–1995                               | 52,3               | 50,0 | 68,2 | 45,7 | 66,8  | 60,7 | 343,7           |

W każdym roku badań zbierano trzy pokosy rośliny testowej w fazie pąkowania. Podczas zbioru kolejnych pokosów rutwicy wschodniej (*Galega orientalis* Lam.) pobierano próbki całych roślin rutwicy, wysuszono i rozdrobniono. Próbkę glebową pobierano po III pokosie, następnie wysuszono i przesiano przez sito o średnicy oczek 2 mm. Całkowitą zawartość fosforu i siarki w roślinie i w glebie oznaczono metodą ICP-AES (Szczepaniak, 2005). Roztwory analityczne, uzyskano po mineralizacji biomasy rośliny testowej oraz gleby w piecu muflowym, nastawionym na postępujące zwiększanie temperatury do 450°C, rozłożeniu węglanów, wydzieleniu krzemionki i uzyskaniu chlorków badanych kationów za pomocą rozcieńczonego HCl (1:1). Po odparowaniu nadmiaru HCl, zawartość tygla przeniesiono ilościowo do kolby miarowej o pojemności 100 cm<sup>3</sup>.

Wyniki oznaczeń opracowano statystycznie wykorzystując analizę wariancji trzyczynnikowej (ANOVA), a istotne różnice obliczono wykorzystując test Tukeya przy poziomie istotności  $\alpha = 0,05$ . W celu określenia zależności pomiędzy zawartością P i S a pobraniem z plonem rośliny testowej obliczono współczynniki korelacji prostej (pakiet STATISTICA PL 10.1; StatSoft). Istotność stwierdzonych korelacji określono przez porównanie wartości empirycznych z wartościami krytycznymi  $r$  przy poziomie istotności  $\alpha = 0,05$ .

## WYNIKI I DYSKUSJA

Plon suchej masy rutwicy wschodniej zebranej z trzech pokosów, w kolejnych latach badań i przy zróżnicowanym nawożeniu azotowym przedstawiono w tabeli 2.

Tabela 2

**Plon suchej masy rutwicy wschodniej ( $t \cdot ha^{-1}$ ) nawożonej azotem**  
**The yield of dry matter of eastern galega ( $t \cdot ha^{-1}$ ) fertilized with nitrogen**

| Pokosy-<br>Cuts (A) | Dawki N-<br>N doses (C) | Lata badań<br>Research years (B) |      |      | Średnia<br>Mean | Suma<br>Sum |
|---------------------|-------------------------|----------------------------------|------|------|-----------------|-------------|
|                     |                         | 2005                             | 2006 | 2007 |                 |             |
| I                   | 34                      | 5,85                             | 3,72 | 2,80 | 4,12            | 12,37       |
|                     | 68                      | 4,62                             | 3,58 | 1,84 | 3,35            | 10,04       |
|                     | 102                     | 4,39                             | 3,50 | 1,62 | 3,20            | 9,61        |
| II                  | 34                      | 1,52                             | 1,26 | 2,38 | 1,72            | 5,16        |
|                     | 68                      | 1,27                             | 0,81 | 1,97 | 1,35            | 4,05        |
|                     | 102                     | 1,20                             | 0,64 | 1,56 | 1,13            | 3,40        |
| III                 | 34                      | 0,37                             | 1,83 | 1,46 | 1,22            | 3,66        |
|                     | 68                      | 0,37                             | 1,16 | 0,90 | 0,81            | 2,43        |
|                     | 102                     | 0,27                             | 1,08 | 0,69 | 0,68            | 2,04        |
| Suma<br>Sum         | 34                      | 7,74                             | 6,81 | 6,64 | 7,06            | 21,19       |
|                     | 68                      | 6,26                             | 5,55 | 4,71 | 5,51            | 16,52       |
|                     | 102                     | 5,85                             | 5,22 | 3,87 | 4,85            | 14,55       |

NIR<sub>0,05</sub> — LSD<sub>0,05</sub>: pokosy — cuts (A) — 0,47; lata badań — research years (B) — 0,47; dawki N — N doses (C) — 0,47; współdziałanie — interaction (A×B) — 0,99; (C×A) — 0,99; (C×B) — 0,99

Obliczenia statystyczne wykazały istotne zmniejszanie plonu suchej masy rutwicy zebranej w kolejnych pokosach, latach badań i pod wpływem wzrastających dawek azotu mineralnego. Na podstawie obserwacji własnych stwierdzono, że na poletkach nawożonych 68 i 102 kg azotu na hektar w formie saletry amonowej wystąpiło, zanikanie brodawek na korzeniach rutwicy wschodniej, a tym samym zmniejszone było wiązanie N<sub>2</sub>. Uzyskane wyniki wykazały zbędność nawożenia rutwicy dawką powyżej 34 kg N·ha<sup>-1</sup>. Potwierdzają ten fakt badania innych autorów, według których rośliny bobowate powinno się nawozić azotem mineralnym w dawce 20–30 kg N·ha<sup>-1</sup> (Kalembasa, 1995; Raig i in., 2001), pod warunkiem, że nasiona lub glebę zainfekuje się odpowiednim szczepem bakterii posiadających zdolność wiązania azotu atmosferycznego.

Zawartość fosforu w rutwicy nawożonej azotem przedstawiono w tabeli 3. Badane czynniki (pokosy, lata badań, dawki azotu) istotnie różnicowały zawartość fosforu w analizowanej roślinie. Zawartość fosforu w rutwicy wschodniej zebranej w II pokosie była mniejsza o 36,3%, a w III pokosie o 26,8%, w odniesieniu do zawartości oznaczonej w roślinie testowej z I pokosu. W kolejnych latach badań odnotowano istotne zwiększanie zawartości fosforu w roślinie testowej. Wzrastające dawki azotu w formie saletry amonowej wpłynęły na zmniejszenie zawartości fosforu w suchej masie rutwicy (o 1,9% i o 5,3%) w odniesieniu do zawartości oznaczonej w roślinie testowej nawożonej dawką N<sub>34</sub>. Podobne tendencje zmian zawartości fosforu przedstawiono w pracy Ignaczaka (1997). Średnia zawartość siarki w suchej masie rutwicy wschodniej nawożonej azotem 1,70 g·kg<sup>-1</sup>s.m. (tab. 4). W suchej masie rutwicy II i III pokosu rutwicy oznaczono większe ilości siarki w porównaniu z I pokosem. Było to związane z koncentracją tego składnika w małym plonie. W drugim roku badań zawartość siarki w roślinie testowej zmniejszyła się o 36,9%, a w trzecim o 24,8% w odniesieniu do pierwszego roku badań. Obliczenia statystyczne wykazały istotne różnice pomiędzy zawartością siarki w rutwicy nawożonej dawką 68 kg N·ha<sup>-1</sup> i 102 kg N·ha<sup>-1</sup>.

Tabela 3

| Zawartość fosforu ( $\text{g} \cdot \text{kg}^{-1} \text{s.m.}$ ) w biomase rutwicy wschodniej nawożonej azotem<br>The content of phosphorus ( $\text{g} \cdot \text{kg}^{-1} \text{d.m.}$ ) in biomass of eastern galega fertilized with nitrogen |                        |                                  |      |      |                 |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------|----------------------------------|------|------|-----------------|
| Pokosy<br>Cuts (A)                                                                                                                                                                                                                                 | Dawki N<br>N doses (C) | Lata badań<br>Research years (B) |      |      | Średnia<br>Mean |
|                                                                                                                                                                                                                                                    |                        | 2005                             | 2006 | 2007 |                 |
| I                                                                                                                                                                                                                                                  | 34                     | 3,44                             | 3,24 | 3,43 | 3,37            |
|                                                                                                                                                                                                                                                    | 68                     | 3,07                             | 3,37 | 3,36 | 3,27            |
|                                                                                                                                                                                                                                                    | 102                    | 3,11                             | 2,83 | 3,42 | 3,12            |
| Średnia — Mean                                                                                                                                                                                                                                     |                        | 3,21                             | 3,15 | 3,40 | 3,25            |
| II                                                                                                                                                                                                                                                 | 34                     | 2,25                             | 1,66 | 2,55 | 2,16            |
|                                                                                                                                                                                                                                                    | 68                     | 2,08                             | 1,59 | 2,42 | 2,03            |
|                                                                                                                                                                                                                                                    | 102                    | 2,12                             | 1,64 | 2,31 | 2,02            |
| Średnia — Mean                                                                                                                                                                                                                                     |                        | 2,15                             | 1,63 | 2,43 | 2,07            |
| III                                                                                                                                                                                                                                                | 34                     | 1,83                             | 3,00 | 2,25 | 2,36            |
|                                                                                                                                                                                                                                                    | 68                     | 1,84                             | 2,91 | 2,63 | 2,46            |
|                                                                                                                                                                                                                                                    | 102                    | 1,52                             | 2,77 | 2,68 | 2,32            |
| Średnia — Mean                                                                                                                                                                                                                                     |                        | 1,73                             | 2,89 | 2,52 | 2,38            |
| Średnia<br>Mean                                                                                                                                                                                                                                    | 34                     | 2,51                             | 2,63 | 2,75 | 2,63            |
|                                                                                                                                                                                                                                                    | 68                     | 2,33                             | 2,62 | 2,80 | 2,58            |
|                                                                                                                                                                                                                                                    | 102                    | 2,25                             | 2,41 | 2,80 | 2,49            |
| Średnia — Mean                                                                                                                                                                                                                                     |                        | 2,36                             | 2,56 | 2,78 | 2,57            |

NIR<sub>0,05</sub> — LSD<sub>0,05</sub> : pokosy — cuts (A) — 0,05; lata badań — research years (B) — 0,05; dawki N — N doses (C) — 0,05; współdziałanie — interaction (A×B) — 0,09; (C×A) — 0,09; (C×B) — 0,09

Tabela 4

| Zawartość siarki ( $\text{g} \cdot \text{kg}^{-1} \text{s.m.}$ ) w biomase rutwicy wschodniej nawożonej azotem<br>The content of sulphur ( $\text{g} \cdot \text{kg}^{-1} \text{d.m.}$ ) in biomass of eastern galega fertilized with nitrogen |                        |                                  |      |      |                 |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------|----------------------------------|------|------|-----------------|
| Pokosy<br>Cuts (A)                                                                                                                                                                                                                             | Dawki N<br>N doses (C) | Lata badań<br>Research years (B) |      |      | Średnia<br>Mean |
|                                                                                                                                                                                                                                                |                        | 2005                             | 2006 | 2007 |                 |
| I                                                                                                                                                                                                                                              | 34                     | 1,55                             | 0,86 | 1,64 | 1,35            |
|                                                                                                                                                                                                                                                | 68                     | 1,49                             | 0,97 | 1,19 | 1,22            |
|                                                                                                                                                                                                                                                | 102                    | 1,51                             | 0,96 | 1,45 | 1,31            |
| Średnia — Mean                                                                                                                                                                                                                                 |                        | 1,52                             | 0,93 | 1,43 | 1,29            |
| II                                                                                                                                                                                                                                             | 34                     | 2,46                             | 2,20 | 1,56 | 2,07            |
|                                                                                                                                                                                                                                                | 68                     | 2,57                             | 2,09 | 1,35 | 2,00            |
|                                                                                                                                                                                                                                                | 102                    | 2,91                             | 2,07 | 1,38 | 2,12            |
| Średnia — Mean                                                                                                                                                                                                                                 |                        | 2,65                             | 2,12 | 1,43 | 2,07            |
| III                                                                                                                                                                                                                                            | 34                     | 2,32                             | 1,04 | 1,65 | 1,67            |
|                                                                                                                                                                                                                                                | 68                     | 2,19                             | 0,88 | 2,17 | 1,75            |
|                                                                                                                                                                                                                                                | 102                    | 2,29                             | 1,06 | 2,14 | 1,83            |
| Średnia — Mean                                                                                                                                                                                                                                 |                        | 2,27                             | 0,99 | 1,99 | 1,75            |
| Średnia<br>Mean                                                                                                                                                                                                                                | 34                     | 2,11                             | 2,37 | 1,62 | 1,70            |
|                                                                                                                                                                                                                                                | 68                     | 2,08                             | 2,31 | 1,57 | 1,66            |
|                                                                                                                                                                                                                                                | 102                    | 2,23                             | 1,36 | 1,66 | 1,75            |
| Średnia — Mean                                                                                                                                                                                                                                 |                        | 2,14                             | 1,35 | 1,61 | 1,70            |

NIR<sub>0,05</sub> — LSD<sub>0,05</sub> : pokosy — cuts (A) — 0,07; lata badań — research years (B) — 0,07; dawki N — N doses (C) — 0,07; współdziałanie — interaction (A×B) — 0,13; (C×A) — 0,13; (C×B) — n.i. — not significant

Największe sumaryczne pobranie fosforu z plonem rutwicy odnotowano dla I pokosu i w pierwszym roku prowadzenia doświadczenia (tab. 5). Zastosowanie zwiększonych

dałek azotu mineralnego ( $68 \text{ kg N} \cdot \text{ha}^{-1}$  i  $102 \text{ kg N} \cdot \text{ha}^{-1}$ ) powodowało systematyczne zmniejszanie pobrania fosforu przez roślinę testową (średnio o 24,3% i 33,9%).

Tabela 5

**Pobranie fosforu ( $\text{kg} \cdot \text{ha}^{-1}$ ) z plonem suchej masy rutwicy wschodniej nawożonej azotem**  
**Uptake of phosphorus ( $\text{kg} \cdot \text{ha}^{-1}$ ) with dry matter yield of eastern galega fertilized with nitrogen**

| Pokosy<br>Cuts (A) | Dawki N<br>N doses (C) | Lata badań<br>Research years (B) |       |       | Suma<br>Sum |
|--------------------|------------------------|----------------------------------|-------|-------|-------------|
|                    |                        | 2005                             | 2006  | 2007  |             |
| I                  | 34                     | 20,12                            | 12,05 | 9,60  | 41,77       |
|                    | 68                     | 14,18                            | 12,06 | 6,18  | 32,42       |
|                    | 102                    | 13,65                            | 9,90  | 5,54  | 29,09       |
| II                 | 34                     | 3,42                             | 2,09  | 6,07  | 11,58       |
|                    | 68                     | 2,64                             | 1,29  | 4,77  | 8,70        |
|                    | 102                    | 2,54                             | 1,05  | 3,60  | 7,19        |
| III                | 34                     | 0,68                             | 5,49  | 3,28  | 9,45        |
|                    | 68                     | 0,68                             | 3,37  | 2,37  | 6,42        |
|                    | 102                    | 0,41                             | 2,99  | 1,85  | 5,25        |
| Suma<br>Sum        | 34                     | 24,22                            | 19,63 | 18,95 | 62,80       |
|                    | 68                     | 17,50                            | 16,72 | 13,32 | 47,54       |
|                    | 102                    | 16,60                            | 13,94 | 10,99 | 41,53       |

Ilość siarki pobranej z plonem rutwicy wschodniej była zróżnicowana w kolejnych pokosach, latach badań i po zastosowaniu trzech dawek nawozów azotowych (tab. 6).

Tabela 6

**Pobranie siarki ( $\text{kg} \cdot \text{ha}^{-1}$ ) z plonem suchej masy rutwicy wschodniej nawożonej azotem**  
**Uptake of sulphur ( $\text{kg} \cdot \text{ha}^{-1}$ ) with dry matter yield eastern galega fertilized with nitrogen**

| Pokosy<br>Cuts (A) | Dawki N<br>N doses (C) | Lata badań<br>Research years (B) |      |       | Suma<br>Sum |
|--------------------|------------------------|----------------------------------|------|-------|-------------|
|                    |                        | 2005                             | 2006 | 2007  |             |
| I                  | 34                     | 9,07                             | 3,20 | 4,59  | 16,86       |
|                    | 68                     | 6,88                             | 3,47 | 2,19  | 12,54       |
|                    | 102                    | 6,63                             | 3,36 | 2,35  | 12,34       |
| II                 | 34                     | 3,74                             | 2,77 | 3,71  | 10,22       |
|                    | 68                     | 3,26                             | 1,69 | 2,66  | 7,61        |
|                    | 102                    | 3,49                             | 1,32 | 2,15  | 6,96        |
| III                | 34                     | 0,86                             | 1,90 | 2,41  | 5,17        |
|                    | 68                     | 0,81                             | 1,02 | 1,95  | 3,78        |
|                    | 102                    | 0,62                             | 1,14 | 1,48  | 3,24        |
| Suma<br>Sum        | 34                     | 13,67                            | 7,87 | 10,71 | 32,25       |
|                    | 68                     | 10,95                            | 6,18 | 6,79  | 23,92       |
|                    | 102                    | 10,74                            | 5,82 | 5,98  | 22,54       |

Najwięcej siarki pobrała rutwica zebrana w I pokosie i w pierwszym roku badań. W przeprowadzonych badaniach wykazano duży wpływ wzrastających dawek azotu na pobranie siarki przez rutwicę. Po zastosowaniu  $68 \text{ kg N} \cdot \text{ha}^{-1}$  pobranie siarki z plonem rutwicy zmniejszyło się o 34,8%, a pod wpływem dawki  $102 \text{ kg N} \cdot \text{ha}^{-1}$  o 43,1% w stosunku do pobrania uzyskanego po zastosowaniu  $34 \text{ kg N} \cdot \text{ha}^{-1}$ . Pobranie siarki z plonem suchej masy rutwicy wschodniej było skorelowane z zawartością analizowanego pierwiastka ( $r =$

0,96) oraz z uzyskanym plonem ( $r = 0,99$ ). Pobranie siarki z plonem rośliny testowej nawożonej azotem było dodatnio skorelowane z pobraniem fosforu ( $r = 0,99$ ).

Całkowita zawartość fosforu oznaczona w glebie pobranej z poziomu próchnicznego była wysoka (tab. 7). Na taką samą zawartość fosforu w glebie i dodatni bilans fosforu wskazują badania Czuby (2000) oraz Kopińskiego i Tujaka (2010). Mniejsze ilości fosforu w glebie pobranej z rizosfery i międzyrzędzi oznaczyli Koper i in. (2004). W glebie pobranej z obiektów nawożonych kolejnymi wzrastającymi dawkami azotu oznaczono istotnie mniejsze ilości fosforu całkowitego. W kolejnych latach badań zawartość fosforu w glebie istotnie się zmniejszała w odniesieniu do pierwszego roku badań. W glebie pobranej po zakończeniu trzeciego roku badań odnotowano 11% spadek zawartości fosforu w stosunku do pierwszego roku badań.

Tabela 7

**Zawartość fosforu całkowitego ( $\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}\text{s.m.}$ ) w glebie nawożonej azotem**  
**The total phosphorus content ( $\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}\text{d.m.}$ ) in the soil fertilized with nitrogen**

| Dawki<br>Dose $N_{\min.}$ (A) | Lata badań<br>Research years (B) |      |      | Średnia<br>Mean |
|-------------------------------|----------------------------------|------|------|-----------------|
|                               | 2005                             | 2006 | 2007 |                 |
| 34                            | 1,18                             | 1,10 | 1,04 | 1,11            |
| 68                            | 1,14                             | 0,97 | 1,04 | 1,05            |
| 102                           | 1,01                             | 1,00 | 0,92 | 0,98            |
| Średnia<br>Mean               | 1,11                             | 1,02 | 1,00 | 1,04            |

NIR<sub>0,05</sub> — LSD<sub>0,05</sub> : dawki  $N_{\min.}$  — dose (A) — 0,05; lata badań — research years (B) — 0,05; współdziałanie — interaction (A×B) — 0,08

Tabela 8

**Zawartość siarki całkowitej ( $\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}\text{s.m.}$ ) w glebie nawożonej azotem**  
**The total sulphur content ( $\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}\text{d.m.}$ ) in the soil fertilized with nitrogen**

| Dawki<br>Dose $N_{\min.}$ (A) | Lata badań<br>Research years (B) |      |      | Średnia<br>Mean |
|-------------------------------|----------------------------------|------|------|-----------------|
|                               | 2005                             | 2006 | 2007 |                 |
| 34                            | 0,58                             | 0,51 | 0,70 | 0,60            |
| 68                            | 0,50                             | 0,46 | 0,71 | 0,56            |
| 102                           | 0,53                             | 0,49 | 0,40 | 0,47            |
| Średnia<br>Mean               | 0,54                             | 0,49 | 0,60 | 0,54            |

NIR<sub>0,05</sub> — LSD<sub>0,05</sub> : dawki  $N_{\min.}$  — dose (A) — n.i. — not significant; lata badań — research years (B) — 0,05; współdziałanie — interaction (A×B) — n.i. — not significant

Systematyczne zmniejszanie zawartości fosforu w glebie w kolejnych latach badań było związane było z wynoszeniem tego składnika z plonem rośliny testowej. Obliczone współczynniki korelacji wskazują na istotną dodatnią zależność między zawartością fosforu w glebie a plonem suchej masy rutwicy wschodniej ( $r = 0,96$ ) oraz pobraniem fosforu ( $r = 0,96$ ).

Średnia zawartość siarki, którą oznaczono poziomie próchnicznym nawożonym saletrą amonową wynosiła  $0,54 \text{ g}\cdot\text{kg}^{-1}\text{s.m.}$  i kształtowała się na niskim poziomie (tab. 8).

Zawartość siarki w glebie zmieniała się istotnie w kolejnych latach prowadzenia badań. Obliczone współczynniki korelacji wykazały istotną ujemną zależność ( $r = -0,99$ ) pomiędzy zawartością siarki oznaczoną w glebie nawożonej zróżnicowanymi dawkami azotu a zawartością siarki w roślinie.

#### WNIOSKI

1. Plon rutwicy wschodniej oraz pobranie fosforu i siarki zmniejszało się w kolejnych pokosach, latach badań i pod wpływem zwiększających dawek azotu.
2. Zawartość fosforu w kolejnych pokosach rośliny testowej zmniejszała się pod wpływem dawek azotu, natomiast siarki zwiększała się.
3. Nawożenie azotem w trzecim roku prowadzenia doświadczenia wpłynęło na zwiększenie całkowitej zawartości siarki w glebie.

#### LITERATURA

- Czuba R. 2001. Fosfor we współczesnych krajowych systemach nawożenia. Prace Nauk. Akadem. Ekonom. we Wrocławiu, Chemia 888: 144 — 150.
- Grzegorzczak S., Bernatowicz T., Alberski J. 2001. Zawartość fosforu w wybranych gatunkach roślin motylkowatych. Prace Nauk. Akadem. Ekonom. we Wrocławiu, Chemia 888: 210 — 214.
- Ignaczak S. 1997. Porównanie tradycyjnego i ekstensywnego systemu użytkowania rutwicy wschodniej (*Galega orientalis* Lam.). Biul. Oceny Odmian 29: 143 — 148.
- Ignaczak S. 1999. Wartość zielonki z rutwicy wschodniej (*Galega orientalis* Lam.) jako surowca dla różnych form paszy. Zesz. Probl. Postępów Nauk Rol. 468: 145 — 157.
- Ignaczak S., Szczepanek M. 2005. Wartość przedplonowi rutwicy wschodniej dla pszenicy ozimej. Zesz. Probl. Postępów Nauk Rol. 507: 245 — 251.
- Jamroz D., Buraczewski S., Kamiński J. 2001. Żywnienie zwierząt i paszoznawstwo. Cz. 1 Fizjologiczne i biochemiczne podstawy żywienia zwierząt. Wyd. Nauk. PWN. Warszawa: 437 ss.
- Kalembasa S. 1995. Zastosowanie izotopów  $^{15}\text{N}$  i  $^{13}\text{N}$  w badaniach gleboznawczych i chemiczno-rolniczych. WNT, Warszawa: 252 s.
- Kalembasa S., Symanowicz B. 2010. Quantitative abilities of biological nitrogen reduction for *Rhizobium galegae* cultures by goat's rue. Ecol. Chem. and Engin. A. 17 (7): 757 — 764.
- Koper J., Lemanowicz J., Igras J. 2004. Wpływ nawożenia obornikiem i azotem mineralnym na zawartość wybranych form fosforu oraz aktywność fosfatazową. Prace Nauk. Akademii Ekonomicznej we Wrocławiu, Chemia 1017: 4 1 — 51.
- Kopiński J., Tujaka A. 2010. Bilans azotu, fosforu i potasu w rolnictwie polskim w latach 2005–2009. Nawozy i Nawożenie, 41: 120 — 132.
- Raig H., Nömmalu H., Meripõld H., Metliskaja J. 2001. Fodder Galega. Mon. ERIA Saku: 141.
- Sowiński J., Możdżeń E. 2007. Wpływ terminu zbioru rutwicy wschodniej (*Galega orientalis* Lam.) na plon oraz wpływ metody skaryfikacji na jakość nasion. Biul. IHAR 246: 179 — 190.
- Symanowicz B., Appel Th., Kalembasa S. 2004. „Goat's rue” (*Galega orientalis* Lam.) — a plant with many agricultural uses. Part II. The influence of inoculation on the seed of *Galega orientalis* vis-à-vis the content of their macroelements and mutual ratios., Polish J. Soil Sci., XXXVII (1): 11 — 20.
- Symanowicz B., Kalembasa S. 2010. Wpływ nawożenia fosforowo-potasowego na plon i zawartość makroelementów w biomase rutwicy wschodniej (*Galega orientalis* Lam.). Fragm. Agron. 27 (1): 177 — 185.

- Symanowicz B., Kalembasa S. 2012. Effect of iron, molybdenum and cobalt on the amount of nitrogen biologically reduced by *Rhizobium galegae*. Ecol. Chem.Eng. A, 19 (11): 1311 — 1320.
- Szczepaniak W. 2005. Metody instrumentalne w analizie chemicznej. PWN Warszawa; 165 — 168.
- Żarczyński P., Sienkiewicz P., Krzebietke S. 2008. Accumulation of macroelements in plants on newly established fallows. J. Elementol. 13 (3): 455 — 461.



**GRAŻYNA SILSKA**  
**MARCIN PRACZYK**

Instytut Włókien Naturalnych i Roślin Zielarskich w Poznaniu

## Deskryptory charakterystyki i waloryzacji Międzynarodowej Bazy Danych Lnu

### Descriptors of characterization and evaluation in International Flax Database

Opracowanie Międzynarodowej Bazy Danych Lnu (International Flax Database — IFDB), w oparciu o deskryptory przyjęte w ramach Europejskiego Programu Współpracy (European Cooperative Programme For Crop Genetic Resources Networks — ECP/GR), w zakresie Roślinnych Zasobów Genowych dla Grupy Roboczej Roślin Włóknistych, umożliwi łatwiejszą i szybszą analizę cech morfologicznych, biologicznych i rolniczych genotypów z rodzaju *Linum* (len). Hodowcy będą mogli wybrać najbardziej odpowiednie komponenty do krzyżówek, ponieważ będą dostępne dane z cechami biologicznymi np. odporność na wyleganie i odporność na fuzariozę (*Fusarium oxysporum* f.sp. *lini*) czy też morfologicznymi np. masa 1000 nasion, długość łodygi. Dane o genotypach lnu mają być zaszyfrowane za pomocą jednej cyfry w skali od 0 do 9. W ramach realizowanego projektu opracowano już część paszportową Międzynarodowej Bazy Danych Lnu, w zakresie kolekcji lnu, zgromadzonej w Polsce. Obecnie kolekcja ta obejmuje 827 genotypów rodzaju *Linum* L., w tym 815 obiektów lnu zwyczajnego (*Linum usitatissimum* L.) i 12 gatunków lnu rosnących w stanie naturalnym. Wykonanie części paszportowej IFDB umożliwi wyeliminowanie długoterminowego przechowywania zbędnych duplikatów jednocześnie przez kilka krajów, co obniży koszty. Celem pracy jest zaprezentowanie deskryptorów charakterystyki i ewaluacji rodzaju *Linum* Międzynarodowej Bazy Danych Lnu i porównanie dotąd stosowanych metod waloryzacji z deskryptorami wytypowanymi do opracowania Międzynarodowej Bazy Danych Lnu, w ramach Europejskiego Programu Współpracy w zakresie Roślinnych Zasobów Genowych dla Grupy Roboczej Roślin Włóknistych. W pracy przedstawiono 27 deskryptorów w tym: 17 morfologicznych (tab.1), 4 biologiczne (tab. 2) i 6 rolniczych (tab. 3). Przedstawiono także opracowane dla Międzynarodowej Bazy Danych Lnu, czyli zaszyfrowane dane z charakterystyką biologiczną dziewięciu genotypów *Linum usitatissimum* L., które były w doświadczeniu polowym w 2012 roku w Zakładzie Doświadczalnym IWNiRZ w Pętkowie (tab. 4). Ze względu na cechy morfologiczne i sposób użytkowania wśród obiektów lnu zwyczajnego umownie wyróżniamy lny włókniste, przejściowe i oleiste.

**Słowa kluczowe:** deskryptory, kolekcja, len, Międzynarodowa Baza Danych Lnu

Development of the International Flax Database (International Flax Database — IFDB), based on the descriptors adopted by the European Cooperation Programme (European Cooperative Programme for Crop Genetic Resources Networks — ECP / GR) for Plant Genetic Resources for Textile Crops

Working Group, allows easier and faster analysis of morphological, biological and agricultural genotypes of the genus *Linum* (flax). Breeders will be able to choose the most suitable hybrid components as the biological characteristics such as resistance to lodging and resistance to *Fusarium* (*Fusarium oxysporum* f. sp. *lini*) or morphological, for example: 1000 seed weight, stem length become available. Data on genotypes of flax is to be encrypted with a single digit on a scale of 0 to 9. As a part of the project, the passport part of the International Flax Database for collection of flax gathered in Poland was prepared. The present collection includes 827 genotypes of the *Linum* L. genus, including 815 accessions of flax (*Linum usitatissimum* L.) and 12 species of flax growing in a natural state. Execution of passport IFDB allows the elimination of unnecessary duplicates simultaneously by several countries, which will reduce costs. The aim of this study was to present descriptors for characterization and evaluation of *Linum* and comparing previously used methods of valuation with the descriptors that are scheduled for the development of the International Flax Database, within the European Cooperation in the field plant Genetic Resources for Textile Crops Working Group. The paper shows the 27 descriptors including 17 morphological (Table 1), four biological (Table 2) and six agronomic (Table 3). We presented also the encrypted data with the biological characteristics of nine genotypes of *Linum usitatissimum* L., which were tested in a field experiment in 2012 at the Experimental INF&MP in Pętkowo (Table 4) and prepared for the International Flax Database.

**Key words:** descriptors, International Flax Database, collection

## WSTĘP

Instytut Włókien Naturalnych i Roślin Zielarskich w Poznaniu (IWNiRZ) prowadzi kolekcje lnu, konopi i roślin leczniczych oraz uczestniczy w Krajowym Programie Ochrony Zasobów Genowych Roślin Użytkowych, koordynowanym przez Instytut Hodowli i Aklimatyzacji Roślin (IHAR) w Radzikowie. Szczegółowe informacje na temat ochrony zasobów genowych rodzaju *Linum* są dostępne m.in. w publikacjach Silskiej (2004) oraz Silskiej i Praczyka (2009).

IWNiRZ prowadzi prace związane z gromadzeniem i waloryzacją genotypów lnu od 1982 roku. Jednak od tego czasu, metody dokumentowania uległy udoskonaleniu. Początkowo podstawowe dane o gromadzonych obiektach zapisywano w dokumentach takich jak zeszyty i arkusze, zeszyty polowe, sprawozdania do IHAR. Obecnie stosowany jest także elektroniczny zapis, głównie w postaci plików programu Microsoft Office Excel. W IHAR powstał specjalny program informacyjny o zasobach genowych roślin użytkowych EGISET, gdzie dane paszportowe są wpisywane do bazy przez kuratorów poszczególnych roślin uprawnych.

Instytut Włókien Naturalnych i Roślin Zielarskich w Poznaniu uczestniczy także w Europejskim Programie Współpracy w zakresie Roślinnych Zasobów Genowych (European Cooperative Programme for Plant Genetic Resources — ECP/GR). Celem tego programu jest opracowanie Międzynarodowej Bazy Danych Lnu (International Flax Data Base — IFDB) przy użyciu, przyjętych w wyniku prac, deskryptorów. Pierwsze spotkanie Grupy Roboczej Roślin Włóknistych odbyło się od 14–16 czerwca 2006 roku w Wageningen, w Holandii (Pavelek, 2006).

Celem pracy jest opis deskryptorów przyjętych do opracowywania Międzynarodowej Bazy Danych Lnu, w zakresie charakterystyki i ewaluacji rodzaju *Linum*, w porównaniu z deskryptorami, stosowanymi wcześniej w Instytucie Włókien Naturalnych i Roślin Zielarskich. Celem pracy było także przedstawienie na jakim etapie są prace zmierzające

do opracowania Międzynarodowej Bazy Danych Lnu oraz wdrożenie nowej metodyki na przykładzie wybranych obiektów Lnu zwyczajnego *Linum usitatissimum* L.

## MATERIAŁ I METODY

Materiał stanowiła polska kolekcja Lnu, która obecnie obejmuje 827 genotypów rodzaju *Linum* L., w tym 815 obiektów Lnu zwyczajnego (*Linum usitatissimum* L.) oraz 12 gatunków, rosnących w stanie naturalnym.

W ramach współpracy międzynarodowej ECP/GR podjęto prace, których celem jest opracowanie Międzynarodowej Bazy Danych Lnu w dwóch częściach: paszportowej i części charakterystyki i ewaluacji.

Bazę danych paszportowych genotypów Lnu opracowuje się za pomocą deskryptorów paszportowych (Passport descriptors) czyli 28 FAO/IPGRII Multi-crop passport descriptors ([http://www.ipgri.cgiar.org/publications/pubfile.asp?ID\\_PUB=124](http://www.ipgri.cgiar.org/publications/pubfile.asp?ID_PUB=124)) (Pavelek, 1994). Bazę danych charakterystyki i ewaluacji obiektów Lnu, dla IFDB, opracowujemy za pomocą 28 deskryptorów charakterystyki i ewaluacji (Characterization and evaluation descriptors), należących do czterech grup. Są to cechy morfologiczne (17), cechy biologiczne (4), cechy rolnicze (6) oraz jedna cytologiczna cecha, którą jest poziom ploidalności. Zestawienie cech morfologicznych, biologicznych i rolniczych przedstawiają tabele 1, 2 i 3.

W tabelach tych pokazano także różnice pomiędzy dotychczas stosowaną oceną Lnu w IWNiRZ a ewaluacją dla IFDB.

Tabela 1

**Wykaz deskryptorów cech morfologicznych do opracowania Międzynarodowej Bazy Danych Lnu w porównaniu z waloryzacją stosowaną w IWNiRZ**  
**List of morphological trait descriptors used in the International Flax Database compared to the evaluation used in INF&MP**

| Deskryptory cech morfologicznych<br>Morphological trait descriptors |                                                                                                                    |                                                              |                                                                                                                        |
|---------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| IWNiRZ — INF&MP                                                     |                                                                                                                    | Międzynarodowa Baza Danych Lnu — International Flax Database |                                                                                                                        |
| 1                                                                   | 2                                                                                                                  | 3                                                            | 4                                                                                                                      |
| Deskryptor<br>Descriptor                                            | ocena<br>scoring                                                                                                   | deskryptor — descriptor                                      | ocena — scoring                                                                                                        |
| Rodzaj wiechy:<br>Inflorescence type:                               | a) wyprostowana lub<br>zwisła — erect or pendent<br>b) skupiona lub<br>rozpierzchła —<br>concentrated or scattered | 1. sposób wzrostu rośliny — plant<br>growth habit            | 1 płózca — prostrate<br>2 półpłózca — spreading<br>3 półwyprostowana — semi-erect<br>4 wyprostowana — erect            |
| #                                                                   |                                                                                                                    | 2. cykl życiowy rośliny — plant life<br>cycle                | 1 jednoroczne — annual<br>2 dwuletnie — biennial<br>3 wieloletnie/ perennial                                           |
| Długość ogólna<br>Total length                                      | (cm)                                                                                                               | 3. wysokość roślin — plant natural<br>height                 | 1 bardzo niska — very short<br>3 niska — short<br>5 średnia — medium<br>7 wysoka — tall<br>9 bardzo wysoka — very tall |



| 1                                                                | 2    | 3                                                                                                                     | 4                                                                                                                                                                                                          |
|------------------------------------------------------------------|------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Długość techniczna<br>Technical length                           | (cm) | 4. długość łodygi — stem length                                                                                       | 1 bardzo krótka — very short<br>3 krótka — short<br>5 średnia — medium<br>7 długa — long<br>9 bardzo długa — very long                                                                                     |
| Nie oceniano *<br>Not assessed *                                 |      | 5. kwiat: wielkość korony —<br>flower: size of corolla                                                                | 3 Małe — Small<br>5 Średnie — Medium<br>7 Duże — Large                                                                                                                                                     |
| Kształt kwiatów<br>Flower shape                                  |      | 6. kwiat: kształt — flower: shape                                                                                     | 1 kolisty — regular<br>2 gwiaździsty — star<br>3 pół-gwiaździsty — semi-star                                                                                                                               |
| Nie oceniano *<br>Not assessed *                                 |      | 7. kropkowanie działek kielicha —<br>sepal dotting                                                                    | 1 nie występuje lub bardzo słabo —<br>absent or very weak<br>3 słabe — weak<br>5 średnie — medium<br>7 silne — strong<br>9 bardzo silne — very strong                                                      |
| Barwa płatków<br>korony<br>Petal colour                          |      | 8. barwa płatka: barwa korony (w<br>pełni rozwiniętej) — petal colour:<br>colour of corolla (when fully<br>developed) | 1 biały — white<br>2 jasnoniebieski — light blue<br>3 niebieski — blue<br>4 różowy — pink<br>5 czerwono-fioletowy — red violet<br>6 fioletowy — violet                                                     |
| Nie oceniano*<br>Not assessed *                                  |      | 9. płatek: podłużne zagniecenia —<br>petal: longitudinal folding                                                      | 0 brak — absent<br>1 obecne — present                                                                                                                                                                      |
| Pręcik: barwa<br>pylników<br>Stamen: anther<br>colour            |      | 10. barwa pylników — anther<br>colour                                                                                 | 1 żółtawa — yellowish<br>2 niebieskawa — bluish<br>3 szarawa — greyish<br>4 pomarańczowa — orange                                                                                                          |
| Pręcik: barwa nitek<br>pylnikowych<br>Stamen: filament<br>colour |      | 11. pręcik: barwa nitek na<br>wierzchołku — stamen: filament<br>colour at top                                         | 1 biały — white<br>2 niebieski — blue<br>3 fioletowy — violet                                                                                                                                              |
| Słupek: barwa szyjki<br>Carpel: style colour                     |      | 12. barwa szyjki słupka przy<br>podstawie — style colour at base                                                      | 1 biała — white<br>2 żółta — yellow<br>3 niebieska — blue                                                                                                                                                  |
| #                                                                |      | 13. typ torebki nasiennej — boll<br>type                                                                              | 1 pękająca — dehiscent, fully<br>opened<br>3 pół-pękająca — dehiscent, half-<br>opened<br>5 średnio-pękająca — semi-<br>dehiscent<br>7 słabo-pękająca — weakly<br>dehiscent<br>9 niepękająca — indehiscent |
| Nie oceniano *<br>Not assessed *                                 |      | 14. wielkość torebki — boll size                                                                                      | 3 mała — small<br>5 średnia — medium<br>7 duża — large                                                                                                                                                     |
| Nie oceniano *<br>Not assessed *                                 |      | 15. torebka: orzesienie przegród<br>nasiennych — boll: ciliation of<br>septa                                          | 0 brak — absent<br>1 obecne — present                                                                                                                                                                      |
| Masa tysiąca nasion<br>— 1000-seed weight                        | (g)  | 16. masa 1000 nasion — 1000-seed<br>weight (g) (to two decimal places)                                                |                                                                                                                                                                                                            |

c.d. Tabela 1

| 1                                                                                             | 2                                                                        | 3                              | 4                                                                                                                          |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------|--------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Barwa nasion<br>Seed colour                                                                   |                                                                          | 17. kolor nasion — seed colour | 1 żółte — yellow<br>3 jasnobrązowe — light brown<br>5 brązowe — brown<br>7 ciemnobrązowe — dark brown<br>9 zielone — green |
| Długość wiechy<br>Inflorescence length                                                        | (cm)                                                                     |                                |                                                                                                                            |
| Liczba rozgałęzień I rzędu (wiechy)<br>Number of 1 <sup>st</sup> order inflorescence branches | (szt.)                                                                   |                                |                                                                                                                            |
| Grubość w środku długości technicznej<br>Thickness in the middle of the technical length      | (mm)                                                                     |                                |                                                                                                                            |
| Słupek: barwa znamienia<br>Carpel: stigma colour                                              |                                                                          |                                |                                                                                                                            |
| Ustawienie liści<br>Leaf position                                                             | pod kątem; prostopadłe<br>acute angle;<br>perpendicular                  |                                |                                                                                                                            |
| Barwa działek kielicha<br>Sepals colour                                                       | zielona lub zielona z białymi plamami<br>green or green with white spots |                                |                                                                                                                            |
| Płatek: występowanie żyłek na płatkach korony<br>Petal: presence of veins on the petals       |                                                                          |                                |                                                                                                                            |
| Płatek: obrzeże płatków korony<br>Petal: petal margin                                         | karbowane lub niekarbane<br>creased or not                               |                                |                                                                                                                            |

# - Ocena dotyczyła przeważnie genotypów z gatunku *Linum usitatissimum* L. czyli obiektów o cyklu życiowym jednorocznym oraz typie torebki nasiennej niepękającej

# - Assessment of genotypes mostly from *Linum usitatissimum* L. species that is annual objects with indehiscent bolls

\* Nowe, dotąd nieokreślone w IWNiRZ, deskryptory przyjęte w ramach Europejskiego Programu Współpracy w zakresie Roślinnych Zasobów Genowych dla Grupy Roboczej Roślin Włóknistych do opracowywania Międzynarodowej Bazy Danych w zakresie charakterystyki i ewaluacji rodzaju *Linum*.

\*New descriptors, so far not used in INF&MP that were adopted within European Cooperative Programme for Crop Genetic Resources Networks, Textile Crops Working Group for preparation of the International Database of genus *Linum* characteristics and evaluations

W 2012 roku w Pętkowie założono doświadczenie polowe, które przeprowadzono w celu odnowienia wartości siewnej obiektów lnu, przechowywanych w przechowalni długoterminowej Krajowego Centrum Roślinnych Zasobów Genowych w Instytucie Hodowli i Aklimatyzacji Roślin — PIB w Radzikowie.

## WYNIKI

**Zakres realizacji Międzynarodowej Bazy Danych Lnu**

W ramach realizowanego projektu ECP/GR, w Instytucie Włókien Naturalnych i Roślin Zielarskich wykonano część paszportową polskiej kolekcji lnu. Dane te zostały opracowane w formie pliku programu Microsoft Office Excel oraz przesłane do Instytutu Hodowli i Aklimatyzacji Roślin i do menadżera Międzynarodowej Bazy Danych Lnu. Opracowane dane paszportowe polskiej kolekcji lnu zostały włączone do bazy danych EGISET i do Międzynarodowej Bazy Danych Lnu. Dane te opracowano dla wszystkich obiektów lnu z polskiej kolekcji.

Obecnie w IWNiRZ rozpoczęto realizację części drugiej IFDB czyli części dotyczącej charakterystyki i ewaluacji lnu.

**Wdrożenie nowej metodyki IFDB na przykładzie obiektów lnu włóknistego****Charakterystyka i ewaluacja**

Przedstawione w tabeli 2 deskrytory wykorzystano do scharakteryzowania wybranych obiektów z polskiej kolekcji lnu. Wszystkie obiekty były jednoroczne.

Tabela 2

**Wykaz deskryptorów cech biologicznych do opracowania Międzynarodowej Bazy Danych Lnu w porównaniu z waloryzacją stosowaną w IWNiRZ**  
**List of biological trait descriptors used in the International Flax Database compared to the evaluation used in INF&MP**

| Deskrytory cech biologicznych<br>Biological trait descriptors                           |                                                 |                                                                                                                                |                                                                                                                                           |
|-----------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| IWNiRZ                                                                                  |                                                 | Międzynarodowa Baza Danych Lnu — International Flax Database                                                                   |                                                                                                                                           |
| deskrytor — descriptor                                                                  | ocena — scoring                                 | deskrytor — descriptor                                                                                                         | ocena — scoring                                                                                                                           |
| Odporność na wyleganie<br>Resistance to lodging                                         | 9 stopniowa skala COBORU<br>1-9 scale of COBORU | 18. Odporność na wyleganie —<br>Resistance to lodging                                                                          | 1 bardzo niska — very low<br>3 niska — low<br>5 średnia — medium<br>7 wysoka — high<br>9 bardzo wysoka — very high                        |
| Odporność na <i>Fusarium</i><br>Resistance to <i>Fusarium</i>                           | 9 stopniowa skala COBORU<br>1-9 scale of COBORU | 19. Odporność na <i>Fusarium oxysporum</i> f. sp. <i>lini</i> — Resistance to <i>Fusarium oxysporum</i> f. sp. <i>lini</i> (%) | 1 bardzo niska — very low<br>3 niska — low<br>5 średnia — medium<br>7 wysoka — high<br>8 bardzo wysoka — very high                        |
| Okres wegetacji<br>Vegetation period                                                    | liczba dni<br>number of days                    | 20. Okres wegetacji (do dojrzałości)/<br>Vegetation period (to maturity)                                                       | 1 bardzo wczesny — very early<br>3 wczesny — early<br>5 średnio-wczesny — medium early<br>7 średnio-późny — medium late<br>9 późny — late |
| Termin kwitnienia:<br>początek, pełnia, koniec<br>Flowering:<br>beginning, full, end of | data — date                                     | 21. Termin początku kwitnienia/<br>Time of beginning of flowering                                                              | 9 bardzo wczesny — very early<br>7 wczesny — early<br>5 średnio-wczesny — medium early<br>3 średnio-późny — medium late<br>1 późny — late |
| Wschody:<br>początek, pełne<br>Germination:<br>beginning, full                          | data — date                                     | -----                                                                                                                          | -----                                                                                                                                     |

Tabela 3

**Wykaz deskryptorów cech rolniczych do opracowania Międzynarodowej Bazy Danych Lnu  
w porównaniu z cechami ocenianymi przez IWNiRZ**  
**List of agronomic trait descriptors used in the International Flax Database compared to the evaluation  
used in INF&MP**

| Deskryptory cech rolniczych<br>Agronomic trait descriptors            |                                       |                                                                             |                                                                                                                    |
|-----------------------------------------------------------------------|---------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| IWNiRZ — INF&MP                                                       |                                       | Międzynarodowa Baza Danych Lnu<br>International Flax Database               |                                                                                                                    |
| deskryptor — descriptor                                               | ocena — scoring                       | deskryptor — descriptor                                                     | ocena — scoring                                                                                                    |
| Procentowa zawartość<br>włókna w łodydze<br>Fibre content in the stem | %                                     | 1. procentowa zawartość włókna w<br>łodydze (%) — fibre content in<br>straw | 9 bardzo wysoka — very high<br>7 wysoka — high<br>5 średnia — medium<br>3 niska — low<br>1 bardzo niska — very low |
| Plon włókna<br>Fibre yield                                            | wartości liczbowe<br>numerical values | 2. plon włókna — fibre yield                                                | 9 bardzo wysoka — very high<br>7 wysoka — high<br>5 średnia — medium<br>3 niska — low<br>1 bardzo niska — very low |
| Plon nasion<br>Seed yield                                             | wartości liczbowe<br>numerical values | 3. plon nasion — seed yield                                                 | 9 bardzo wysoka — very high<br>7 wysoka — high<br>5 średnia — medium<br>3 niska — low<br>1 bardzo niska — very low |
| Zawartość tłuszczu<br>Fat content                                     | ----                                  | 4. Zawartość tłuszczu — Oil<br>content                                      | 9 bardzo wysoka — very high<br>7 wysoka — high<br>5 średnia — medium<br>3 niska — low<br>1 bardzo niska — very low |
| Nie oceniano<br>Not assessed                                          | ----                                  | 5. Plon tłuszczu — Oil yield                                                | 9 bardzo wysoka — very high<br>7 wysoka — high<br>5 średnia — medium<br>3 niska — low<br>1 bardzo niska — very low |
| Nie oceniano<br>Not assessed                                          | ----                                  | 6. Zawartość kwasu alfa<br>linolenowego — Linolenic acid<br>content         | 9 bardzo wysoka — very high<br>7 wysoka — high<br>5 średnia — medium<br>3 niska — low<br>1 bardzo niska — very low |
| Plon słomy<br>Straw yield                                             | wartości liczbowe<br>numerical values |                                                                             |                                                                                                                    |

Uzyskano następujące wyniki: odporność na wyleganie była bardzo niska u 3 obiektów lnu, niska u 2, średnia u 2 i bardzo wysoka u 2 genotypów lnu; odporność na *Fusarium oxysporum* f. sp. *linii* (%) była wysoka u 5 obiektów lnu i bardzo wysoka u 4 genotypów; okres wegetacji był krótki u 7 genotypów lnu, średni u 1 i długi u 1 obiektu lnu; czas od siewu do początku kwitnienia był bardzo krótki u 2 genotypów lnu, średni u 1, długi u 2 i bardzo długi u 4 genotypów.

Tabela 4

**Przykładowa waloryzacja cech biologicznych dla Międzynarodowej Bazy Danych Lnu obiektów lnu  
zwyczajnego, wysianych w Pętkowie w 2012 roku**  
**Exemplary evaluation of biological traits for the International Flax Database of flax accessions grown  
in Pętkowo in 2012**

| Nazwa obiektu<br>Accession name | Odporność<br>na wyleganie<br>Resistance to lodging:                                                                | Odporność na <i>Fusarium</i><br>Resistance to <i>Fusarium</i><br><i>oxysporum</i> f. sp. <i>linii</i><br>(%) | Okres wegetacji (czas<br>od siewu do dojrzałości<br>pełnej<br>Vegetation period:                                      | Czas od siewu do<br>początku kwitnienia<br>Time of beginning of<br>flowering |
|---------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------|
|                                 | 1 bardzo niska — very low<br>3 niska — low<br>5 średnia — medium<br>7 wysoka — high<br>9 bardzo wysoka — very high |                                                                                                              | 1 bardzo krótki — very short<br>3 krótki — short<br>5 średni — medium<br>7 długi — long<br>9 bardzo długi — very long |                                                                              |
| Pet 23                          | 9                                                                                                                  | 9                                                                                                            | 3                                                                                                                     | 7                                                                            |
| Svapo                           | 9                                                                                                                  | 9                                                                                                            | 3                                                                                                                     | 9                                                                            |
| Fortuna                         | 3                                                                                                                  | 7                                                                                                            | 3                                                                                                                     | 9                                                                            |
| Golden                          | 5                                                                                                                  | 9                                                                                                            | 7                                                                                                                     | 9                                                                            |
| Ł-1120                          | 3                                                                                                                  | 7                                                                                                            | 5                                                                                                                     | 7                                                                            |
| K-378                           | 1                                                                                                                  | 7                                                                                                            | 3                                                                                                                     | 1                                                                            |
| Adoptiv                         | 1                                                                                                                  | 7                                                                                                            | 3                                                                                                                     | 1                                                                            |
| Datnuwa                         | 5                                                                                                                  | 9                                                                                                            | 3                                                                                                                     | 5                                                                            |
| Diana                           | 1                                                                                                                  | 7                                                                                                            | 3                                                                                                                     | 9                                                                            |

Deskryptory przyjęte w ramach Europejskiego Programu Współpracy w zakresie Roślinnych Zasobów Genowych dla Grupy Roboczej Roślin Włóknistych do opracowywania Międzynarodowej Bazy Danych w zakresie charakterystyki i ewaluacji rodzaju *Linum*.

Descriptors adopted within European Cooperative Programme for Crop Genetic Resources Networks, Textile Crops Working Group for preparation of the International Database of genus *Linum* characteristics and evaluations

## DYSKUSJA

Waloryzacja, która będzie podstawą do opracowywania International Flax Data Base, nie przewiduje określania wybranych cech morfologicznych lnu zwyczajnego, których także w Instytucie Włókien Naturalnych i Roślin Zielarskich zaniechano. Należą do nich: rodzaj wiechy (skupiona, rozpierzchła), ustawienie liści (pod kątem, prostopadłe do łodygi, zwisłe), obrzeże płatków korony (gładkie, karbowane), obecność żyłek na płatkach korony (wyraźne na: 1/3, 1/2, 2/3 długości lub na całej długości), barwa działek kielicha (zielone lub zielone z białymi plamami) i kształt torebek nasiennych (kulisty, stożkowy). W IWNiRZ zaniechano określania wymienionych wyżej cech morfologicznych, zgodnie z przyjętą przez Grupę Roboczą Roślin Włóknistych metodyką przeprowadzania charakterystyki obiektów lnu, ponieważ cechy te nie mają wpływu na ich plonowanie. Metodyka IFDB nie przewiduje także określania długości wiechy, średnicy łodygi w środku jej długości technicznej, liczby rozgałęzień (I rzędu) wiechy oraz wyliczania wysmukłości rośliny, która jest stosunkiem długości technicznej łodygi do jej średnicy w środku długości technicznej wyrażonych w milimetrach. Z określenia tych cech nie zrezygnowano w IWNiRZ co pozwala zorientować się czy dany obiekt lnu zwyczajnego charakteryzuje się cechami typu użytkowego włóknistego, oleistego czy jest to len przejściowy (włóknisto-oleisty). U lnu włóknistego średnica w środku długości technicznej powinna mieścić się w przedziale 1,3–1,7 mm, ponieważ z taką grubością związana jest najlepsza wydajność i jakość włókna (Woyke, Muśnicki, 2003). Z kolei liczba rozgałęzień

(I rzędu) wiechy wpływa na plon nasion (Praczyk i in., 2010). Łodyga lnu włóknistego powinna być wysmukła. Wysmukłość wyrażona liczbą równą lub większą od 500 uważa się za dobrą dla lnu włóknistego (Woyke, Muśnicki, 2003).

Nowymi, dotąd nieokreślanymi deskryptorami, przyjętymi do opracowywania Międzynarodowej Bazy Danych Lnu są: wielkość kwiatu i torebki oraz orzęsienie przegród w torebce (tab. 1).

Z cech botanicznych określano: fazy fenologiczne lnu uprawnego, daty siewu, wschodów (początek, pełnia), kwitnienia (początek, pełnia, koniec) i dojrzałości żółtej. Oceniano także odporność obiektów lnu na wyleganie i fuzariozę w dziewięciostopniowej skali bonitacyjnej według COBORU w Słupi Wielkiej oraz oznaczano długość okresu wegetacji od siewu do dojrzałości żółtej lnu.

Dla IFDB ustala się termin początku kwitnienia na podstawie wskazania liczby dni od siewu do początku kwitnienia. Może on być: bardzo wczesny, wczesny, średnio-wczesny, średnio-późny i późny (tab. 2). W podobny sposób dokonuje się oceny długości wegetacji (do dojrzałości żółtej). W IFDB określa się także odporność wyleganie oraz odporność na najgroźniejszą chorobę lnu czyli fuzariozę (*Fusarium oxysporum* f.sp. *lini*). Odporność na wyleganie określamy następująco: bardzo niska, niska, średnia, wysoka i bardzo wysoka. Precyzyjne określenie terminu początku kwitnienia lnu ułatwi prawidłowe zaplanowanie terminu siewu komponentów do krzyżówek w taki sposób, aby ich kwitnienie przypadało w tym samym czasie, co pozwoli na wykorzystanie wszystkich obiektów do krzyżowania. Do hodowli nie wybiera się obiektów lnu podatnych na fuzariozę i wyleganie, dlatego uruchomienie IFDB umożliwi lepszy i szybszy wybór komponentów do krzyżówek.

Ustalone deskryptory cech rolniczych dla Międzynarodowej Bazy Danych Lnu różnią się, w pewnym zakresie, od stosowanych dotychczas w Instytucie Włókien Naturalnych i Roślin Zielarskich. Wspólne dla obu metodyk są procentowa zawartość włókna w łodydze, plon włókna i plon nasion (tab. 3). Ponadto w IWNiRZ ocenia się także plon słomy oraz określa się masę uzyskanych nasion z poletka doświadczalnego. Natomiast w Międzynarodowej Bazie Danych Lnu, która w swoich założeniach ma uwzględniać wyłącznie bardzo ważne dane o obiektach, następujące deskryptory: zawartość oleju w nasionach, plon oleju oraz zawartość linolenowego kwasu tłuszczowego. Kwas alfa-linolenowy to niezbędny, nienasycony kwas tłuszczowy o bardzo korzystnym wpływie na zdrowie (Silska, Praczyk, 2011).

Celem waloryzacji lnu pod względem procentowej zawartości tłuszczu w nasionach oraz składu kwasów tłuszczowych, przekazano do badań w Instytucie Hodowli i Aklimatyzacji Roślin — PIB w Poznaniu 18 genotypów lnu zwyczajnego. Procentowa zawartość tłuszczu w nasionach wynosiła od 37,4% — ród RJ15 do 42,7% u odmiany Bukoz (Silska, Praczyk, 2012). Ocena procentowej zawartości tłuszczu w nasionach jest wspólna dla obu metodyk (tab. 3). Natomiast nowymi deskryptorami do opracowania Międzynarodowej Bazy Danych są plon tłuszczu oraz procentowa zawartość kwasu alfa-linolenowego, która mieściła się w przedziale od 50,9% — ród LG-0,1-36 do 59,2% u odmiany Bukoz (Silska, Praczyk, 2012). U odmian Bukoz i Szafir zawartość kwasu linolenowego była bardzo wysoka, a u pozostałych 16 genotypów lnu — wysoka (Nozkowa, 2011).

#### PODSUMOWANIE I WNIOSKI

1. Instytut Włókien Naturalnych i Roślin Zielarskich bierze udział w programie European Cooperative Programme for Plant Genetic Resources (flax). Celem międzynarodowej współpracy jest opracowanie Międzynarodowej Bazy Danych Lnu — części paszportowej oraz bazy danych charakterystyki i ewaluacji kolekcji lnu, zgromadzonej w Polsce.
2. Rozpoczęto opracowanie drugiej części Międzynarodowej Bazy Danych Lnu, czyli charakterystyki i ewaluacji obiektów lnu pod względem cech morfologicznych, biologicznych i rolniczych, według metodyki IFDB.
3. Obowiązująca od 1982 roku metodyka oceny kolekcji lnu, różniła się częściowo od metodyki, która powstała w wyniku prac Grupy Roboczej Roślin Włóknistych.
4. Opracowanie części paszportowej Międzynarodowej Bazy Danych Lnu umożliwi zidentyfikowanie duplikatów co, z kolei pozwoli na zmniejszenie liczby przechowywanych obiektów oraz obniżenie kosztów ich długoterminowego przechowywania.
5. Obecnie Instytut Włókien Naturalnych i Roślin Zielarskich wprowadza nowe deskryptory, służące do opracowywania Międzynarodowej Bazy Danych Lnu.
6. Charakterystyka i ewaluacja genotypów lnu umożliwi bardziej efektywny wybór komponentów w procesie hodowli nowych odmian. Gotowa baza danych charakterystyki i ewaluacji lnu ułatwi prawidłowo zaplanować siew komponentów do krzyżówek i wykonanie wszystkich kombinacji krzyżówek podczas hodowli lnu.
7. Powstanie bazy danych charakterystyki i ewaluacji obiektów lnu, w oparciu o deskryptory Międzynarodowej Bazy Danych, pozwoli na łatwiejszą i szybszą analizę cech morfologicznych, biologicznych i rolniczych tych obiektów.

#### LITERATURA

- Nozkowa J. 2011. Descriptors list for flax (*Linum usitatissimum* L.). Agritec, Reasearch, Breeding & Services, Ltd.
- Pavelek M. Descriptors for the evaluation of flax. Workshop summary of the second meeting of the Flax Breeding Research Group of the European Cooperative Network on Flax, 8–9 November 1994, Brno, Czech Republic.
- Pavelek M. 2006. First meeting of a Working Group on Fibre Crops (Flax and Hemp) International Plant Genetic Resources Institute, Newsletter for Europe 33.
- Praczyk M., Bocianowski J., Silska G. 2010. Analiza zmienności wybranych cech ilościowych w kolekcji lnu włóknistego (*Linum usitatissimum* L.). Zesz. Probl. Post. Nauk Rol. 555: 339 — 345.
- Silska G. 2004. Ochrona zasobów genowych z rodzaju *Linum*. Zesz. Probl. Post. Nauk Rol. 497: 131 — 139.
- Silska G., Praczyk M. 2009. Obowiązujące podstawy prawne i metody ochrony zasobów genowych roślin w Polsce na przykładzie gatunków z rodzaju *Linum*. Herba Polonica 55 (3): 319 — 328.
- Silska G., Praczyk M. 2011. Nasiona lnu i olej lniany to cenne źródło kwasów tłuszczowych Omega 3. Biuletyn Informacyjny Polskiej Izby Lnu i Konopi. Len i Konopie 17: 50 — 56.
- Silska G., Praczyk M. 2012. Ocena obiektów lnu oleistego (*Linum usitatissimum* L.) Rośliny Oleiste. Tom XXXIII: 127 — 138.
- Woyke T., Muśnicki Cz. 2003. Len. W: Szczegółowa uprawa roślin. Pod redakcją Jasińska Z. i Kotecki A., AR Wrocław: 527 — 546.



**MARCIN PRACZYK****GRAŻYNA SILSKA**

Instytut Włókien Naturalnych i Roślin Zielarskich w Poznaniu

## Analiza zmienności i sposobu dziedziczenia komponentów struktury plonu lnu włóknistego (*Linum usitatissimum* L.)

### Variability and inheritance of yield components in fiber flax (*Linum usitatissimum* L.)

Przeprowadzono ocenę zmienności oraz analizę genetyczną sześciu cech ilościowych włóknistej formy lnu uprawnego (*Linum usitatissimum* L.) mających istotny wpływ na plonowanie. Analizowano: długość techniczną, ogólną zawartość włókna w łodydze, plon słomy, liczbę torebek nasiennych, masę 1000 nasion oraz plon nasion. Materiał roślinny stanowiły cztery odmiany rodzicielskie oraz sześć mieszańców pokoleń  $F_1$  i  $F_2$ , otrzymane w wyniku krzyżowania form rodzicielskich w układzie diallelicznym, według drugiego modelu Griffinga. Analizę zmienności badanych cech przeprowadzono za pomocą jednowymiarowych metod statystycznych (średnia, współczynnik zmienności). Analiza genetyczna obejmowała wybrane parametry genetyczne Mather'a (ocena addytywnego bądź nieaddytywnego działania genów, średni stopień dominacji) oraz ocenę odziedziczalności cech w szerokim i wąskim sensie. Obserwowano małą zmienność wszystkich analizowanych cech ilościowych, zarówno w pokoleniu  $F_1$ , jak i  $F_2$ . Silnie zróżnicowana była natomiast odziedziczalność badanych cech, tak w sensie szerokim, jak i wąskim. Dla zdecydowanej większości cech odnotowano również addytywny sposób dziedziczenia. Przewagę nieaddytywnego działania genów obserwowano tylko dla ogólnej masy nasion. Świadczy to o możliwości prowadzenia efektywnej selekcji pod kątem większości cech użytkowych lnu włóknistego, w segregującym pokoleniu mieszańców  $F_2$ .

**Słowa kluczowe:** cechy ilościowe, dziedziczenie, len włóknisty

Evaluation of variability and genetic analysis of six quantitative traits of fiber flax (*Linum usitatissimum* L.) was conducted. Analyses included: seed yield, 1000 seeds weight, seed capsules number, straw yield, technical length and total fiber content. Plant materials were: four parental flax varieties and six hybrids ( $F_1$  and  $F_2$ ) obtained by diallelic crossing of parental forms (second model of Griffing). Variability analysis was performed by one-dimensional statistical methods (mean, variability coefficient). Genetic analysis consisted of selected Mather's genetic parameters (additive and non-additive gene action assessment, the average dominance degree) as well as heritability evaluation in narrow and broad sense. Low diversity of all tested traits (in  $F_1$  and  $F_2$  generation) was observed, but differences in heritability (in narrow and broad sense) were large. For the vast majority of traits an additive inheritance has been reported. The domination of non-additive gene action was observed only

for seed yield. This shows the ability to conduct an effective selection for most of functional traits of the fiber flax in segregating generation of hybrids ( $F_2$ ).

**Key words:** fiber flax, inheritance, quantitative traits

## WSTĘP

Len uprawny (*Linum usitatissimum* L.), zarówno typ użytkowy włóknisty, jak i oleisty, jest gatunkiem uprawianym na małym obszarze. Ogólna powierzchnia upraw lnu włóknistego w roku 2009, wynosiła zaledwie 344996 ha (Faostat, 2009). Główną przyczyną takiego stanu rzeczy jest zastąpienie włókna lnianego bawełnianym i syntetycznym oraz wysoki koszt wyrobów z włókien naturalnych. Len włóknisty uprawiany jest głównie w Chinach (91000 ha), we Francji (76000 ha), na Białorusi (64785 ha) i w Rosji (63600 ha) (Faostat, 2009). W Polsce powierzchnia uprawy uległa zmniejszeniu ze 100 000 ha na przełomie lat siedemdziesiątych i osiemdziesiątych XX wieku, do 2 000 hektarów w roku 2009 (Faostat, 2009). Nowe odmiany lnu muszą stanowić podstawę do uzyskania wymiernego zysku ekonomicznego. Dawniej, głównym kryterium decydującym o opłacalności uprawy lnu włóknistego był wysoki plon włókna (Trouve, 1996; Van den Over i in., 2003). Obecnie, najbardziej opłacalna jest uprawa tzw. odmian „dwucelowych” (ang. dual purpose varieties), które łączą w sobie wysoki plon słomy, włókna i nasion (Foster i in., 1997, 1998, 2000; Bacelis, 2001).

Do najważniejszych kierunków hodowli lnu włóknistego należą:

- wysoki plon słomy,
- wysoki plon włókna, o dobrej jakości,
- możliwie wysoki plon nasion,
- odporność na choroby grzybowe (głównie rdzę i fuzariozę).

O wartości gospodarczej odmian lnu włóknistego decydują przede wszystkim: plon słomy i nasion oraz zawartość i jakość włókna (Fouil 1989). Wzrost wartości tych cech można osiągnąć poprzez poprawę właściwości ich bezpośrednich komponentów, do których zalicza się: długość ogólną i techniczną roślin, średnicę łodyg, wysmukłość roślin, liczbę rozgałęzień, liczbę torebek nasiennych oraz masę 1000 nasion. Wszystkie cechy lnu włóknistego o istotnym znaczeniu gospodarczym mają charakter ilościowy. Przy klasycznej analizie dziedziczenia cech ilościowych stosowane są metody biometryczne i statystyczne, za pomocą których określana jest zmienność genetyczna i środowiskowa. Zmienność genetyczna przypisywana jest specyficznej działalności poligenów oraz interakcjom pomiędzy poszczególnymi *loci* (epistaza). Klasyczna analiza genetyczna cech ilościowych polega na określeniu sposobu dziedziczenia cech (np. addytywność, dominacja) oraz udziału czynników środowiskowych (odziedziczalność). Celem prezentowanych badań było określenie zmienności i sposobu dziedziczenia sześciu cech ilościowych lnu włóknistego o istotnym znaczeniu gospodarczym.

## MATERIAŁ I METODY

Materiał roślinny stanowiły cztery odmiany rodzicielskie oraz sześć mieszańców pokoleń  $F_1$  i  $F_2$ , otrzymane w wyniku krzyżowania form rodzicielskich w układzie diallelicznym, według drugiego modelu Griffinga (1956) (tab. 1).

Tabela 1

**Wykaz badanych genotypów lnu włóknistego**  
**Examined fiber flax genotypes**

| Genotyp — Genotype  | Liczba porządkowa — Number |
|---------------------|----------------------------|
| Atena               | 1                          |
| Kastycai            | 2                          |
| Vega                | 3                          |
| Escalina            | 4                          |
| Atena × Kastycai    | 5                          |
| Atena × Vega        | 6                          |
| Atena × Escalina    | 7                          |
| Kastycai × Vega     | 8                          |
| Kastycai × Escalina | 9                          |
| Vega × Escalina     | 10                         |

Odmiany rodzicielskie wybrano spośród 50 genotypów lnu włóknistego, których analizę zróżnicowania pod względem prezentowanych cech ilościowych przeprowadzono za pomocą odległości Mahalanobisa. Do doświadczeń wybrano odmiany o największym zróżnicowaniu.

Krzyżowanie odmian prowadzono we wczesnych godzinach rannych w hali vegetacyjnej Zakładu Doświadczalnego Instytutu Włókien Naturalnych i Roślin Zielarskich w Pętkowie (woj. wielkopolskie). Kwiaty męskie kastrowano mechanicznie, usuwając działki kielicha, płatki korony i pylniki. Następnie zapyłano je pyłkiem form ojcowskich. Kastrację kwiatów męskich prowadzono w stadium „wczesnego pąka”. Po dwóch dniach od wykonania krzyżowania sprawdzano skuteczność zapylenia na podstawie obserwacji rozwijającej się zalążni słupka. W przypadku udanych krzyżowań wykształciły się torebki nasienne, zawierające od 3 do 10 nasion.

Doświadczenie z formami rodzicielskimi i mieszańcami pokolenia  $F_1$  przeprowadzono w 2009 roku, w Zakładzie Doświadczalnym IWNiRZ w Pętkowie. Ze względu na małą liczbę nasion pokolenia  $F_1$ , doświadczenie przeprowadzono w wazonach wysiewając 30 nasion w wazonie z każdego obiektu. Dziesięć badanych genotypów lnu wysiano w czterech powtórzeniach. Doświadczenie z formami rodzicielskimi i mieszańcami pokolenia  $F_2$  przeprowadzono na poletkach doświadczalnych, zlokalizowanych również w Pętkowie. Doświadczenie założono metodą losowanych bloków w czterech powtórzeniach na glebie płowej, klasy IV B, w stanowisku po burakach cukrowych. Nasiona wysiano punktowo (co 5 cm) na poletkach 4 — rzędowych o długości rzędów 140 cm i rozstawie 15 cm.

W obu powyżej scharakteryzowanych doświadczeniach, badane genotypy lnu analizowano pod względem następujących cech ilościowych:

- Długość techniczna — długość techniczną roślin określono mierząc rośliny od górnej krawędzi szyjki korzeniowej do nasady najniższego rozgałęzienia wiechy;
- Zawartość włókna w łodydze — zawartość włókna ogółem określono według normy PN-91/P-04684, stosując roszenie biologiczne. Pomiary prowadzono na próbie 30 roślin w każdym powtórzeniu. Wynik stanowił średnią z 3 powtórzeń. Łodygi analizowanych roślin ważono i umieszczano w wodzie o temperaturze 32°C. W wyniku procesu rosznienia nastąpiło oddzielenie pęczków włókna od tkanki drewnika. Włókno z łodyg wydobywano ręcznie w kąpieli wodnej. Następnie włókno wysuszono i pozbawiono paździerzy. Oczyszczone w ten sposób włókno ważono i określano jego procentową zawartość według wzoru;

$$X = \frac{A(100 + C)}{B}$$

*A* — masa wysuszonego włókna (g),

*B* — wilgotność słomy (%),

*C* — masa początkowa słomy (g);

- Masa słomy z poletka/wazonu — masa roślin po odziarnieniu i usunięciu korzeni;
- Liczba torebek nasiennych na roślinie;
- Masa 1000 nasion (MTN) — za MTN przyjęto średnią z 3 prób liczących po 100 nasion z każdego obiektu;
- Masa nasion z poletka/wazonu.

Wszystkie badane cechy określono na próbach 30 losowo wybranych roślin z każdego poletka lub wazonu. Po wykonaniu pomiarów biometrycznych przeprowadzono ocenę zmienności odmian pod względem analizowanych cech. Zmienność obliczono za pomocą jednowymiarowych metod statystycznych (średnia, współczynnik zmienności). Analiza dziedziczenia obejmowała wybrane parametry genetyczne Mathera (Mather i Jinks, 1982) oraz odziedziczalność badanych cech (współczynniki odziedziczalności) w szerokim i wąskim sensie. Do obliczeń statystycznych wykorzystano program DGH 2.

## WYNIKI

Przeprowadzona analiza wariancji wykazała istotność różnic pomiędzy badanymi genotypami lnu włóknistego pod względem wszystkich badanych cech, zarówno w pokoleniu F<sub>1</sub> jak i F<sub>2</sub> (wyniki nie prezentowane).

Największą długością techniczną w pokoleniu F<sub>1</sub> charakteryzowały się odmiany Vega i Escalina, natomiast najmniejszą kombinacja Atena × Escalina (tab. 2). W pokoleniu F<sub>2</sub> największą długość techniczną obserwowano w kombinacji Kastycal × Escalina, natomiast największą zawartość włókna ogółem, w przypadku odmiany Escalina, która charakteryzowała się wysoką zawartością włókna również w doświadczeniu przeprowadzonych w hali wegetacyjnej (pokolenie F<sub>1</sub>). Największą masą słomy w pokoleniu F<sub>1</sub> charakteryzowała się odmiana Vega, natomiast w pokoleniu F<sub>2</sub> kombinacje: Atena × Vega, Kastycal × Vega i Kastycal × Escalina (tab. 2). Największą liczbą torebek nasiennych w doświadczeniu z pokoleniem F<sub>1</sub> charakteryzowała się kombinacja Vega × Escalina, natomiast w doświadczeniu z pokoleniem F<sub>2</sub> odmiana Escalina (tab. 2).

Tabela 2

**Średnie wartości badanych cech ilościowych lnu włóknistego w doświadczeniach z odmianami rodzicielskimi oraz mieszańcami pokoleń F<sub>1</sub> i F<sub>2</sub> (Pętkowo 2009–2010)**  
**Average values of tested quantitative traits of fiber flax in experiments with parental varieties and F<sub>1</sub> and F<sub>2</sub> hybrids**

| Genotyp<br>Genotype  | Długość techniczna (cm)<br>Technical length |                | Zawartość włókna (%)<br>Total fiber content |                | Masa słomy (g)<br>Straw yield |                | Liczba torebek nasiennych na roślinie<br>Number of bolls |                | Masa 1000 nasion (g)<br>1000 seeds weight |                | Ogólna masa nasion (g)<br>Seed yield |                |
|----------------------|---------------------------------------------|----------------|---------------------------------------------|----------------|-------------------------------|----------------|----------------------------------------------------------|----------------|-------------------------------------------|----------------|--------------------------------------|----------------|
|                      | F <sub>1</sub>                              | F <sub>2</sub> | F <sub>1</sub>                              | F <sub>2</sub> | F <sub>1</sub>                | F <sub>2</sub> | F <sub>1</sub>                                           | F <sub>2</sub> | F <sub>1</sub>                            | F <sub>2</sub> | F <sub>1</sub>                       | F <sub>2</sub> |
| Atena                | 86,4                                        | 56,1           | 22,5                                        | 22,0           | 57,0                          | 1700           | 4,0                                                      | 17,6           | 4,5                                       | 4,1            | 7,1                                  | 4,5            |
| Kastyciai            | 84,9                                        | 57,1           | 20,4                                        | 21,4           | 53,0                          | 1600           | 5,4                                                      | 20,8           | 3,4                                       | 3,1            | 6,5                                  | 4,7            |
| Vega                 | 94,2                                        | 58,2           | 20,8                                        | 16,3           | 69,0                          | 1700           | 6,2                                                      | 24,5           | 4,1                                       | 4,1            | 9,8                                  | 6,0            |
| Escalina             | 89,3                                        | 61,8           | 23,5                                        | 22,4           | 49,0                          | 1500           | 2,6                                                      | 16,9           | 3,5                                       | 3,5            | 2,5                                  | 4,1            |
| Atena × Kastyciai    | 85,9                                        | 57,9           | 19,7                                        | 17,4           | 51,9                          | 2100           | 4,3                                                      | 17,8           | 3,9                                       | 3,9            | 7,2                                  | 5,2            |
| Atena × Vega         | 88,7                                        | 57,5           | 24,2                                        | 17,7           | 58,0                          | 2200           | 5,1                                                      | 21,0           | 4,3                                       | 4,8            | 8,4                                  | 5,8            |
| Atena × Escalina     | 74,0                                        | 60,5           | 19,5                                        | 17,6           | 46,0                          | 2000           | 5,7                                                      | 15,9           | 4,3                                       | 3,7            | 9,4                                  | 4,5            |
| Kastyciai × Vega     | 86,2                                        | 59,5           | 18,3                                        | 16,6           | 60,0                          | 2200           | 5,7                                                      | 20,5           | 3,7                                       | 4,0            | 8,2                                  | 5,8            |
| Kastyciai × Escalina | 77,2                                        | 62,2           | 18,6                                        | 16,8           | 48,0                          | 2200           | 6,2                                                      | 17,7           | 3,7                                       | 3,7            | 7,2                                  | 5,1            |
| Vega × Escalina      | 81,7                                        | 61,3           | 16,8                                        | 15,5           | 53,0                          | 2100           | 6,4                                                      | 20,6           | 3,9                                       | 3,7            | 9,3                                  | 5,9            |

W doświadczeniu z odmianami rodzicielskimi i mieszańcami pokolenia F<sub>1</sub> największą masę 1000 nasion stwierdzono dla polskiej odmiany Atena, natomiast w doświadczeniu z formami rodzicielskimi i mieszańcami pokolenia F<sub>2</sub> — dla kombinacji Atena × Vega. Ogólna masa nasion w obu przeprowadzonych doświadczeniach była największa w przypadku odmiany Vega (tab. 2).

Obserwowano małą zmienność wszystkich badanych cech ilościowych (tab. 3).

Tabela 3

**Zmienność sześciu cech ilościowych lnu włóknistego w doświadczeniu z odmianami rodzicielskimi i mieszańcami pokoleń F<sub>1</sub>/F<sub>2</sub> (Pętkowo 2009–2010)**  
**Variability of six quantitative traits of fiber flax in experiment with parental varieties and F<sub>1</sub>/F<sub>2</sub> hybrids (Pętkowo, 2009–2010)**

| Cecha<br>Trait                               | Średnia<br>Mean                                    | Współczynnik zmienności (%)<br>Variability coefficient (%) | Średnia<br>Mean               | Współczynnik zmienności (%)<br>Variability coefficient (%) |
|----------------------------------------------|----------------------------------------------------|------------------------------------------------------------|-------------------------------|------------------------------------------------------------|
|                                              | F <sub>1</sub> (hala wegetacyjna) — Growth chamber |                                                            | F <sub>2</sub> (pole) — field |                                                            |
| Długość techniczna (cm)<br>Technical length  | 84,8                                               |                                                            | 59,2                          |                                                            |
| Zawartość włókna (%)<br>Total fiber content  | 20,4                                               |                                                            | 18,4                          |                                                            |
| Masa słomy (g)<br>Straw yield                | 54,5                                               |                                                            | 1930                          |                                                            |
| Liczba torebek nasiennych<br>Number of bolls | 5,2                                                |                                                            | 19,3                          |                                                            |
| Masa 1000 nasion (g)<br>1000 seeds weight    | 3,9                                                |                                                            | 3,9                           |                                                            |
| Masa nasion (g)<br>Seed yield                | 7,6                                                |                                                            | 5,2                           |                                                            |

W doświadczeniu z mieszańcami pokolenia  $F_1$  największą zmienność analizowanych cech stwierdzono dla masy nasion oraz liczby torebek nasiennych. Najmniejszą zmiennością charakteryzowała się długość techniczna. W doświadczeniu z mieszańcami pokolenia  $F_2$  natomiast największą zmienność obserwowano w przypadku masy słomy i zawartości włókna, natomiast najmniejszą ponownie w przypadku długości technicznej (tab. 3).

W pokoleniu  $F_1$ , zdecydowana większość badanych cech (pięć z sześciu) charakteryzowała się addytywnym sposobem dziedziczenia. Tylko ogólna zawartość włókna wykazywała przewagę nieaddytywnego sposobu dziedziczenia. Największą przewagę addytywnego dziedziczenia odnotowano dla długości technicznej (tab. 4). W pokoleniu  $F_2$  również odnotowano przewagę addytywnego sposobu dziedziczenia dla pięciu analizowanych cech z tym, że nieaddytywność wystąpiła w przypadku ogólnej masy nasion. Największą przewagę addytywnego sposobu dziedziczenia stwierdzono dla zawartości włókna (tab. 4).

Tabela 4

**Parametry genetyczne Mathera dla 6 analizowanych cech ilościowych w pokoleniach  $F_1$  i  $F_2$**   
**Mather's genetic parameters for six tested traits in  $F_1$  and  $F_2$  generation**

| Cecha<br>Trait                               | F <sub>1</sub> (hala wegetacyjna)<br>F <sub>1</sub> (Growth chamber) |                | F <sub>2</sub> (pole)<br>F <sub>2</sub> (field) |                |
|----------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------|----------------|-------------------------------------------------|----------------|
|                                              | D                                                                    | H <sub>1</sub> | D                                               | H <sub>1</sub> |
| Długość techniczna<br>Technical length       | 81,5                                                                 | 11,1           | 9,6                                             | 7,2            |
| Zawartość włókna<br>Total fiber content      | 1,3                                                                  | 14,6           | 9,4                                             | 3,1            |
| Masa słomy<br>Straw yield                    | 68,7                                                                 | 66,0           | 0,05                                            | 0,02           |
| Liczba torebek nasiennych<br>Number of bolls | 1,9                                                                  | 0,3            | 6,7                                             | 3,4            |
| Masa 1000 nasion<br>1000 seeds weight        | 0,16                                                                 | 0,15           | 0,1                                             | 0,05           |
| Ogólna masa nasion<br>Seed yield             | 5,8                                                                  | 4,7            | 0,2                                             | 0,7            |

D — addytywność; additive effect

H<sub>1</sub> — nieaddytywność; non-additive effect

W pokoleniu  $F_1$  obserwowano wysoką odziedziczalność w szerokim sensie dla wszystkich badanych cech ilościowych. Współczynniki odziedziczalności zawierały się w przedziale 0,79–0,99. Najwyższą odziedziczalnością w szerokim sensie charakteryzowała się masa słomy (tab. 5). Współczynniki odziedziczalności w wąskim sensie dla badanych cech były wyraźnie niższe i zawierały się w przedziale 0,22–0,89. Najwyższą odziedziczalność w wąskim sensie odnotowano dla długości technicznej (tab. 5).

W pokoleniu  $F_2$  obserwowano niższą odziedziczalność badanych cech ilościowych niż w pokoleniu  $F_1$ . Współczynniki odziedziczalności w szerokim sensie zawierały się w przedziale 0,31–0,82 i 0,19–0,60, w wąskim sensie. Najwyższą odziedziczalnością zarówno w szerokim, jak i wąskim sensie charakteryzowała się długość techniczna (tab. 5).

Tabela 5

**Odziedziczalność 6 badanych cech ilościowych lnu w pokoleniach F<sub>1</sub> i F<sub>2</sub>**  
**Heritability of six tested traits in F<sub>1</sub> and F<sub>2</sub> generation**

| Cecha<br>Trait                               | Odziedziczalność cech w pokoleniu F <sub>1</sub><br>(hala wegetacyjna)<br>Heritability of tested traits in F <sub>1</sub><br>(growth chamber) |                                    | Odziedziczalność cech w pokoleniu F <sub>2</sub> (pole)<br>Heritability of tested traits in F <sub>2</sub> (field) |                                    |
|----------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------|
|                                              | w szerokim sensie<br>in broad sense                                                                                                           | w wąskim sensie<br>in narrow sense | w szerokim sensie<br>in broad sense                                                                                | w wąskim sensie<br>in narrow sense |
| Długość techniczna<br>Technical length       | 0,94                                                                                                                                          | 0,89                               | 0,82                                                                                                               | 0,60                               |
| Zawartość włókna<br>Total fiber content      | 0,94                                                                                                                                          | 0,22                               | 0,78                                                                                                               | 0,59                               |
| Masa słomy<br>Straw yield                    | 0,99                                                                                                                                          | 0,73                               | 0,31                                                                                                               | 0,24                               |
| Liczba torebek nasiennych<br>Number of bolls | 0,79                                                                                                                                          | 0,71                               | 0,49                                                                                                               | 0,36                               |
| Masa 1000 nasion<br>1000 seeds weight        | 0,97                                                                                                                                          | 0,68                               | 0,63                                                                                                               | 0,48                               |
| Ogólna masa nasion<br>Seed yield             | 0,96                                                                                                                                          | 0,56                               | 0,57                                                                                                               | 0,19                               |

### DYSKUSJA

Prezentowane badania dotyczyły analizy sześciu cech użytkowych lnu, istotnych pod względem hodowli odmian, łączących w sobie wysoki plon włókna i nasion. Uprawa tychże odmian jest zdecydowanie bardziej opłacalna, przez co stanowi obecnie ważny kierunek prac hodowlanych (Scheer-Treibel i in., 1997; Vasile, 2008). Wiele autorów zwraca uwagę na korelacje pomiędzy cechami składowymi (długość techniczna, plon słomy, liczba torebek nasiennych, masa 1000 nasion) a finalnymi cechami użytkowymi (zawartość włókna, plon nasion), decydującymi bezpośrednio o ekonomicznych korzyściach uprawy lnu. Doświadczenia omawiane w niniejszej pracy były prowadzone w różnych warunkach siedliskowych i agrotechnicznych. Doświadczenie z formami rodzicielskimi i mieszańcami pokolenia F<sub>1</sub> przeprowadzono w hali wegetacyjnej. Spowodowane było to otrzymaniem niewielkiej liczby nasion po krzyżowaniu odmian rodzicielskich. Liczba nasion otrzymywanych po krzyżowaniu form rodzicielskich jest w przypadku lnu bardzo mała, co wynika z biologii gatunku (Murty i in., 1967). W dodatku, niekorzystne warunki pogodowe, panujące w okresie krzyżowania roślin (wysoka temperatura powietrza) były powodem niższej niż zwykle skuteczności krzyżowania (efektywność krzyżowania wynosiła 74%). Liczba nasion otrzymana w wyniku samozapylenia roślin pokolenia F<sub>1</sub> pozwoliła na założenie doświadczenia polowego z formami rodzicielskimi i mieszańcami pokolenia F<sub>2</sub>. Jednak nasiona, z uwagi na ograniczoną ilość trzeba było wysiewać punktowo, w obsadzie znacznie mniejszej niż w doświadczeniu wstępnym. Większa natomiast była szerokość międzyrzędzi, co w naturalny sposób wpłynęło na pokrój roślin i wartości badanych cech.

Jednym z głównych problemów hodowli włóknistych form lnu jest mała zmienność najważniejszych cech użytkowych (Diederichsen, 2001; Fu i Diederichsen, 2006). Jest to

w dużym stopniu spowodowane niewielkim zróżnicowaniem genetycznym form uprawnych lnu włóknistego. Wprawdzie rodzaj *Linum* liczy około 200 gatunków istotnie różniących się pomiędzy sobą pod względem wielu różnych cech, jednak formę uprawną stanowi tylko jeden gatunek — len uprawny (*Linum usitatissimum* L.). Potwierdziło się to również w omawianych doświadczeniach, w których (zarówno w pokoleniu  $F_1$ , jak i  $F_2$ ) zmienność badanych genotypów była bardzo niska. Większą zmienność niektórych cech (długość techniczna, liczba torebek nasiennych, plon nasion) w pokoleniu  $F_1$ , w porównaniu do pokolenia  $F_2$ , można wytłumaczyć efektem heterozji występującym w pokoleniu  $F_1$ , będącego wynikiem naddominacji genów oraz wynikającymi z tego efektami specyficznej zdolności kombinacyjnej mieszańców pokolenia  $F_1$ . W pokoleniu  $F_2$  efekt heterozji wyraźnie się zmniejsza, stąd zmienność cech była generalnie niższa.

Doniesienia literaturowe podkreślają, że zdecydowana większość cech użytkowych lnu wykazuje przewagę addytywnego sposobu dziedziczenia (Kumar i in., 1994; Kurt i Evans, 1998). Wyjątek stanowi zawartość włókna w łodydze, która determinowana jest głównie przez geny dominujące (Pavelek, 1980; Khotyleva i in., 1997). Z kolei masa nasion wykazuje w pokoleniu  $F_1$  dziedziczenie po linii matecznej, natomiast w pokoleniu  $F_2$  warunkowana jest w przeważającej części przez geny dominujące (Smith i Aksel, 1974; Tyson, 1989). W przeprowadzonych badaniach otrzymano wyniki w większości potwierdzające doniesienia literaturowe odnośnie sposobu dziedziczenia cech wpływających na plon nasion lnu oraz zawartości włókna i długości technicznej. Dla długości technicznej, masy słomy, liczby torebek nasiennych i MTN obserwowano addytywny sposób dziedziczenia, zarówno w pokoleniu  $F_1$ , jak i  $F_2$ . Można zatem stwierdzić, że w procesie hodowli nowych odmian, pod względem tych cech, skuteczna jest selekcja we wczesnych pokoleniach mieszańców (Sood i in., 2007). Inny charakter dziedziczenia wykazano dla zawartości włókna. W tym przypadku, w pokoleniu  $F_1$  odnotowano wyraźną przewagę genów dominujących, natomiast w pokoleniu  $F_2$  stwierdzono większy wpływ addytywnego działania genów. Sugeruje to skomplikowany sposób dziedziczenia cechy i prowadzenie selekcji dopiero po homozygotyzacji form mieszańcowych i ich ustabilizowaniu genetycznym.

W omawianym doświadczeniu, współczynniki odziedziczalności w szerokim sensie, w pokoleniu  $F_1$ , dla zdecydowanej większości badanych cech były bardzo wysokie. Podobne wyniki otrzymali Popescu i in. (1999). Obliczone przez nich współczynniki odziedziczalności, w szerokim sensie, w pokoleniu  $F_1$  wynosiły 0,99 dla MTN, 0,97 dla wysokości roślin, 0,92 dla liczby torebek nasiennych i 0,91 dla plonu nasion. Ci sami autorzy w badaniach opublikowanych rok wcześniej podają, że współczynnik odziedziczalności, w szerokim sensie, dla zawartości włókna wynosił w pokoleniu  $F_1$  0,94, a w pokoleniu  $F_2$  0,95. Dla większości cech współczynniki odziedziczalności w szerokim sensie były zdecydowanie niższe w pokoleniu  $F_2$ , co mogło być spowodowane różnicami siedliskowymi w przeprowadzonych doświadczeniach i znajduje potwierdzenia w doniesieniach wielu autorów. Współczynniki odziedziczalności w wąskim sensie były dla wszystkich badanych cech niższe niż w sensie szerokim, zarówno w pokoleniu  $F_1$ , jak i  $F_2$ . Cechą o wysokiej odziedziczalności w wąskim sensie, zarówno w pokoleniu  $F_1$ , jak i  $F_2$  była długość techniczna. Współczynniki odziedziczalności w wąskim sensie pozostałych

cech, zwłaszcza w pokoleniu  $F_2$ , były niskie. Wyjątkiem była zawartość włókna, która charakteryzowała się bardzo niską odziedziczalnością w wąskim sensie w pokoleniu  $F_1$  oraz stosunkowo wysoką w pokoleniu  $F_2$ . Można zatem stwierdzić, że na długość techniczną i końcową zawartość włókna badanych genotypów lnu włóknistego duży wpływ miały czynniki genetyczne, a w niewielkim stopniu, czynniki środowiskowe, co pozwala w wysokim stopniu przewidzieć program selekcji pod ich kątem.

#### WNIOSKI

1. Obserwowano małą zmienność badanych dziesięciu genotypów lnu włóknistego pod względem sześciu cech użytkowych. Dowodzi to o trudności w otrzymaniu wysokoefektywnych mieszańców w procesie konwencjonalnego krzyżowania odmian.
2. Na podstawie analizy krzyżowań diallelicznych w przeprowadzonym doświadczeniu, stwierdzono addytywny sposób dziedziczenia, zarówno w pokoleniu  $F_1$  jak i  $F_2$ , zdecydowanej większości badanych cech ilościowych. Świadczy to o możliwości prowadzenia efektywnej selekcji pod kątem tych cech w segregującym pokoleniu mieszańców  $F_2$ . Dominujący sposób dziedziczenia stwierdzono dla ogólnej masy nasion w pokoleniu  $F_2$  oraz dla zawartości włókna w pokoleniu  $F_1$ . Selekcja pod względem tych cech powinna być zatem prowadzona najwcześniej w pokoleniu  $F_5$ , gdy hodowca dysponuje materiałem w znacznej części homozygotycznym.
3. Analiza mieszańców pokoleń  $F_1$  i  $F_2$  pod względem badanych cech ilościowych wykazała wysoką odziedziczalność w szerokim sensie dla długości technicznej i zawartości włókna. Wysoką odziedziczalność w wąskim sensie odnotowano tylko dla długości technicznej.

#### LITERATURA

- Bacelis K. 2001. Breeding of the new fiber flax cultivars. Natural Fibres — Włókna Naturalne. Special ed. Proc. Conf. Bast Plants in the New Millennium, 3–6 June 2001, Borovets, Bulgaria. 1: 187 — 191.
- Diederichsen A. 2001. Comparison of genetic diversity of flax (*Linum usitatissimum* L.) between Canadian cultivars and a world collection. Plant Breed. 120: 360 — 362.
- Foster R., Pooni H., Mackay I. 1997. Quantitative evaluation of *Linum usitatissimum* L. varieties for dual purpose traits. J. Agri. Sci. 129 (2): 179 — 185.
- Foster R., Pooni H., Mackay I. 1998. Quantitative analysis of *Linum usitatissimum* L. crosses for dual purpose traits. J. Agric. Sci. 131 (3): 285 — 292.
- Foster R., Pooni H., Mackay I. 2000. The potential of selected *Linum usitatissimum* L. crosses for producing recombinant inbred lines with dual purpose characteristics. J. Agric. Sci., 134(4): 399 — 404.
- Fouil G. 1989. Breeding flax methods. FLAX: Breeding and utilization. Monographic. Marshall (ed.): 14 — 25.
- Fu Y-B., Diederichsen A. 2006. Phenotypic and molecular (RAPD) differentiation of four intraspecific groups of cultivated flax (*Linum usitatissimum* subs. *usitatissimum*). Genet. Resour. Crop Evol. 53: 77 — 90.
- Griffing B. 1956. Concepts of general and specific combining ability in relation to diallel crossing systems. Aust. J. Biol. Sci. 9: 436 — 493.
- Khotyleva L., Polonetskaya L., Poskannaya S. 1997. Genetic control of fibre and seed productivity determined from diallel crosses in linseed. Genetika Moskva, 33 (6): 800 — 803.
- Kumar M., Singh P., Maurya D., Singh B. 1994. Additive, dominance and epistatic variation for yield and its components in *Linum usitatissimum*. Ind. J. Genet. 54: 18 — 21.

- Kurt O., Evans. G. 1998. Genetic basis of variation in linseed (*Linum usitatissimum* L.) cultivars. Tr. J. Agric. For. 22: 373 — 379.
- Mather K., Jinks J. L. 1982. Biometrical Genetics. Chapman & Hall, New York, NY.
- Murty B., Arunacha V., Anand I. 1967. Diallel and partial diallel analysis of some yield factors in (*Linum usitatissimum* L). Heredity 22: 35 — 41.
- Pavelek M. 1980. Heredity of selected characters and properties of fibre flax and suitable hybrid combinations for characters. Len a Konopi 18: 43 — 57.
- Popescu F., Marinescu I., Vasile I. 1999. Combining ability and heredity of some important traits in linseed breeding. Rom. Agric. Res. 11: 33 — 43.
- Scheer-Triebel M., Krukelmann E., Heyland K. 1997. Yield potential of dual purpose flax (*Linum usitatissimum* L.) for technical use depending on genotype and seed density. Angewandte Botanik 71 (1 — 2): 24 — 30.
- Smith W., Aksel R. 1974. Genetic analysis of seed weight in reciprocal crosses of flax (*Linum usitatissimum* L.). Theor. Appl. Genet. 45: 117 — 121.
- Sood S., Kalia N., Bhateria S., Kumar S. 2007. Detection of genetic components of variation for some biometrical traits in *Linum usitatissimum* L. in sub-mountain Himalayan region. Euphytica 155: 107 — 115.
- Trouve J. P. 1996. Textile flax breeding facing market demand. Comptes Rendus de l'Academie d'Agriculture de France 82 (8): 55 — 63.
- Tyson H. 1989. Genetic control of seed weight in flax (*Linum usitatissimum* L.) and possible implications. Theor. Appl. Genet. 77: 260 — 270.
- Van den Over M., Bas N., van Soest L., Melis C., Van Dam J. 2003. Improved method for fibre content and quality analysis and their application to flax genetic diversity investigations. Ind. Crops Prod. 18: 231 — 243.
- Vasile I. 2008. Efficiency of diverse germplasm and crossing methods in breeding flax. Proc. conf. on Flax and Other Bast Plants: 244 — 248.

<http://www.faostat.fao.org/site/567/desktopdefault.aspx?page/d=567>.

GRAŻYNA MAŃKOWSKA  
ALEKSANDRA LUWAŃSKA  
KAROLINA GRYGOROWICZ  
KAROLINA WIELGUS

Zakład Biotechnologii, Instytutu Włókien Naturalnych i Roślin Zielarskich w Poznaniu

## Inicjacja sterylnych kultur *in vitro* oraz mikropropagacji ślazuwca pensylwańskiego (*Sida hermaphrodita* R.)

### Initiation of *in vitro* cultures and micropropagation of sida (*Sida hermaphrodita* R.)

Ślazuwec pensylwański (*Sida hermaphrodita* R.) może być rozmnażany generatywnie, jak również wegetatywnie przez sadzonki z odcinków korzeni, sadzonki zielne otrzymywane z pędów nadziemnych oraz przez podział podziemnej części na mniejsze fragmenty. Problem jednak stanowi niska zdolność kiełkowania nasion spowodowana twardością okrywy. Z tego powodu zdolność wschodów nawet w sprzyjających warunkach nie przekracza 30–40%. Niedoskonałość tradycyjnych metod rozmnażania ślazuwca, wysoka cena dobrych jakościowo nasion, a także wzrost zainteresowania uprawą ślazuwca na cele bioenergetyczne i przemysłowe były przyczyną podjęcia badań nad mikropropagacją tej rośliny w kulturach *in vitro*. Badania wykazały, że współczynnik rozmnażania dla eksplantatów bocznych jak i wierzchołkowych ma wyższą wartość, przy wykorzystaniu pożywki Murashige i Skoog (MS) zawierającą 30 g/l sacharozy oraz 0,01 mg/l BAP (regulator wzrostu) w porównaniu z tą samą pożywką o stężeniu 0,02 mg/l BAP i wynosił odpowiednio: 5,25 oraz 6,05. Zastosowanie powyższej pożywki zapewniło wysoki odsetek (97%) ukorzenionych, gotowych do aklimatyzacji eksplantatów.

**Słowa kluczowe:** kultury *in vitro*, mikropropagacja, *Sida hermaphrodita*, współczynnik rozmnażania

Sida (*Sida hermaphrodita* R.) can be propagated by both generative and vegetative methods by seedlings obtained from root sections, from above ground shoots and from underground part of the plant fragmented into smaller pieces. The problem in generative propagation is low germination rate of seeds caused by hard shell. This causes germination rate in favourable condition to reach only 30–40%. Imperfection of traditional propagation methods of sida, high price of good quality seeds and growing interest in cultivation of the crop for energy and industrial raw materials caused numerous attempts to propagate the plant by *in vitro* regeneration cultures. The studies on initiation of micro propagation showed that multiplication factor on MS medium, containing 30 g/l sucrose and 0.01 mg/l BAP was 6.05 for apical explants and for lateral explants 5.25 on the same medium. The MS medium provided a high ratio (97%) of rooted explants ready for acclimatization.

**Key words:** *in vitro* culture, micropropagation, multiplication factor, *Sida hermaphrodita*

## WSTĘP

Ślazier pensylwański (*Sida hermaphrodita* R.) pochodzi z Ameryki Północnej i nazywany jest również malwą pensylwańską lub sidą. Do uprawy w Polsce został przywieziony ze Związku Radzieckiego. Jest to roślina wieloletnia, polikarpiczna, o corocznie zamierających pędach (Borkowska, Styk, 2003).

W Polsce, ze względu na warunki klimatyczne możliwość uprawy ślazierca określono na 15–20 lat. Obserwacje trwające blisko 50 lat nie wykazały, aby roślina wymarzała w czasie ostrych zim lub wysychała w czasie upalnych i suchych lat. Dzięki głębokiemu systemowi korzeniowemu odporna jest na okresowe susze (Borkowska, Styk, 2003).

Ślazier pensylwański posiada szeroką tolerancję w stosunku do gleby i klimatu. Może być uprawiany na wszystkich typach gleb, nawet na piaszczystych V klasy bonitacyjnej, pod warunkiem ich dostatecznego uwilgotnienia, a także na terenach zdegradowanych chemicznie, hałdach pokopalnianych, rekultywowanych wysypiskach komunalnych, gdzie pełni rolę fitoremediacyjną. Przedplon dla ślazierca stanowić mogą wszystkie rośliny uprawne, szczególnie korzystnym jest ziemniak uprawiany na oborniku (Borkowska, Styk, 1997).

Ślazier pensylwański może służyć do nasadzeń w pasach przydrożnych, chroniących tereny mieszkalne, pola uprawne czy ogrody przed zanieczyszczeniami komunikacyjnymi. Jako roślina kwitnąca aż do przymrozków jesiennych stanowi również dobry pokarm dla pszczół: jego wydajność miodowa oceniana jest na 110–143 kg/ha (Wróblewska, Kolasa, 1986). W ostatnim dziesięcioleciu ślazier pensylwański jako gatunek wieloletni, o dużym potencjale plonowania znalazł się w kręgu zainteresowania agroenergetyki. Na podstawie dotychczasowych badań można jednoznacznie stwierdzić, iż jego biomasa nadaje się do spalania w postaci zrębków oraz jako surowiec do produkcji brykietów i pelet.

Problemem dla szybkiego wzrostu powierzchni upraw ślazierca pensylwańskiego jest jakość materiału siewnego, wynikająca z niskiej siły kiełkowania nasion - duża liczba nasion twardych, wymagających stratyfikacji, a także ograniczona możliwość rozmnażania wegetatywnego roślin poprzez pędy i korzenie. Nasiona zbierane w warunkach Polski mają małą wartość siewną, w okresie zbioru kiełkują bardzo słabo (1–4%), po 1–2 latach zdolność kiełkowania osiąga maksimum na poziomie 45–70%, a potem maleje (Borkowska, 1988; Doliński i in., 2006).

Z powodu słabego kiełkowania świeżych nasion Borkowska i Styk (2006) zalecają na większych plantacjach wysiewanie nasion 1–2 letnich, a na małych stosowanie rozmnażania wegetatywnego. Opracowanie metody mikropropagacji tego gatunku pozwoliłoby na ominięcie tych barier i uzyskanie efektywnego sposobu namnażania ślazierca.

Celem badań była optymalizacja warunków hodowli *in vitro* oraz opracowanie metodyki mikropropagacji dla uzyskania możliwie wysokiego współczynnika rozmnażania i w konsekwencji możliwości produkcji jak największej liczby sadzonek. Namnażanie roślin tym sposobem przyniosłoby jednocześnie obniżenie kosztów i

skrócenie czasu produkcji, a także zapewniłoby jednolitość materiału roślinnego i standaryzację jakościową produkowanych surowców.

## MATERIAŁ I METODY

### **Inicjacja kultur *in vitro* ślazuwca**

W celu uzyskania czystych siewek ślazuwca pensylwańskiego nasiona odkażono i przeniesiono na pożywkę Murashige i Skoog (MS) zawierającą 0,04 mg/l kinetyny oraz 1 mg/l kwasu giberelinowego. Zastosowane regulatory wzrostu miały na celu przerwanie stanu spoczynku nasion oraz zainicjowanie procesu kiełkowania. Skala doświadczenia obejmowała 300 nasion, umieszczanych po 5 sztuk w naczyniach hodowlanych. Wyszczepianie nasion przeprowadzone było przy maksymalnym zachowaniu warunków sterylności. Hodowla odbywała się w fitotronie, w temperaturze 24°C przy braku dostępu światła.

### **Prowadzenie hodowli**

Po 7 dniach od wyszczepienia kiełkujące nasiona wystawiono na działanie światła w celu dalszego rozwoju siewek. Po 21 dniach od momentu wyszczepienia nasion ze zdrowych, jakościowo siewek wybranych na podstawie obserwacji wyizolowano eksplantaty wierzchołkowe i boczne. Umieszczono je w naczyniach hodowlanych, na pożywkach o różnych stężeniach i rodzajach cytokinin (tab. 1).

Dokonywano obserwacji rozwoju eksplantatów po upływie 7, 14 oraz 21 dniach. Ocenie podlegała liczba wytwarzanych pąków, obecność i wielkość kalusa, ogólna kondycja eksplantatu, występowanie zakażeń mikrobiologicznych.

### **Pasaż**

Doświadczenie na etapie namnażania obejmowało 3 pasaże. Pierwszy pasaż miał miejsce po 28 dniach prowadzenia hodowli, drugi po 28 dniach od pasażu pierwszego, trzeci natomiast po 28 dniach od drugiego. Pomiędzy pasażami dokonywano 3 obserwacji kontrolujących jakość eksplantatów oraz obliczono współczynnik rozmnażania dla poszczególnych regulatorów wzrostu. Podczas każdego z pasaży dzielono uzyskane wieloroślinki na pojedyncze pędy boczne i wierzchołkowe, które umieszczano na pożywce o identycznym składzie jak pierwotnie zastosowane.

### **Ukorzenianie i aklimatyzacja**

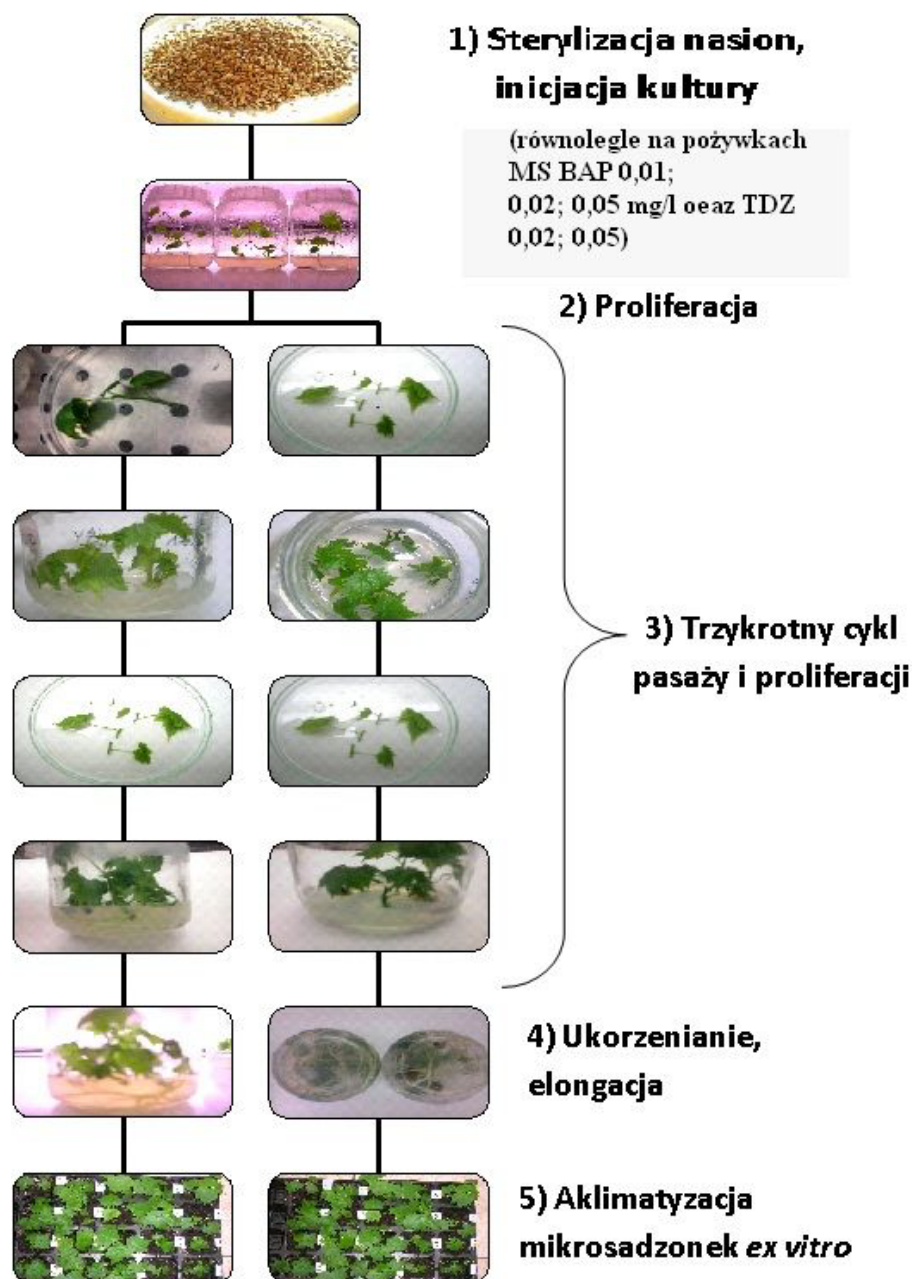
W trakcie hodowli eksplantatów na pożywkach zawierających cytokininy zaobserwowano rozwój korzeni. Z tego powodu zrezygnowano z zastosowania odrębnej pożywki w celu ukorzeniania roślin. Rozwój korzeni sprawdzano podczas 3 obserwacji.

Z uzyskanych mikrosadzonek wybrano po 20 sztuk i przenoszono do autoklawowanej ziemi w celu aklimatyzacji. Przeprowadzono dwie obserwacje w 14 dniowych odstępach czasu, mających na celu ocenę jakości roślin *ex vitro*.

### **Warunki prowadzenia hodowli**

Kultury *in vitro* ślazuwca prowadzono w fitotronie. Temperatura w pomieszczeniu wynosiła od 24 do 26°C, wilgotność powietrza w naczyniach hodowlanych kształtowała się na poziomie 70%, a natężenie światła oscylowało wokół 40–60  $\mu\text{Em}^{-2} \text{s}^{-1}$ . Pozwalało to

na prowadzenie powtarzalnych doświadczeń w maksymalnie optymalnych warunkach dla rozwoju eksplantatów. Schemat doświadczenia obrazuje rysunek 1.



Rys. 1. Schemat doświadczenia mikropropagacji ślazuwca  
Fig. 1. Scheme of sida micropropagation

## WYNIKI I DYSKUSJA

W ramach pracy prowadzono doświadczenia nad inicjacją kultur *Sida hermaphrodita* R. oraz nad opracowaniem efektywnej metody mikropropagacji tego gatunku. Dążono przy tym do osiągnięcia wysokiego współczynnika rozmnażania. W tym celu zastosowano pożywkę MS, w której modyfikowano rodzaj regulatorów wzrostu oraz ich stężenie.

Tabela 1

| Rodzaje i stężenia zastosowanych regulatorów wzrostu<br>Types and concentrations of growth regulators |                                         |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------|
| Regulator wzrostu<br>Growth regulator                                                                 | Stężenie (mg/l)<br>Concentration (mg/l) |
| BAP                                                                                                   | 0,01                                    |
|                                                                                                       | 0,02                                    |
|                                                                                                       | 0,05                                    |
| TDZ                                                                                                   | 0,02                                    |
|                                                                                                       | 0,05                                    |

Ze względu na stosunkowo niski procent uzyskanych siewek, którego przyczyną jest obecność dużej ilości nasion twardych (Borkowska, 1988; Doliński i in., 2006), charakterystycznych dla tego gatunku, inicjacja kultury *in vitro* ślazuca była przeprowadzona w dwóch powtórzeniach (tab. 2). Inne badania, w których wykorzystywano skaningowy mikroskop elektronowy wykazały, że o kiełkowaniu twardych nasion niektórych roślin może decydować struktura komórkowa blokująca rejon chalazy. Pełni ona rolę korka (kapsla), który zamyka dla wody dostęp do hilum (Das, Saha, 1999; Daws i in., 2006).

Tabela 2

| Efektywność sterylizacji i zdolność kiełkowania nasion ślazuca<br>The efficiency of sterilization and germination capacity of <i>Sida hermaphrodita</i> seeds |                               |                                                                    |                                                                           |                                           |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------|--------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------|
| Powtórzenie 1 — Replication 1                                                                                                                                 |                               |                                                                    |                                                                           |                                           |
| dzień<br>day                                                                                                                                                  | liczba nasion<br>no. of seeds | nasiona sterylne<br>skiełkowane<br>germinated sterile seeds<br>(%) | nasiona sterylne<br>nieskiełkowane<br>non-germinated sterile seeds<br>(%) | nasiona zakażone<br>infected seeds<br>(%) |
| 7                                                                                                                                                             | 300                           | 33,3                                                               | 64,7                                                                      | 2                                         |
| 10                                                                                                                                                            | 288                           | 42                                                                 | 55,3                                                                      | 2,7                                       |
| 21                                                                                                                                                            | 288                           | 49,7                                                               | 45,6                                                                      | 2,7                                       |
| Powtórzenie 2 — Replication 2                                                                                                                                 |                               |                                                                    |                                                                           |                                           |
| 7                                                                                                                                                             | 300                           | 39,3                                                               | 60                                                                        | 0,7                                       |
| 10                                                                                                                                                            | 291                           | 39,3                                                               | 59                                                                        | 1,7                                       |
| 21                                                                                                                                                            | 274                           | 49,6                                                               | 48,7                                                                      | 1,7                                       |

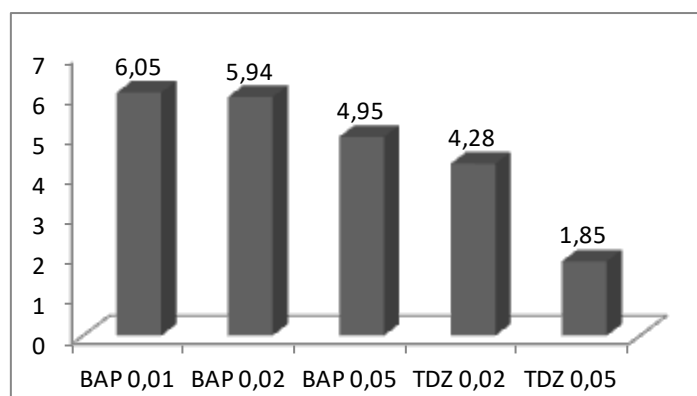
Dla zapoczątkowania hodowli kultur *in vitro* wybrano zdrowe jakościowo siewki jako rośliny mateczne. Wykorzystano zarówno eksplantaty boczne jak i wierzchołkowe, przenosząc je na pożywki o różnym stężeniu regulatorów wzrostu BAP i TDZ w odstępach czterotygodniowych. Wyniki uzyskane podczas pasażu przedstawia tabela 3.

Tabela 3

**Efektywność namnażania eksplantatów na poszczególnych pożywkach**  
**Efficiency of propagation of explants on different media**

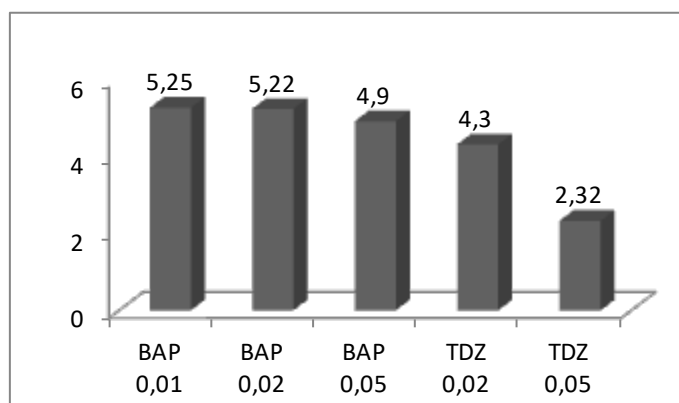
| Regulator wzrostu<br>Growth regulator<br>(mg/l) | Stężenie<br>Concentration<br>(mg/l) | Explantat<br>Type of explant | Explantaty wytwarzające pąki<br>Explants producing buds<br>(%) | Eksplantaty zamierające<br>Dying explants<br>(%) | Współczynnik rozmnażania<br>Multiplication factor | Ukorzenione eksplantaty<br>Rooted explants<br>(%) |
|-------------------------------------------------|-------------------------------------|------------------------------|----------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------|---------------------------------------------------|---------------------------------------------------|
| BAP                                             | 0,01                                | boczny                       | 100                                                            | 0                                                | 5,25                                              | 97                                                |
|                                                 |                                     | wierzchołkowy top            | 100                                                            | 0                                                | 6,05                                              | 93                                                |
|                                                 | 0,02                                | boczny                       | 100                                                            | 0                                                | 5,22                                              | 94                                                |
|                                                 |                                     | wierzchołkowy top            | 100                                                            | 0                                                | 5,94                                              | 93                                                |
|                                                 | 0,05                                | boczny                       | 97                                                             | 3                                                | 4,90                                              | 93                                                |
|                                                 |                                     | wierzchołkowy top            | 93                                                             | 7                                                | 4,95                                              | 93                                                |
| TDZ                                             | 0,02                                | boczny                       | 93                                                             | 7                                                | 4,30                                              | 90,6                                              |
|                                                 |                                     | wierzchołkowy top            | 90                                                             | 9                                                | 4,28                                              | 66,6                                              |
|                                                 | 0,05                                | boczny                       | 90                                                             | 10                                               | 2,32                                              | 8                                                 |
|                                                 |                                     | wierzchołkowy top            | 66                                                             | 14                                               | 1,85                                              | 13                                                |

Na podstawie obserwacji sformułowano wnioski dotyczące wzrostu, rozwoju i efektywności namnażania się eksplantatów ślazuwca na określonych pożywkach. Dla zobrazowania różnic w wielkości współczynnika rozmnażania pomiędzy poszczególnymi pożywkami sporządzono rysunki 2 i 3.



**Rys. 2. Zależność wielkości współczynnika rozmnażania od zastosowanej pożywki hodowlanej dla pąków wierzchołkowych**

**Fig. 2. Effect of medium used for apical buds *in vitro* cultivation on multiplication factor**



**Rys. 3. Zależność współczynnika rozmnażania od zastosowanej pożywki hodowlanej dla pąków bocznych**

**Fig. 3. Effect of medium used for lateral buds *in vitro* cultivation on multiplication factor value**

Nieliczne publikacje naukowe przedstawiają badania nad hodowlą ślazuca pensylwańskiego w kulturach *in vitro*. W swoich badaniach Sivanesan i in. otrzymali współczynnik rozmnażania 20 dla *Sida cordifolia* L. przy użyciu pożywki MS z 0,5 mg/l BAP, 1,0 mg/l NAA, 1,0 mg/l siarczanu adeniny i 10% mleka kokosowego (Sivanesan, Byoung, 2007). Haynes i Graves (2004) opracowali metodę ukorzeniania mikrosadzonek z zastosowaniem pożywki zawierającą regulator wzrostu IBA, uzyskując w ten sposób 83% ukorzenionych roślin. Natomiast obserwacje wykazały, że współczynnik rozmnażania dla eksplantatów bocznych i wierzchołkowych był wyższy na pożywce MS, w której użyto 30 g/l sacharozy oraz regulatora wzrostu BAP w stężeniu 0,01 mg/l i wynosił odpowiednio: 5,25 oraz 6,05. Zastosowanie tej właśnie pożywki zapewniło wysoki odsetek (97% i 93%) ukorzenionych, gotowych do aklimatyzacji eksplantatów, bez konieczności stosowania dodatkowej pożywki inicjującej ukorzenianie. Podobne wartości współczynnika rozmnażania (5,22 i 5,94) uzyskano stosując pożywkę MS zawierającą BAP w stężeniu 0,02 mg/l, jednak ilość eksplantatów ukorzenionych była niższa (94 i 93%). Przypuszcza się, że niskie współczynniki rozmnażania były wynikiem mało zróżnicowanego składu pożywek.

Regulator wzrostu TDZ wykazał mniejszą efektywność w stosunku do regulatora wzrostu BAP. Na pożywkach zawierających TDZ otrzymano znacznie niższy współczynnik rozmnażania 4,28 i 4,30 dla stężenia 0,02 mg/l oraz 1,85 i 2,32 dla stężenia 0,05 mg/l i bardzo niski procent roślin ukorzenionych.

W następnym etapie mikrosadzonki ślazuca aklimatyzowano w ziemi ze 100% wydajnością. Dokonano dwukrotnych pomiarów wysokości roślin i liczby liści mikrosadzonek ślazuca, pochodzących z eksplantatów wierzchołkowych i bocznych hodowanych wcześniej na pożywkach o różnym stężeniu BAP (0,01 i 0,02 mg/l). Wysokość roślin kształtowała się odpowiednio: dla eksplantatów wierzchołkowych 4,1 cm, dla bocznych 4,5 cm, natomiast liczba liści dla eksplantatów wierzchołkowych wynosiła 7,78, dla bocznych 6,99 (BAP 0,01 mg/l). Wysokość roślin wynosiła 4,25 cm dla

eksplantatów wierzchołkowych, dla bocznych 3,84 cm, natomiast liczba liści dla eksplantatów wierzchołkowych wynosiła 7,94, dla bocznych 7,88 (BAP 0,02 mg/l). Analizując wyniki, które przedstawia tabela 4 można stwierdzić, że sadzonki szybko i równomiernie rozwijały się, osiągając porównywalną wysokość jak i liczbę liści zarówno dla eksplantatów bocznych jaki i wierzchołkowych.

Tabela 4

**Efektywność aklimatyzacji mikrosadzonek ślazuwca pensylwańskiego**  
**Efficiency of acclimatization of multiplied explants of *Sida hermaphrodita***

| Regulator wzrostu<br>Growth regulator<br>(mg/l) | Nr obserwacji<br>Observation No. | Rodzaj eksplantatu<br>Type of explant | Wysokość rośliny<br>Plant height<br>(cm) | Liczba liści<br>No. of leaves<br>(pieces.) | Rośliny rosnące<br>Growing plants<br>(%) |
|-------------------------------------------------|----------------------------------|---------------------------------------|------------------------------------------|--------------------------------------------|------------------------------------------|
| BAP 0,01 mg/l                                   | 1                                | wierzchołkowy<br>top                  | 3,93                                     | 6,2                                        | 100                                      |
|                                                 |                                  | boczny<br>side                        | 3,99                                     | 6,14                                       | 100                                      |
|                                                 | 2                                | wierzchołkowy<br>top                  | 4,26                                     | 7,78                                       | 100                                      |
|                                                 |                                  | boczny<br>side                        | 5,02                                     | 8,0                                        | 100                                      |
| BAP 0,02 mg/l                                   | 1                                | wierzchołkowy<br>top                  | 3,96                                     | 7,74                                       | 100                                      |
|                                                 |                                  | boczny<br>side                        | 3,68                                     | 6,9                                        | 100                                      |
|                                                 | 2                                | wierzchołkowy<br>top                  | 4,54                                     | 8,14                                       | 100                                      |
|                                                 |                                  | boczny<br>side                        | 3,99                                     | 7,88                                       | 99,6                                     |

Krótkie komunikaty w czasopismach rolniczych i naukowych informują o stosowaniu mikrorozmnażania tego gatunku na cele komercyjne, jednak szczegółowa metodyka nie jest dostępna. Mikrorozmnażanie pozwala na szybsze uzyskanie większego materiału hodowlanego u gatunków wytwarzających nasiona o niskim współczynniku rozmnażania wegetatywnego (bulwy, cebule) (Malepszy, 2005).

Roślinne kultury tkankowe stwarzają możliwość produkcji dużej liczby sadzonek w czasie o wiele krótszym niż ma to miejsce w warunkach *ex vitro*. Zastosowanie szybkiego, rozmnażania ślazuwca stwarza możliwość uzyskiwania w krótkim czasie jednolitego pod względem genetycznym wolnego od patogenów materiału roślinnego do produkcji wystandaryzowanych jakościowo opatrzonych certyfikatem substancji, a także sadzonek na cele agroenergetyczne. Z tego względu kontynuacja prac nad hodowlą *Sida hermaphrodita* w kulturach *in vitro* jest konieczna i zasadna.

#### PODSUMOWANIE

Badania własne pozwoliły na opracowanie wstępnej metodyki inicjacji sterylnych kultur *in vitro* ślazuwca pensylwańskiego na podłożu MS zawierającym 0,04 mg/l GA3 (regulator wzrostu) oraz 1mg/l KIN (regulator wzrostu).

Ocena wpływu różnych rodzajów i stężeń roślinnych regulatorów wzrostu wykazała najlepszą jakość i wzrost eksplantatów na podłożu MS zawierającym BAP w stężeniu 0,01mg/l, dla której uzyskano stosunkowo niski współczynnik rozmnażania. Otrzymano wysoki procent ukorzenionych eksplantatów (99,8%), które następnie poddano aklimatyzacji w ziemi z bardzo wysoką wydajnością. Natomiast regulator wzrostu TDZ zastosowany w pożywkach miał niekorzystny wpływ na jakość i rozwój eksplantatów bocznych i wierzchołkowych.

Wskazane jest podjęcie dalszych badań na ulepszeniu metody mikropropagacji ślazuwca poprzez założenie doświadczeń polowych.

#### LITERATURA

- Borkowska-Królik H. 1988. Wpływ czasu przechowywania na kiełkowanie nasion sidy (*Sida hermaphrodita* Rusby). Ann. UMCS. s. E. XLIII, 6: 45 — 49.
- Borkowska H., Styk B. 1997. Ślazuwec pensylwański (*Sida hermaphrodita* Rusby). Uprawa i wykorzystanie. Wyd. AR: 5 — 51.
- Borkowska H., Styk B. 2003. Polish Journal of Environmental Studies Vol. 12, (1): 51.
- Borkowska B. 2005. Fizjologiczna ocena roślin z kultur *in vitro*. Biotechnologia 2: 133 — 138.
- Das B., Saha P. K. 1999. Effect of dormancy breaking treatments on test a ultra structures and water uptake patterns of *Albiza procera* seed. Seed Sci. Technol., 27: 615 — 625.
- Daws M. I., Orr D., Burslem D. F. R. P., Mullins C. E. 2006. Effect of high temperature on chalazal plug removal and germination in *Apeibea tibourbou* Aubl. Seed Sci. Technol. 34: 221 — 225.
- Doliński R., Kociuba W., Kramek A. 2006. Wpływ krótkiego działania gorącej wody, chemicznej skaryfikacji i kwasu giberelinowego na kiełkowanie nasion ślazuwca pensylwańskiego (*Sida hermaphrodita* Rusby). Zesz. Probl. Post. Nauk Rol. z. 517: 139 — 147.
- Haynes C. L., Graves W. R. 2004. *Kosteletzkyia virginica* can be rooted from leafy or leafless stem cuttings, Journal of Environmental Horticulture, Vol. 22 (4): 173 — 175.
- Malepszy. 2005. Biotechnologia Roślin. Warszawa, Wydawnictwo Naukowe PWN: 292 — 295.
- Sivanesan J., Byoung R J. 2007. Direct shoot regeneration from nodal explants of *Sida cordifolia* Linn. In vitro Cellular & Developmental Biology – Plant, Vol. 43 (5): 436 — 441.
- Wróblewska A., Kolasa Z. 1986. Pożytek pszczeli z sidy. Pszczelarstwo (10): 3 — 4.



**WOJCIECH RYBIŃSKI**<sup>1</sup>**MICHAŁ STARZYCKI**<sup>2</sup>**ROBERT RUSINEK**<sup>3</sup>**JAN BOCIANOWSKI**<sup>4</sup>**BOGUSŁAW SZOT**<sup>3</sup><sup>1</sup> Instytut Genetyki Roślin PAN w Poznaniu<sup>2</sup> Instytut Hodowli i Aklimatyzacji Roślin, Oddział w Poznaniu<sup>3</sup> Instytut Agrofizyki PAN w Lublinie<sup>4</sup> Uniwersytet Przyrodniczy w Poznaniu

## Zmienność składu chemicznego nasion roślin strączkowych i ich odporności na obciążenia mechaniczne

### Variation of legume seed's chemical composition and resistance to mechanical damage

Przeprowadzone badania miały na celu ocenę wewnątrzgatunkowej zmienności odmian i rodów roślin strączkowych pod względem odporności nasion na obciążenia mechaniczne i ich składu chemicznego. Materiał do badań stanowiły nasiona odmian i rodów reprezentujących cztery gatunki łubinu oraz groch i lędwian siewny. Do analiz wybierano powietrznie suche nasiona pochodzące z Hodowli Roślin Przebędowo i tego samego roku zbioru. Wzrost i rozwój roślin w tej samej lokalizacji i w podobnych warunkach glebowo-klimatycznych umożliwiał porównanie uzyskanych wyników między odmianami. Oceniano właściwości fizyczne nasion w celu określenia ich reakcji na obciążenia mechaniczne. Na pierwszym etapie określano grubość nasion, a następnie pojedyncze nasiona podawano obciążeniom mechanicznym wyrażając uzyskane wyniki wartościami siły maksymalnej (N), maksymalnego odkształcenia (mm), modułu elastyczności (MPa) i energii (J). Ponadto nasiona z każdej odmiany i rodu posłużyły do oceny zawartości białka, tłuszczu i profilu kwasów tłuszczowych. Wyniki opracowano za pomocą wielocechowej analizy statystycznej. Wiedza o fizycznych parametrach nasion wyrażona stopniem ich odporności na uszkodzenia mechaniczne ma istotne znaczenie dla optymalizacji technologii zbioru, suszenia i przechowywania przyczyniając się do zminimalizowania strat ilościowych i jakościowych oraz uszkodzeń mechanicznych zebranych nasion. Wykazano, że analizowane nasiona odmian i rodów charakteryzowały się zróżnicowaną grubością nasion i szerokim zakresem ich zmienności w reakcji na zastosowane obciążenia mechaniczne. Pozwoliło to na wyodrębnienie gatunków, ale przede wszystkim odmian i rodów o zwiększonej odporności nasion na obciążenia mechaniczne wyrażone między innymi wartością siły maksymalnej, której użycie powoduje zniszczenie ich struktury. Analizowane rody i odmiany charakteryzowały się ponadto szerokim

zakresem zmienności składu chemicznego nasion. Pod względem zawartości białka dominowały nasiona łubinu andyjskiego tradycyjnego (44,2%) i epigonalnego (41,3%), a wartościami powyżej 40% charakteryzowały się ponadto nasiona łubinu żółtego reprezentowane przez odmianę Lord oraz rody: R 1017/03 i R 851/03. Najwyższą zawartością tłuszczu wyróżniały się formy łubinu andyjskiego z dominującą pozycją nasion formy samokończącej na poziomie 15,5%, a najniższą nasiona grochu, przy znacznych różnicach odmianowych i gatunkowych w profilu kwasów tłuszczowych.

**Słowa kluczowe:** cechy ilościowe, odmiany i rody, obciążenia mechaniczne nasion, rośliny strączkowe, skład chemiczny nasion

The attempt was made at estimation of intra-species variation of cultivars of legumes for resistance of seeds to mechanical damage taking into account their chemical composition. The research material comprised Polish cultivars and lines representing four lupine species as well as pea and grasspea. The air-dry seeds of cultivars and breeding lines were harvested from the experimental field in breeding station Przebędowo in the same year. Growing of plants in the same locality and similar soil-conditions allowed comparison of the results obtained from cultivars and breeding lines. The collected seeds were analyzed for their physical properties. The first stage included determination of seed thickness and the next resistance of individual seeds to static loading expressed as the value of maximum force (N), maximum deformation (mm), the modulus of elasticity (MPa) and energy (J). Additionally, protein and fat contents as well as the composition of fatty acids were estimated in the harvested seeds. Obtained results were analyzed with use of multivariate statistic method. Knowledge of physical parameter of seeds is particularly important for optimization of technologies of harvesting, drying and storage, which is related to minimization of quantitative and qualitative losses and mechanical damage. Obtained results showed, that analyzed seeds of cultivars and lines differed greatly in spectrum of seed thickness and reaction to the mechanical loads. It allowed to distinguish cultivars and lines with increased resistance of seeds to mechanical loads expressed among others by maximum force that caused seed structure destruction. Additionally, analyzed seeds of cultivars and lines showed a broad range of variation in chemical composition. The highest protein content was established in seeds representing traditional and epigonal forms of Andean lupine (44.2 and 41.3% respectively). The protein level above 40% were also established in seeds of yellow lupine represented by cv. Lord and two lines: R 1017/03 and R 851/03. The seeds of all forms of Andean lupine were the richest in fat content with highest value in seeds of determinate form (15.5%). Lowest content was established in seeds of pea and grasspea. Specific fatty acids composition in seeds of cultivars depended on the species.

**Key words:** cultivars and lines, chemical composition of seeds, grain legumes, mechanical loads of seeds, quantitative traits

## WSTĘP

Wszystkie badania rolnicze obejmujące materiały pochodzenia biologicznego przeniknięte są metodyką i wiedzą fizyczną (Haman, 2000). Postęp w fizycznych metodach badań materii, jaki dokonał się na przestrzeni ostatnich dziesięcioleci umożliwia lepsze zrozumienie właściwości i oddziaływań w różnych obiektach, w tym roślinnych, które są przedmiotem zainteresowania wielu nauk przyrodniczych. Agrofizyka jako nauka interdyscyplinarna wzbogaca nauki rolnicze o fizyczne metody badawcze i skutecznie wspomaga rozwiązywanie złożonych zagadnień, w tym w mniejszym lub większym stopniu w genetyce, a zwłaszcza i hodowli roślin, dając hodowcy możliwość testowania i selekcji form (w zależności od kierunku hodowli) o poprawionych parametrach fizycznych. W tym aspekcie agrofizyka wyznacza nowe kierunki hodowli by dostarczyć surowiec do przetwórstwa o lepszych parametrach jakościowych i wyższej wartości żywieniowej. Aby sprostać potrzebom współczesnej gospodarki surowiec i produkt biologiczny będący

efektem prac hodowlanych musi więc odpowiadać określonym wymaganiom i standardom. Znaczna część tych wymagań sprowadza się do zachowania odpowiednich cech fizycznych, które winny być na bieżąco kontrolowane (Haman, 2000). Stąd zapotrzebowanie na specjalistyczną aparaturę i nowoczesne metody badawcze w agrofizyce zaowocowało opracowaniem i udoskonaleniem szeregu wyspecjalizowanych, fizycznych metod pomiarowych. Należy do nich między innymi metodyka pomiaru odporności nasion na obciążenia mechaniczne wykorzystywana w prezentowanej pracy. Do mikrouszkodzeń nasion w określonych warunkach pogodowych dochodzi już w polu (w okresie wykształcania i dojrzewania nasion) przy zmiennych gradientach temperatury i wilgotności (Grundas, 2004). Zasadnicze straty jakościowe surowca mają miejsce w procesie produkcyjnym powstające w efekcie oddziaływania zewnętrznych czynników fizycznych powodowane przede wszystkim przez maszyny rolnicze w trakcie zbioru nasion i ich transportu. Przyczyną uszkodzeń mechanicznych bywają również naprężenia w nasionach wywołane procesami termicznymi w procesie suszenia czy przechowywania w silosach. Wszelkie uszkodzenia mechaniczne nie tylko zmniejszają przydatność surowców rolniczych, w tym nasion, do siewu czy dalszego przerobu, lecz otwierają drogę zakażeniom bakteryjnym i grzybowym prowadzącym niejednokrotnie do całkowitego zniszczenia produktu. O ile straty powodowane przez uszkodzenia nasion mogą być ograniczane różnymi sposobami, w tym przez odpowiednią konstrukcję maszyn, czy optymalizowanie procesów przetwórczych, to według Hamana (2000) bardzo istotne są prace hodowlane, prowadzące do uzyskania produktu bardziej odpornego na wszelkie uszkodzenia. W celu określenia zróżnicowania stopnia podatności nasion na uszkodzenia mechaniczne, obciążeniom statycznym poddano nasiona wybranych odmian i rodów reprezentujących kilka gatunków roślin strączkowych. Badania uzupełniono o ocenę składu chemicznego nasion mogącego mieć związek ze zróżnicowaną reakcją nasion na oddziaływania mechaniczne.

#### MATERIAŁ I METODY

Materiał wyjściowy do badań stanowiły nasiona sześciu gatunków roślin strączkowych. Cztery z nich reprezentowały łubin: biały (*Lupinus albus* L.), żółty (*Lupinus luteus* L.), wąskolistny (*Lupinus angustifolius* L.) i andyjski (*Lupinus mutabilis* Sweet), a ponadto groch siewny (*Pisum sativum* L.) oraz lędźwian siewny (*Lathyrus sativus* L.). Powyższe gatunki reprezentowane były przez 33 odmiany i rody otrzymane z Hodowli Roślin Smolice, Oddział w Przebędowie.

Dwie odmiany reprezentowały łubin biały (Nr 1 — Boros, 2 — Buthan), dziewięć odmian i rodów łubin żółty (3 — Lord, 4 — Mister, 5 — Parys, 6 — Perkoz, 7 — Talar, 8 — PRH 714/07, 9 — R 851/03, 10 — R 867/03, 11 — R 1017/03), jedenaście — łubin wąskolistny (12 — Baron, 13 — Bojar, 14 — Boruta, 15 — Graf, 16 — Kalif, 17 — Mirela, 18 — Neptun, 19 — Regent, 20 — Zeus, 21 — PRH 631/08, 22 — PRG 1367/08), a trzy — łubin andyjski: 23 — tradycyjny, 24 — samokończący i 25 — epigonalny. Siedem odmian i rodów reprezentowało groch (26 — Marych, 27 — Medal, 28 — Merlin, 29 — Milwa, 30 — Muza, 31 — PRH 145/08, 32 — PRH 178/08), a jedna odmiana, Krab (nr

33) lędzwan siewny. Pośród 33 obiektów jedenaście to rody hodowlane lub linie, a pozostałe to odmiany komercyjne. Wśród rodów cztery to łubin żółty, dwa reprezentowały łubin wąskolistny, trzy łubin andyjski, a dwa groch siewny. Nasiona pochodziły z tego samego roku zbioru (2010) i tej samej lokalizacji, którą było pole doświadczalne w Przebędowie.

Zebrane nasiona i dosuszone w tych samych warunkach do stałej wilgotności analizowano pod względem ich właściwości fizycznych oceniając na pierwszym etapie ich grubość oraz masę 1000 nasion. Z uwagi na przeważający owalno-kulisty kształt większości nasion ocenę parametrów geometrycznych ograniczono do określenia ich grubości. Mierzono ją na adaptowanym do tego celu mierniku zegarowym i za pomocą suwmiarki elektronicznej z dokładnością do 0,01 mm. Dla uzyskania dokładnego rozkładu tej cechy w próbkach wykonano pomiary dla 300 losowo wybranych, powietrznie suchych nasion. Masę 1000 nasion określano za pomocą licznika nasion typu LN-S-50A.

Odporność pojedynczych nasion na obciążenia statyczne oceniano na aparaturze do badań wytrzymałościowych INSTRON — model 6022 zgodnie z wcześniej opracowaną metodyką (Szot i in., 1994). Analizowano po 30 nasion w pięciu powtórzeniach. Na podstawie uzyskanych wyników określono odporność nasion na obciążenia mechaniczne wyrażone następującymi parametrami: siła maksymalna (siła powodująca zniszczenie nasiona), stopień odkształcenia maksymalnego (maksymalna deformacja w momencie pęknięcia nasiona), moduł (naprężenie w momencie pęknięcia nasiona), energia (energia potrzebna do zgniecenia nasiona). Wyniki wyrażono w wartościach siły maksymalnej (N), stopnia odkształcenia maksymalnego (mm), modułu (MPa) oraz energii (J).

Zawartość białka oznaczano metodą Kjeldahla. Procentową zawartość tłuszczu w nasionach określano metodą wagową przez ekstrakcję tłuszczu w aparacie Soxhleta, a zawartość kwasów tłuszczowych przy wykorzystaniu chromatografu (Hewlett Packard, Gas Chromatograph 5890) i kolumny kapilarnej (30 m, RTX-225).

Uzyskane wyniki opracowano statystycznie określając dla każdego obiektu wartość średniej i odchylenia standardowego. Dla obiektów w obrębie każdej z cech wyliczono wartość najmniejszej istotnej różnicy (NIR) oraz wartość współczynnika zmienności (Kozak i in., 2013). Ocena współzależności obserwowanych cech składu chemicznego nasion dokonana została w oparciu o odpowiednie współczynniki korelacji (Kozak i in., 2010). Uzyskane wyniki analizowano również za pomocą metod wielowymiarowych (Caliński i Kaczmarek, 1973; Rencher, 1998). Wielowymiarowe zróżnicowanie obiektów określono na podstawie odległości Mahalanobisa (1936). Z uwagi na znaczną liczbę danych podobieństwo między odmianami wyrażone odległościami Mahalanobisa ograniczono do porównań dla wybranych odmian reprezentujących każdy z badanych gatunków. W celu przedstawienia wielocechowej oceny podobieństwa genotypów zastosowano analizę zmiennych kanonicznych (Camussi i in., 1985; Rencher, 1998) oraz analizę składowych głównych. Umożliwią one zobrazowanie zróżnicowania obiektów pod względem kompleksu cech w formie graficznej. Wszystkie obliczenia w analizie danych wykonano za pomocą pakietu statystycznego GenStat 15.

## WYNIKI I DYSKUSJA

Jedną z cech różnicującą uprawne gatunki roślin strączkowych jest masa 1000 nasion (MTN). W prezentowanej pracy najwyższymi wartościami charakteryzują się nasiona łubinu białego — Boros i Buthan (336 i 253 g). Wśród łubinu żółtego odmiana Mister (149 g), łubinu wąskolistnego odmiana Boruta (145 g), a łubinu Andyjskiego forma epigonalna o MTN na poziomie 96 g (tab. 1). Zbliżoną wartość średniej MTN (137 g) dla łubinu wąskolistnego podaje Księżak (2007). W odniesieniu do grochu siewnego dla większości odmian i rodów MTN przekraczała 200 g, wśród których najwyższą wartością wyróżniała się odmiana Medal (250 g). MTN dla lędzwanu siewnego odmiany Krab wynosiła 176 g i była na poziomie wartości uzyskanych przez Rybiński i in. (2008).

Szeroki zakres zmienności obserwowano dla grubości nasion: od 3,77 mm dla samokończącej formy łubinu andyjskiego do 7 mm dla odmiany grochu Medal (tab. 1). Wartościami powyżej 6 mm charakteryzowały się jedynie nasiona grochu. Znaczne różnice obserwowano dla łubinu białego: od 5,4 mm dla odmiany Boros do 4,2 mm dla odmiany Buthan. Zbliżonymi wartościami w zakresie od 4,2 mm dla odmiany Parys do 4,8 mm u rodu R 1017 oraz od 4,6 mm u odmiany Kalif do 5,1 mm charakteryzowały się nasiona, odpowiednio, łubinu żółtego i wąskolistnego — przy wyższej wartości średniej nasion odmian łubinu wąskolistnego. Z grubością nasion wiąże się ich odporność na obciążenia mechaniczne co ilustrują statystycznie istotne współczynniki korelacji w odniesieniu do niektórych parametrów obciążeń mechanicznych (Rybiński i in., 2011). Z reguły hodowca nie dysponuje warsztatem pozwalającym na ocenę laboratoryjną na wczesnych etapach hodowli i produkcie finalnym (odmianie) właściwości fizycznych nasion takich, jak np. ich odporność na uszkodzenia mechaniczne. Stąd w opisie nowo wyprowadzanych odmian ich użytkownik bardzo rzadko znajduje informacje na temat, który pozwoliłoby hodowcy na ich wykorzystanie w procesie selekcji (Rybiński i Szot, 2009; Szot i Rybiński, 2011). Istotnym parametrem wskazującym na stopień odporności nasion na obciążenia mechaniczne jest siła maksymalna potrzebna do ich destrukcji, czyli zgniecenia (tab. 1). Obserwowano nie tylko szeroki zakres zmienności między gatunkami, ale również między odmianami w obrębie gatunków. Najwyższymi wartościami, czyli największą opornością na obciążenia mechaniczne wyróżniały się nasiona łubinu wąskolistnego (średnio powyżej 600 N), następnie łubinu żółtego (powyżej 500 N), łubinu andyjskiego i grochu (powyżej 300 N), lędzwanu siewnego (powyżej 200 N) i łubinu białego (poniżej 200 N). Do obiektów o najwyższych wartościach siły maksymalnej zaliczamy, w obrębie łubinu żółtego odmiany: Parys i ród PRH 714; łubinu wąskolistnego — Baron, Regent i Zeus; łubinu białego — odmianę Boros, a łubinu andyjskiego formę epigonalną. Pośród grochów dominują odmiany — Medal i Muza przy najniższych wartościach dla odmiany Marych i Merlin. Ewenementem o największej oporności pośród ocenianych obiektów jest odmiana łubinu wąskolistnego Baron.

Tabela 1

**Charakterystyka zmienności grubości i parametrów obciążeń mechanicznych nasion**  
**Characteristics of variation in seed thickness and parameters of mechanical loads**

| Gatunek<br>Species                                      | Odmiany<br>i rody<br>Cultivars<br>and lines | Nr<br>No. | MTN<br>TSW<br>(g) |       | Grubość<br>nasion<br>Seed thickness<br>(mm) |        | Moduł<br>Modulus<br>(MPa) |        | Siła<br>maksymalna<br>Maximum<br>force<br>(N) |       | Odształcenie<br>maksymalne<br>Maximum<br>deformation<br>(mm) |        | Energia<br>Energy<br>(J) |        |
|---------------------------------------------------------|---------------------------------------------|-----------|-------------------|-------|---------------------------------------------|--------|---------------------------|--------|-----------------------------------------------|-------|--------------------------------------------------------------|--------|--------------------------|--------|
|                                                         |                                             |           | $\bar{x}$         | SD    | $\bar{x}$                                   | SD     | $\bar{x}$                 | SD     | $\bar{x}$                                     | SD    | $\bar{x}$                                                    | SD     | $\bar{x}$                | SD     |
| Łubin<br>biały<br>White<br>lupine                       | Boros                                       | 1         | 336,4             | 85,15 | 5,37                                        | 0,1938 | 264,2                     | 93,26  | 194,9                                         | 21,2  | 3,086                                                        | 0,2603 | 2,861                    | 0,5648 |
|                                                         | Buthan                                      | 2         | 253,2             | 73,19 | 4,22                                        | 0,1555 | 414,9                     | 174,45 | 165,6                                         | 35,3  | 1,842                                                        | 0,533  | 1,584                    | 0,6351 |
| Łubin<br>żółty<br>Yellow<br>lupine                      | Lord                                        | 3         | 117,9             | 66,97 | 4,48                                        | 0,1371 | 319,8                     | 46,32  | 475,7                                         | 147,3 | 1,721                                                        | 0,3966 | 0,511                    | 0,2211 |
|                                                         | Mister                                      | 4         | 149,7             | 45,58 | 4,72                                        | 0,2829 | 343,9                     | 52,82  | 413,6                                         | 112,9 | 1,37                                                         | 0,2506 | 0,331                    | 0,1023 |
|                                                         | Parys                                       | 5         | 117,4             | 39,97 | 4,22                                        | 0,1104 | 368,8                     | 61,78  | 796,1                                         | 175,8 | 1,791                                                        | 0,1849 | 0,723                    | 0,1462 |
|                                                         | Perkoz                                      | 6         | 137,2             | 45,87 | 4,45                                        | 0,1265 | 339,4                     | 77,21  | 491,1                                         | 184,4 | 1,592                                                        | 0,5307 | 0,615                    | 0,0438 |
|                                                         | PRH 714/07                                  | 7         | 88,07             | 29,18 | 4,33                                        | 0,0943 | 358,1                     | 27,74  | 534,8                                         | 145,7 | 1,535                                                        | 0,2284 | 0,498                    | 0,174  |
|                                                         | R 1017/03                                   | 8         | 135,9             | 38,71 | 4,76                                        | 0,1339 | 393,9                     | 46,29  | 465,4                                         | 65,4  | 1,79                                                         | 0,2215 | 0,533                    | 0,1392 |
|                                                         | R 851/03                                    | 9         | 117,4             | 42,02 | 4,30                                        | 0,0767 | 326,8                     | 20,24  | 488,1                                         | 134,4 | 1,551                                                        | 0,3015 | 0,440                    | 0,1926 |
|                                                         | R 867/03                                    | 10        | 113,4             | 43,37 | 4,30                                        | 0,1255 | 322,5                     | 75,0   | 494,5                                         | 201,4 | 1,58                                                         | 0,4456 | 0,446                    | 0,203  |
| Łubin<br>wąsko-<br>listny<br>Narrow<br>leafed<br>lupine | Talar                                       | 11        | 122,1             | 50,08 | 4,31                                        | 0,2    | 350,0                     | 146,17 | 499,5                                         | 96,7  | 1,799                                                        | 0,6797 | 0,523                    | 0,1725 |
|                                                         | Baron                                       | 12        | 130,5             | 51,51 | 4,84                                        | 0,0519 | 343,9                     | 25,45  | 919,6                                         | 113,4 | 2,678                                                        | 0,2426 | 1,159                    | 0,1885 |
|                                                         | Bojar                                       | 13        | 134,1             | 52,84 | 4,88                                        | 0,179  | 284,9                     | 29,77  | 406,2                                         | 257,3 | 2,062                                                        | 0,5953 | 0,689                    | 0,3577 |
|                                                         | Boruta                                      | 14        | 145,1             | 55,79 | 5,10                                        | 0,0949 | 260,1                     | 31,13  | 635,3                                         | 274,7 | 1,951                                                        | 0,7708 | 0,772                    | 0,1494 |
|                                                         | Graf                                        | 15        | 120,4             | 43,97 | 4,72                                        | 0,183  | 251,3                     | 78,48  | 514,2                                         | 276,8 | 1,922                                                        | 0,4489 | 0,530                    | 0,3246 |
|                                                         | Kalif                                       | 16        | 130,1             | 28,17 | 4,61                                        | 0,2123 | 275,9                     | 38,74  | 642,9                                         | 333,7 | 2,507                                                        | 0,563  | 1,004                    | 0,4107 |
|                                                         | Mirela                                      | 17        | 127,2             | 53,48 | 4,68                                        | 0,075  | 298,7                     | 50,78  | 584,7                                         | 248,9 | 1,856                                                        | 0,417  | 0,55                     | 0,2824 |
|                                                         | Neptun                                      | 18        | 138,7             | 54,43 | 5,04                                        | 0,0374 | 367,5                     | 150,05 | 660,6                                         | 279,2 | 2,278                                                        | 0,4172 | 0,816                    | 0,3656 |
|                                                         | PRG1367/08                                  | 19        | 100,6             | 38,48 | 4,73                                        | 0,1776 | 289,4                     | 44,74  | 550,1                                         | 266,5 | 2,11                                                         | 0,8365 | 0,667                    | 0,4025 |
|                                                         | PRH 631/08                                  | 20        | 119,3             | 48,87 | 4,79                                        | 0,1675 | 326,6                     | 46,85  | 577                                           | 279,9 | 2,007                                                        | 0,7878 | 0,794                    | 0,1965 |
| Łubin<br>andyski<br>Andean<br>lupine                    | Regent                                      | 21        | 128,5             | 46,57 | 5,13                                        | 0,1398 | 296,6                     | 30,54  | 687,1                                         | 298,1 | 2,153                                                        | 0,8859 | 1,022                    | 0,2036 |
|                                                         | Zeus                                        | 22        | 135,7             | 48,75 | 4,87                                        | 0,1907 | 258,0                     | 49,76  | 688,1                                         | 399,4 | 2,18                                                         | 0,916  | 0,966                    | 0,4886 |
|                                                         | Epigonalny Epigonal                         | 23        | 95,9              | 27,73 | 3,94                                        | 0,2554 | 187,7                     | 50,43  | 465,9                                         | 124,6 | 2,036                                                        | 0,4113 | 0,452                    | 0,0793 |
|                                                         | Samo-kończący Determinate                   | 24        | 82,1              | 29,87 | 3,77                                        | 0,0481 | 134,2                     | 21,05  | 285,7                                         | 48,5  | 1,504                                                        | 0,2621 | 0,206                    | 0,0655 |
|                                                         | Tradycyjny Traditional                      | 25        | 80,1              | 29,74 | 4,03                                        | 0,1796 | 131,4                     | 32,2   | 218,9                                         | 88,4  | 1,354                                                        | 0,4231 | 0,884                    | 1,0129 |
|                                                         | Marych                                      | 26        | 169,2             | 78,78 | 5,94                                        | 0,1072 | 404,3                     | 227,77 | 307,4                                         | 141,8 | 0,521                                                        | 0,0643 | 0,068                    | 0,0346 |
|                                                         | Medal                                       | 27        | 250,4             | 98,14 | 6,99                                        | 0,1893 | 616,4                     | 150,72 | 426,9                                         | 82,9  | 0,472                                                        | 0,0677 | 0,078                    | 0,0288 |
|                                                         | Merlin                                      | 28        | 222,5             | 78,94 | 6,53                                        | 0,1818 | 429,7                     | 132,96 | 317,1                                         | 133,3 | 0,647                                                        | 0,2445 | 0,105                    | 0,0879 |
| Groch<br>siewny<br>Pea                                  | Milwa                                       | 29        | 229,9             | 69,71 | 6,38                                        | 0,1779 | 542,9                     | 198,89 | 358,5                                         | 107,7 | 0,507                                                        | 0,0691 | 0,071                    | 0,0214 |
|                                                         | Muza                                        | 30        | 190,1             | 73,47 | 6,40                                        | 0,0648 | 565,2                     | 95,88  | 387,7                                         | 34,5  | 0,603                                                        | 0,1476 | 0,107                    | 0,0552 |
|                                                         | PRH 145/08                                  | 31        | 219,7             | 78,21 | 6,39                                        | 0,0791 | 446,7                     | 61,51  | 331,8                                         | 73    | 0,57                                                         | 0,2156 | 0,166                    | 0,1649 |
|                                                         | PRH 178/08                                  | 32        | 242,9             | 68,17 | 6,35                                        | 0,3096 | 426,5                     | 130,84 | 352,3                                         | 67,1  | 0,753                                                        | 0,1819 | 0,130                    | 0,0443 |
| Łędzwian<br>Grasspea                                    | Krab                                        | 33        | 176,4             | 55,73 | 4,94                                        | 0,1963 | 473,8                     | 122,98 | 299,1                                         | 156,8 | 0,606                                                        | 0,2778 | 0,091                    | 0,0648 |
| NIR <sub>0,001</sub> — LSD <sub>0,001</sub>             |                                             |           | 73,05             |       | 0,347                                       |        | 205,7                     |        | 204,6                                         |       | 0,996                                                        |        | 0,463                    |        |
| Współczynnik zmienności<br>Coefficient of variation (%) |                                             |           | 37,49             |       | 17                                          |        | 39,85                     |        | 50,73                                         |       | 49,66                                                        |        | 97,68                    |        |

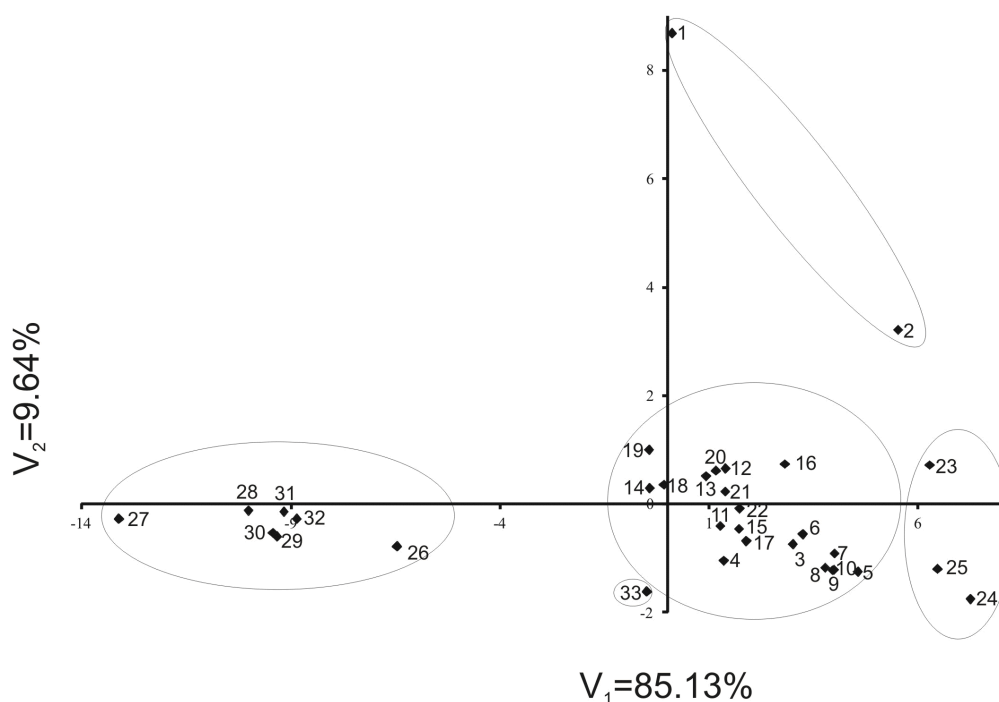
SD — Odchylenie standardowe — Standard deviation

W odniesieniu do lędźwianu siewnego odmiany Krab zbliżoną wartość na poziomie 257 N uzyskali Szot i in. (1998). Drugim z analizowanych parametrów było odkształcenie maksymalne nie powodujące destrukcji nasion, a informujące o stopniu „elastyczności” nasion w reakcji na zastosowane obciążenia mechaniczne. Pośród analizowanych gatunków najniższymi wartościami odkształcenia wyróżniały się odmiany i rody grochu w wąskim zakresie zmienności poniżej 1 mm. Zbliżoną wartością (0,6 mm) charakteryzował się lędźwian siewny, morfologicznie i genetycznie najbardziej podobny do grochu. Najwyższymi wartościami przekraczającymi 2 mm wyróżniały się odmiany łubinu wąskolistnego: Neptun, Zeus i Regent. Wśród obiektów łubinu żółtego wartości odkształcenia maksymalnego nie przekraczały 2 mm i były najwyższe u odmian Parys i Talar, a najniższe dla nasion odmiany Mister. O ile pod względem siły maksymalnej potrzebnej do destrukcji nasion dominowała odmiana łubinu wąskolistnego Baron to w odniesieniu do odkształcenia wyróżniały się nasiona łubinu białego odmiany Boros. W przeciwieństwie do dwóch wcześniej omawianych parametrów obciążeń mechanicznych, pod względem wartości średniej modułu, informującego o stopniu naprężeń w momencie pęknięcia nasion, dominowały odmiany grochu i lędźwianu. Zakres wartości modułu dla nasion grochu wynosił od 404,3 MPa dla odmiany Marych do 616,4 MPa dla odmiany Medal (najwyższa wartość pośród wszystkich obiektów). Wyraźnie niższe wartości średniej uzyskano dla, odpowiednio: łubinu białego, następnie łubinu żółtego, wąskolistnego, a najniższe, wyraźnie odbiegające od pozostałych dla łubinu andyjskiego. Najwyższe wartości modułu w grupie łubinu żółtego uzyskano dla nasion rodu R 101 i odmiany Parys, łubinu wąskolistnego: Neptun, PRH 631, Regent i Mirela, a w grupie łubinu andyjskiego dla nasion formy epigonalnej (tab. 1). O ile w łubinie białym pod względem siły maksymalnej potrzebnej do destrukcji nasion i odkształcenia w momencie ich ściskania wyróżniała się odmiana Boros, to w odniesieniu do modułu wyraźnie wyższą wartość uzyskano dla nasion odmiany Buthan. Pod względem wartości pochłoniętej energii mierzonej w czasie obciążeń mechanicznych prowadzących do destrukcji nasion najwyższymi wartościami wyróżniały się nasiona łubinu białego odmian Boros i Buthan, w następnej kolejności nasiona łubinu wąskolistnego (Baron, Kalif i Regent), łubinu żółtego (Parys i Perkoz) i andyjskiego (formy: tradycyjna i epigonalna). Na tle wymienionych gatunków wyraźnie najniższymi i odrębnymi wartościami wyróżniają się odmiany grochu w zakresie od zaledwie 0,07 J dla nasion odmiany Milwa do 0,16 J dla nasion rodu PRH 145.

O ile wyżej przedstawione wyniki dotyczyły oceny wartości poszczególnych parametrów obciążeń mechanicznych dla każdego z badanych obiektów, to w celu poznania podobieństwa rodów i odmian pod względem analizowanych parametrów łącznie wykorzystano odległości Mahalanobisa. Z uwagi na znaczną liczbę danych porównanie podobieństwa między obiektami pod względem grubości nasion i parametrów obciążeń mechanicznych łącznie ograniczono do wybranych odmian reprezentujących każdy z gatunków (tab. 2). Największe odległości Mahalanobisa (najmniejsze podobieństwo) uzyskano dla odmian grochu Medal i Merlin w porównaniu z pozostałymi obiektami. Dotyczy to w szczególności odmiany Medal najbardziej różniącej się od pozostałych form

pod względem badanych cech. Niskim stopniem podobieństwa w stosunku do innych odmian wyróżnia się także odmiana łubinu białego Boros (tab. 2).

Bardziej podobnymi (najmniejsze odległości) okazały się obie formy łubinu andyjskiego, łubinu żółtego oraz odmiany łubinu wąskolistnego i żółtego, na przykład odmiana Talar łubinu żółtego z formami łubinu wąskolistnego. Na rysunku 1 w formie przestrzennej dwóch pierwszych zmiennych kanonicznych przedstawiono położenie odmian i rodów pod względem grubości nasion i parametrów obciążeń mechanicznych łącznie.



**Rys. 1. Rozmieszczenie odmian i rodów w układzie dwóch pierwszych zmiennych kanonicznych ( $V_1$  i  $V_2$ ) obliczonych na podstawie grubości i wartości parametrów obciążeń mechanicznych nasion.**

**Fig. 1. Distribution of cultivars and lines in the space of two canonical variates ( $V_1$  and  $V_2$ ) for seeds thickness and parameters of mechanical loads together**

Wyróżniono pięć grup skupień odmian i rodów związanych z ich przynależnością gatunkową. Najbardziej odrębnymi okazały się odmiany łubinu białego (nr 1 i 2) i grochu (nr 26–32), a następnej kolejności formy łubinu andyjskiego (nr 23–25) oraz lędźwianu siewnego (nr 33). Ostatnią grupę stanowią zbliżone do siebie odmiany łubinu żółtego (nr 3–11) i wąskolistnego (nr 12–22). Potwierdzeniem znacznej odrębności odmian grochu

i łubinu białego (zwłaszcza odmiany Boros) pod względem analizowanych cech są wyniki przedstawione w tabeli 2.

Tabela 2

**Ocena podobieństwa wyrażona odległościami Mahalanobisa dla grubości i parametrów obciążeń mechanicznych nasion u wybranych odmian i rodów reprezentujących badane gatunki**  
**Estimation of similarity expressed by Mahalanobis distances for seed thickness and parameter of mechanical loads together for chosen cultivars representing analyzed species**

|            |                             |                              |        |        |                                           |        |                                 |                     |              |        |                     |  |  |
|------------|-----------------------------|------------------------------|--------|--------|-------------------------------------------|--------|---------------------------------|---------------------|--------------|--------|---------------------|--|--|
| Boros      | 0                           |                              |        |        |                                           |        |                                 |                     |              |        |                     |  |  |
| Buthan     | 8,233                       | 0                            |        |        |                                           |        |                                 |                     |              |        |                     |  |  |
| Parys      | 11,072                      | 5,826                        | 0      |        |                                           |        |                                 |                     |              |        |                     |  |  |
| Talar      | 10,394                      | 5,135                        | 2,022  | 0      |                                           |        |                                 |                     |              |        |                     |  |  |
| Graf       | 9,369                       | 6,695                        | 3,734  | 2,832  | 0                                         |        |                                 |                     |              |        |                     |  |  |
| Mirela     | 9,595                       | 6,548                        | 3,213  | 2,486  | 0,674                                     | 0      |                                 |                     |              |        |                     |  |  |
| Samokoń    | 12,707                      | 6,266                        | 4,163  | 3,910  | 5,948                                     | 5,820  | 0                               |                     |              |        |                     |  |  |
| Epigonalny | 11,781                      | 5,840                        | 3,135  | 2,834  | 4,839                                     | 4,698  | 1,599                           | 0                   |              |        |                     |  |  |
| Medal      | 16,013                      | 19,162                       | 17,774 | 17,141 | 14,928                                    | 15,059 | 20,545                          | 19,666              | 0            |        |                     |  |  |
| Merlin     | 13,440                      | 16,273                       | 14,799 | 14,113 | 11,770                                    | 11,957 | 17,379                          | 16,527              | 3,432        | 0      |                     |  |  |
| Krab       | 10,499                      | 7,780                        | 5,794  | 4,895  | 4,018                                     | 3,843  | 8,144                           | 7,503               | 12,83        | 9,963  | 0                   |  |  |
|            | Boros                       | Buthan                       | Parys  | Talar  | Graf                                      | Mirela | samo-kończący determinate       | epigonalny epigonal | Medal        | Merlin | Krab                |  |  |
|            | Łubin biały<br>White lupine | Łubin żółty<br>Yellow lupine |        |        | Łubin wąskolistny<br>Narrow-leaved lupine |        | Łubin andyjski<br>Andean lupine |                     | Groch<br>Pea |        | Lędwian<br>Grasspea |  |  |

Zapewnienie wysokiej zawartości i jakości białka w żywieniu ludzi i zwierząt odgrywa dużą rolę w krajach EU (Święcicki i in., 2007). Obecnie 70% białka pochodzenia roślinnego jest importowane, głównie w postaci śruty poekstrakcyjnej i nasion soi z form GMO. Tymczasem większość tego zapotrzebowania mogłaby być pokrywana z upraw własnych roślin strączkowych klimatu umiarkowanego (Pahl, 2002). Na szeroki zakres zróżnicowania składu chemicznego nasion wybranych gatunków i odmian roślin strączkowych wskazują wyniki przedstawione w tabeli 3. Do gatunków o najwyższej zawartości białka w nasionach należą: łubin andyjski (44,2% i 41,3% u formy tradycyjnej i epigonalnej), a w drugiej kolejności łubin żółty z odmianami i rodami: R 1017, Lord, R 851 i R 867 również na poziomie 40% i powyżej. Według Sawickiej (1993) najważniejszą użytkową cechą łubinu andyjskiego jest zawartość białka w nasionach wynosząca średnio 45%. Jest ono bogate w cysteinę, dość zasobne w lizynę, a odznacza się deficytem metioniny i innych aminokwasów siarkowych (Brücher, 1989).

Zawartością białka na poziomie średnich 31 i 28% charakteryzują się nasiona łubinu białego i wąskolistnego z najwyższymi wartościami dla odmian Boros i Buthan (32,6 i 30,9%), a w łubinie wąskolistnym nieznacznie powyżej 30% dla odmian Graf, Baron, Neptun i Boruta. Do trzeciej grupy, o najniższej zawartości, zaliczyć można lędwian (24,9%) i groch (22,9%) z dominującą zawartością u odmiany grochu Marych (26,3%) i rodzie PRH 178 (24,7%). Średnia zawartość u grochu na poziomie 21% (Abreu i Bruno-Soares, 1998) i 25,7% (Pettersson i in., 1997) mieści się w zakresie uzyskanych wyników, a u lędwianu od 25 do 27% (Hanbury i in., 2000).

Szerszy zakres zmienności aniżeli w odniesieniu do białka obserwowano dla zawartości tłuszczu (tab. 3) z najwyższą zawartością u obiektów łubinu andyjskiego i jego formy samokończącej (15,5%). Według Sawickiej (1993) zawartość tłuszczu w nasionach łubinu andyjskiego wynosi 14%, a w niektórych wyselekcjonowanych formach do 21% (Mason i Romero, 1990).

Tabela 3

**Skład chemiczny nasion odmian i rodów gatunków roślin strączkowych**  
**Chemical composition of seeds of cultivars and lines of pulse crops**

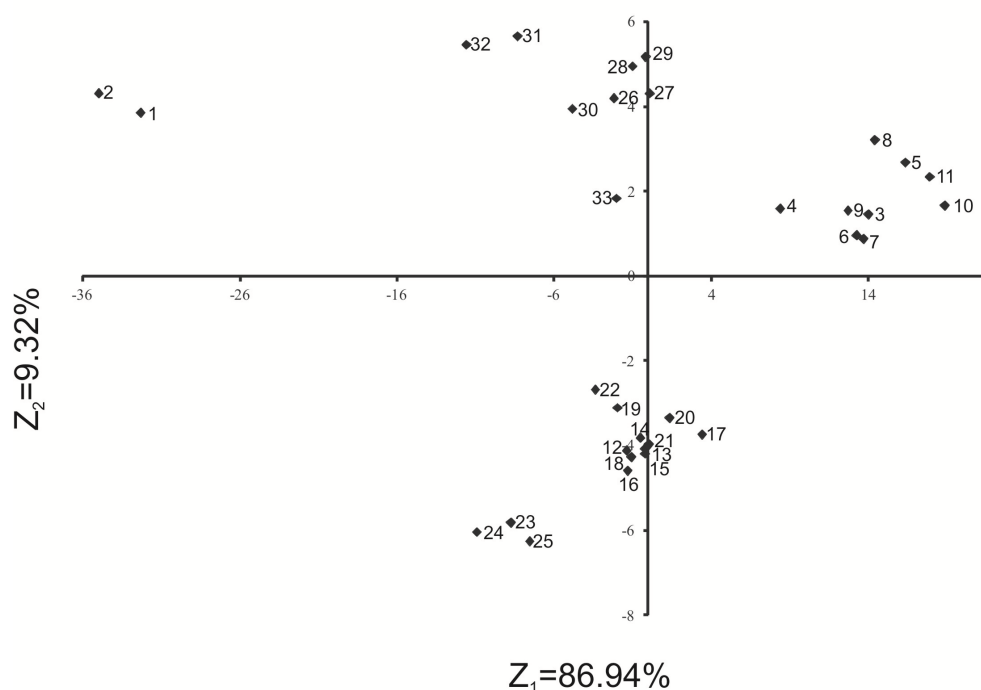
| Nr<br>No                                                    | Gatunek<br>Species                        | Odmiany<br>i rody<br>Cultivars and<br>lines | Białko<br>Protein<br>(%) | Tłuszcz<br>Fat<br>(%) | Skład kwasów tłuszczowych<br>Fatty acids composition |                   |                   |                   |                   |                   |                   |
|-------------------------------------------------------------|-------------------------------------------|---------------------------------------------|--------------------------|-----------------------|------------------------------------------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|
|                                                             |                                           |                                             |                          |                       | C <sub>16:0</sub>                                    | C <sub>18:0</sub> | C <sub>18:1</sub> | C <sub>18:2</sub> | C <sub>18:3</sub> | C <sub>20:1</sub> | C <sub>22:1</sub> |
| 1                                                           | Łubin biały                               | Boros                                       | 32,61                    | 12,09                 | 5,9                                                  | 2,4               | 60,9              | 16,7              | 8,0               | 4,3               | 1,8               |
| 2                                                           | White lupine                              | Buthan                                      | 30,94                    | 9,76                  | 6,5                                                  | 1,6               | 62,4              | 14,5              | 8,3               | 5,0               | 1,7               |
| 3                                                           | Łubin żółty<br>Yellow lupine              | Lord                                        | 42,84                    | 4,86                  | 4,6                                                  | 2,3               | 30,7              | 51,9              | 7,6               | 2,0               | 0,8               |
| 4                                                           |                                           | Mister                                      | 32,69                    | 5,25                  | 4,9                                                  | 3,1               | 33,8              | 47,2              | 7,8               | 2,2               | 1,0               |
| 5                                                           |                                           | Parys                                       | 36,41                    | 8,76                  | 4,8                                                  | 2,5               | 28,1              | 52,8              | 9,4               | 1,9               | 0,6               |
| 6                                                           |                                           | Perkoz                                      | 37,17                    | 6,30                  | 4,0                                                  | 2,6               | 31,8              | 51,8              | 6,7               | 2,3               | 0,8               |
| 7                                                           |                                           | Talar                                       | 38,11                    | 5,13                  | 5,1                                                  | 2,3               | 27,1              | 54,0              | 9,2               | 1,8               | 0,5               |
| 8                                                           |                                           | PRH 714/07                                  | 39,98                    | 4,94                  | 4,9                                                  | 2,0               | 31,4              | 52,1              | 7,0               | 2,0               | 0,6               |
| 9                                                           |                                           | R 851/03                                    | 40,50                    | 5,38                  | 5,0                                                  | 2,1               | 31,5              | 50,9              | 7,8               | 2,0               | 0,7               |
| 10                                                          |                                           | R 867/03                                    | 40,00                    | 5,35                  | 4,4                                                  | 2,1               | 27,2              | 55,3              | 7,9               | 2,1               | 0,9               |
| 11                                                          |                                           | R 1017/03                                   | 45,61                    | 5,32                  | 4,8                                                  | 2,1               | 29,5              | 51,4              | 9,8               | 1,9               | 0,6               |
| 12                                                          | Łubin wąskolistny<br>Narrow-leaved lupine | Baron                                       | 31,79                    | 5,76                  | 10,6                                                 | 4,9               | 39,6              | 39,9              | 4,6               | 0,4               | 0,0               |
| 13                                                          |                                           | Bojar                                       | 23,74                    | 6,69                  | 9,6                                                  | 4,7               | 39,8              | 41,5              | 4,0               | 0,4               | 0,0               |
| 14                                                          |                                           | Boruta                                      | 30,29                    | 5,74                  | 9,8                                                  | 5,9               | 38,9              | 40,4              | 5,0               | 0,0               | 0,0               |
| 15                                                          |                                           | Graf                                        | 32,29                    | 5,69                  | 11,1                                                 | 5,3               | 38,2              | 40,3              | 5,2               | 0,0               | 0,0               |
| 16                                                          |                                           | Kalif                                       | 23,76                    | 6,83                  | 9,4                                                  | 6,1               | 40,2              | 40,4              | 3,9               | 0,0               | 0,0               |
| 17                                                          |                                           | Mirela                                      | 27,46                    | 6,58                  | 10,5                                                 | 4,7               | 36,3              | 43,4              | 5,3               | 0,0               | 0,0               |
| 18                                                          |                                           | Neptun                                      | 30,70                    | 5,99                  | 11,7                                                 | 6,8               | 37,3              | 38,5              | 5,7               | 0,0               | 0,0               |
| 19                                                          |                                           | Regent                                      | 27,94                    | 7,76                  | 9,0                                                  | 6,0               | 39,1              | 41,2              | 4,4               | 0,3               | 0,0               |
| 20                                                          |                                           | Zeus                                        | 24,07                    | 7,62                  | 8,8                                                  | 5,3               | 41,5              | 38,7              | 5,4               | 0,4               | 0,0               |
| 21                                                          |                                           | PRH 631/08                                  | 28,90                    | 6,71                  | 9,8                                                  | 4,4               | 38,2              | 42,2              | 5,1               | 0,4               | 0,0               |
| 22                                                          |                                           | PRG 1367/08                                 | 27,35                    | 6,86                  | 10,1                                                 | 4,6               | 40,0              | 39,4              | 5,4               | 0,4               | 0,0               |
| 23                                                          | Łubin andyjski<br>Andean lupine           | Tradycyjny<br>Traditional                   | 44,20                    | 14,12                 | 11,9                                                 | 6,3               | 43,4              | 35,2              | 2,9               | 0,2               | 0,0               |
| 24                                                          |                                           | Samokończący<br>Determinate                 | 38,08                    | 15,56                 | 11,9                                                 | 5,7               | 46,3              | 33,2              | 2,8               | 0,2               | 0,0               |
| 25                                                          |                                           | Epigonalny<br>Epigonal                      | 41,37                    | 14,77                 | 11,8                                                 | 5,0               | 45,1              | 35,0              | 2,9               | 0,2               | 0,0               |
| 26                                                          | Groch<br>Pea                              | Marych                                      | 26,35                    | 1,44                  | 8,1                                                  | 3,4               | 38,4              | 37,4              | 12,7              | 0,0               | 0,0               |
| 27                                                          |                                           | Medal                                       | 20,68                    | 1,74                  | 6,7                                                  | 3,5               | 37,9              | 38,4              | 12,8              | 0,7               | 0,0               |
| 28                                                          |                                           | Merlin                                      | 21,55                    | 1,51                  | 8,1                                                  | 2,9               | 37,0              | 39,2              | 12,8              | 0,0               | 0,0               |
| 29                                                          |                                           | Milwa                                       | 21,92                    | 1,43                  | 6,6                                                  | 2,5               | 38,2              | 39,7              | 12,9              | 0,0               | 0,0               |
| 30                                                          |                                           | Muza                                        | 23,52                    | 1,59                  | 7,2                                                  | 3,4               | 41,3              | 36,3              | 11,8              | 0,0               | 0,0               |
| 31                                                          |                                           | PRH 145/08                                  | 21,37                    | 1,43                  | 7,8                                                  | 2,9               | 42,7              | 32,9              | 13,8              | 0,0               | 0,0               |
| 32                                                          |                                           | PRH 178/08                                  | 24,76                    | 1,91                  | 6,3                                                  | 2,3               | 46,5              | 31,7              | 12,2              | 0,9               | 0,0               |
| 33                                                          | Łędwian siewny<br>Grasspea                | Krab                                        | 24,96                    | 1,05                  | 6,7                                                  | 3,4               | 41,0              | 39,7              | 9,2               | 0,0               | 0,0               |
| Wartość średnia<br>Mean value                               |                                           |                                             | 31                       | 6,1                   | 7,8                                                  | 3,79              | 39                | 41                | 7,6               | 0,97              | 0,30              |
| Współczynnik zmienności (%)<br>Coefficient of variation (%) |                                           |                                             | 24                       | 62,5                  | 32,8                                                 | 40,69             | 20                | 23                | 43,7              |                   |                   |

Oprócz form łubinu andyjskiego średnią wartością powyżej 10% charakteryzują się nasiona łubinu białego (12,1% u odmiany Boros). U pozostałych odmian i rodów zawartość tłuszczu nie przekraczała 9% i średnio była ona wyższa w nasionach łubinu wąskolistnego niż żółtego, przy czym w łubinie wąskolistnym dominowała odmiana Regent i Zeus (odpowiednio 7,7 i 7,6%), a żółtym — wyraźnie odbiegająca od pozostałych — odmiana Parys (8,8%). O stopniu międzygatunkowego zróżnicowania zawartości tłuszczu świadczą bardzo niskie wartości dla grochu (średnio 1,6% z dominującą pozycją nasion rodu PRH 179 i odmiany Medal), a zwłaszcza lędźwianu siewnego na poziomie 1%. Zbliżone wartości dla grochu 1,7 i 1,3% uzyskali Abreu i Bruno-Soares (1998) oraz Petterson i in. (1997), a dla lędźwianu, na poziomie 1,0; 1,2 oraz 1,6%, odpowiednio, Latif i in. (1975); Kuo i in. (1995) oraz Infascelli i in. (1995).

Niezależnie od gatunku, w profilu kwasów tłuszczowych dominują: kwas oleinowy i linolowy (tab. 3). Obydwa kwasy stanowią ponad 70% całego profilu kwasów. Znacznej zmienności międzygatunkowej podlega natomiast ich wzajemna proporcja. Przykładem mogą być odmiany Boros i Buthan łubinu białego oraz wszystkie formy łubinu andyjskiego, gdzie w tłuszczu kwas oleinowy ( $C_{18:1}$ ) wyraźnie dominował nad kwasem linolowym ( $C_{18:2}$ ). Odmienny profil obu kwasów prezentuje tłuszcz nasion łubinu żółtego, gdzie również bez wyjątku wyraźnie dominuje wielonienasycony kwas linolowy, a nie oleinowy, z najwyższymi wartościami kwasu linolowego (także pośród wszystkich badanych odmian i rodów) dla odmiany Talar i wysokobiałkowego rodu R 867 (tab. 3). Zbliżoną proporcją zawartości kwasu oleinowego do linolowego (z przewagą jednego lub drugiego w zależności od odmiany) charakteryzują się nasiona łubinu wąskolistnego (np. odmiany Mirela i Zeus) oraz grochu (np. odmiana Merlin i ród PRH 178). Na dominującą pozycję w tłuszczu nasion grochu kwasu oleinowego i linolowego (25,1 i 42,3%) wskazują badania Petterson i in. (1997). Według Hanbury i in. (2000) profil kwasów tłuszczowych lędźwianu jest podobny do nasion innych roślin strączkowych, u których najwięcej jest kwasu linolowego i kwasu oleinowego. Na tle wszystkich gatunków na znaczną odrębność w zawartości kwasu linolenowego ( $C_{18:3}$ ) wskazują odmiany grochu z najwyższymi wartościami dla nasion rodu PRH 145 (13,8%), a nasyconego kwasu palmitynowego ( $C_{16:0}$ ) nasiona łubinu andyjskiego (11,8–11,9%) i wąskolistnego (11,7 i 11,1% dla odmian, odpowiednio, Neptun i Graf). Według Petterson i in. (1997) zawartość kwasu palmitynowego u grochu, bobiku i łubinu nie przekraczały 14% co również potwierdzono w prezentowanej pracy. Zawartość kwasu palmitynowego w nasionach lędźwianu na poziomie 10,7% stwierdził Grela i in. (1999), a 8,1% Senatore i Basso (1994). Najwyższą zawartością nasyconego kwasu stearynowego ( $C_{18:0}$ ) charakteryzowały się nasiona łubinu andyjskiego (6,3% u formy tradycyjnej) i wąskolistnego (6,8% u odmiany Neptun), a najniższą (2%) w nasionach łubinu białego oraz grochu (od 2,5 do 3,5%). Zawartość kwasu stearynowego w tłuszczu lędźwianu odmiany Krab wynosiła 3,4%, a w pracach innych autorów: 4,6% (Grela i Günter, 1995) i 6,6% (Grela i in., 1999). Z kolei nasiona łubinu białego na tle wszystkich gatunków wyróżniały się bardzo wysoką zawartością kwasu eikozenowego ( $C_{20:1}$ ) na poziomie od 5% (u odmiany Buthan) do 4,3% (u odmiany Boros). W śladowych ilościach, i to tylko w nasionach łubinu białego i żółtego, stwierdzono obecność kwasu erukowego. Pośród kwasów nienasyconych, nie syntetyzowanych w

organizmie ludzkim, należy wyróżnić wysoką zawartość w nasionach roślin strączkowych jednonienasyconego kwasu oleinowego wpływającego na obniżenie we krwi szkodliwej formy cholesterolu (LDL — lipoproteiny o małej gęstości) i o ochronnej roli w profilaktyce miażdżycy. Należy też zwrócić uwagę na wysoką zawartość wielonienasyconych kwasów, tj. kwasu linolenowego (między innymi w nasionach grochu), a zwłaszcza linolowego (nasiona łubinu żółtego) zaliczanych do grupy NNKT, tj. niezbędnych nienasyconych kwasów tłuszczowych.

Zróznicowanie odmian i rodów pod względem zawartości kwasów tłuszczowych przedstawiono w przestrzennie w układzie dwu pierwszych składowych głównych (rys. 2).



**Rys. 2. Rozmieszczenie odmian i rodów w układzie dwóch pierwszych składowych głównych obliczonych dla zawartości kwasów tłuszczowych łącznie**  
**Fig. 2. Distribution of cultivars and lines in the space of two principal components for content of fatty acids together**

Wyróżnić można pięć zasadniczych skupień odmian i rodów. Pierwsze na lewej górnej skrajnej części płaszczyzny tworzą odmiany łubinu białego (1 i 2), a drugie, obok łubinu białego, odmiany grochu (nr 26–32) i bliska botanicznie i morfologicznie odmiana lędzwanu siewnego (nr 33). Trzecie skupienie obejmujące prawą górną część płaszczyzny utworzyły odmiany i rody łubinu żółtego (nr 3–11). W dolnej części wyróżnić można dwa

dalsze skupienia, z lewej strony formy łubinu andyjskiego (nr 23–25), a w części centralnej odmiany i rody łubinu wąskolistnego (nr 12–22). Położenie przestrzenne obiektów wskazuje nie tyle na wewnątrzgatunkowe zróżnicowanie odmian i rodów, ale przede wszystkim na różnice między ocenianymi gatunkami pod względem profilu kwasów tłuszczowych. Różnice te między innymi o podłożu genetycznym, stanowić mogą interesujący przyczynek do dalszych prac hodowlanych i genetycznych nad udoskonalaniem roślin strączkowych. Na znaczne różnice w profilu kwasów tłuszczowych roślin strączkowych wskazuje również Bakoglu i in. (2009), a w rodzaju *Lathyrus* Bağcı i Sahin (2004).

Istotnym elementem oceny składu chemicznego jest wzajemne powiązanie analizowanych cech wyrażone współczynnikami korelacji (tab. 4). Zawartość białka była statystycznie istotnie i dodatnio skorelowana z zawartością tłuszczu, jak i wyłącznie z wielonienasyconymi kwasami tłuszczowymi: linolowym, linolenowym i eikozenowym. Z kolei zawartość tłuszczu była statystycznie istotnie i dodatnio skorelowana z nasyconymi kwasami: palmitynowym i stearynowym, z jednonienasyconym kwasem oleinowym i ujemnie z wielonienasyconym kwasem linolenowym (tab. 4).

Tabela 4

**Współczynniki korelacji dla cech składu chemicznego nasion, ich grubości nasion oraz modułu u odmian i rodów roślin strączkowych**  
**Correlations of coefficient among analyzed traits of chemical composition of seeds, seed thickness and modulus for cultivars and lines of pulse crops**

|                                        | Białko<br>Protein | Tłuszcz<br>Fat | C <sub>16:0</sub> | C <sub>16:1</sub> | C <sub>18:1</sub> | C <sub>18:2</sub> | C <sub>18:3</sub> | C <sub>20:1</sub> | C <sub>22:1</sub> | Grubość<br>nasion<br>Seed<br>thickness | Moduł<br>Modulus |
|----------------------------------------|-------------------|----------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|----------------------------------------|------------------|
| Białko<br>Protein                      | 1                 |                |                   |                   |                   |                   |                   |                   |                   |                                        |                  |
| Tłuszcz<br>Fat                         | 0,533**           | 1              |                   |                   |                   |                   |                   |                   |                   |                                        |                  |
| C <sub>16:0</sub>                      | -0,200            | 0,413*         | 1                 |                   |                   |                   |                   |                   |                   |                                        |                  |
| C <sub>16:1</sub>                      | -0,158            | 0,388*         | 0,884***          | 1                 |                   |                   |                   |                   |                   |                                        |                  |
| C <sub>18:1</sub>                      | -0,301            | 0,369*         | 0,346*            | 0,144             | 1                 |                   |                   |                   |                   |                                        |                  |
| C <sub>18:2</sub>                      | 0,393*            | -0,269         | -0,387*           | -0,165            | -0,979***         | 1                 |                   |                   |                   |                                        |                  |
| C <sub>18:3</sub>                      | -0,386*           | -0,746***      | -0,576***         | -0,681***         | -0,084            | -0,032            | 1                 |                   |                   |                                        |                  |
| C <sub>20:1</sub>                      | 0,426*            | 0,233          | -0,645***         | -0,650***         | 0,212             | -0,119            | 0,096             | 1                 |                   |                                        |                  |
| C <sub>22:1</sub>                      | 0,430*            | 0,227          | -0,637***         | -0,623***         | 0,196             | -0,108            | 0,090             | 0,975***          | 1                 |                                        |                  |
| Grubość<br>nasion<br>Seed<br>thickness | -0,748***         | -0,708***      | -0,098            | -0,166            | 0,134             | -0,272            | 0,758***          | -0,305            | -0,306            | 1                                      |                  |
| Moduł<br>Modulus                       | -0,516**          | -0,810***      | -0,481**          | -0,520**          | -0,107            | 0,007             | 0,848***          | 0,009             | -0,023            | 0,747***                               | 1                |

\*P<0,05; \*\* P<0,01; \*\*\* P<0,001

Wskazuje to, że wraz ze wzrostem zawartości tłuszczu zwiększa się udział mniej pożądaných kwasów nasyconych, korzystnego kwasu oleinowego lecz obniża się istotna z punktu widzenia żywieniowego zawartość kwasu linolenowego. Stąd nie tyle istotny jest wzrost zawartości tłuszczu, lecz korzystnie zbalansowany profil kwasów tłuszczowych.

Wśród licznych istotnych statystycznie zależności między poszczególnymi kwasami na uwagę zasługuje bardzo wysoki ujemny współczynnik korelacji (-0,975) między zawartością kwasu oleinowego i linolowego (tab. 4), dwoma ilościowo najważniejszymi elementami profilu kwasów tłuszczowych, stanowiącymi 70–80% ich udziału w tłuszczu nasion roślin strączkowych. Wzrost zawartości jednego z nich wpływa na obniżenie drugiego, czego dobitnym przykładem jest profil kwasów tłuszczowych nasion łubinu białego (tab. 3). Podobną zależność w odniesieniu do nasion lędźwianu siewnego uzyskali Rybiński i Starzycki (2004); Rybiński i Grela (2007) oraz Grela i inni (2010). Istotnym jest uzyskanie informacji czy skład chemiczny nasion ma związek z odpornością nasion na obciążenia mechaniczne, a jeśli tak to w jakim stopniu i z czego on wynika. Wstępny etap badań i uzyskane wyniki nie upoważniają do udzielenia jednoznacznej odpowiedzi na to pytanie. Pośród czterech parametrów oceny odporności nasion na obciążenia mechaniczne tylko wartość modułu (tab. 4) była statystycznie istotnie skorelowana z zawartością białka i tłuszczu (wartości współczynników korelacji, odpowiednio, -0,516 i -0,810). Wskazuje to, że wzrost naprężenia w nasionach w momencie pęknięcia nasiona (wyrażony wartością modułu) jest bardziej prawdopodobny jeśli nasiona zawierają mniej białka, a zwłaszcza tłuszczu. Ponadto wartość modułu była dodatnio skorelowana z grubością nasion (0,747), a grubość nasion ujemnie z zawartością białka i tłuszczu (odpowiednio: -0,748 i -0,708). W profilu kwasów tłuszczowych wartość modułu była ujemnie skorelowana z zawartością kwasu palmitynowego i stearynowego (-0,481 i -0,512) oraz dodatnio z zawartością kwasu linolenowego (0,848). Z kolei grubość nasion była istotnie skorelowana tylko z zawartością kwasu linolenowego (0,758).

Przedstawione wyniki dotyczą wstępnego etapu badań, którego celem było ocena zróżnicowania roślin strączkowych w reakcji na zastosowane obciążenia mechaniczne nasion charakteryzujących się określonym składem chemicznym. Można założyć, że obserwowany szeroki zakres zmienności odporności nasion na obciążenia mechaniczne ma związek z odmienną mikrostrukturą nasion, której znaczne zróżnicowanie dla nasion różnych form kolekcyjnych lędźwianu wykazali Rybiński i in. (2006) oraz Sadowska i in. (2013). Wybór najbardziej zróżnicowanych obiektów w prezentowanej pracy i ich ocena pod względem mikrostruktury nasion stanowić będzie kontynuację dotychczasowych badań.

#### WNIOSKI

1. Zastosowana wielo cechowa analiza statystyczna pozwoliła wykazać stopień podobieństwa odmian i rodów w reakcji na zastosowane parametry obciążeń mechanicznych nasion. Najmniejszym podobieństwem charakteryzowały odmiany i rody grochu oraz łubinu białego, a największym nasiona łubinu żółtego, wąskolistnego i andyjskiego.
2. Mimo wyraźnych różnic między gatunkami, obserwowana zmienność w obrębie każdego z gatunków pozwoliła wyodrębnić odmiany lub rody o większej (lub mniejszej) odporności na obciążenia mechaniczne. Można sądzić, że znaczne zróżnicowanie wewnątrzgatunkowe ma związek z grubością i budową okrywy

- nasiennej oraz wewnętrzną strukturą nasion, a ta z kolei wiąże się z jej zmiennością wnoszoną do odmian przez ich formy rodzicielskie.
3. Wykazano szeroki zakres zmienności zawartości białka w nasionach, przy czym dominowały w tym względzie wysokobiałkowe formy łubinu andyjskiego. Szerszej zmienności podlegała zawartość tłuszczu, począwszy od wysokotłuszczowych nasion form łubinu andyjskiego do odmian grochu i lędźwianu, o bardzo niskiej zawartości tłuszczu. Uzyskane wyniki składu chemicznego nie upoważniają na ich jednoznaczne powiązanie ze zróżnicowaną odpornością nasion na obciążenia mechaniczne. Tylko w odniesieniu do wartości naprężeń w nasionach w momencie ich pęknięcia (wyrażonych wielkością modułu) uzyskano statystycznie istotną i ujemną korelację z zawartością białka i tłuszczu. Na znaczny wpływ grubości nasion na obciążenia mechaniczne wskazuje wysoka i dodatnia wartość współczynnika korelacji z wartością modułu, przy czym grubość nasion była wysoce istotnie i ujemnie skorelowana z zawartością białka i tłuszczu, a dodatnio z zawartością kwasu linolenowego.
  4. Mimo zbliżonego profilu kwasów tłuszczowych, typowego dla nasion roślin strączkowych, z dominującą pozycją kwasu oleinowego i linolowego, obserwowano specyficzne dla gatunku odmienne proporcje udziału poszczególnych kwasów w tłuszczu ogólnym. Wyróżniają się w tym względzie nasiona odmian i rodów łubinu żółtego z wysoką zawartością wielonienasyconego kwasu linolowego i linolenowego, mających szczególne znaczenie prozdrowotne w diecie człowieka. Niezależnie od obserwowanych różnic gatunkowych i odmianowych, pozytywnie zbalansowany skład kwasów tłuszczowych jest charakterystyczny dla nasion roślin strączkowych.

#### LITERATURA

- Abreu J. M. F., Bruno-Soares A. M. 1998. Chemical composition, organic matter digestibility and gas production of nine legume grains. *Anim. Feed Sci. Technol.* 70: 49 — 57.
- Bagci E., Sahin A. 2004. Fatty acid patterns of the seeds oils of some *Lathyrus* L. species. (*Papilionideae*) from Turkey, a chemotaxonomic approach. *Pak. J. Bot.* 36 (2): 403 — 413.
- Bakoglu A., Bagci E., Cifteci H. 2009. Fatty acids, protein component and metal composition of some feed crop from Turkey. *Journal of Food, Agriculture and Environment* 7 (2): 343 — 346.
- Brücher H., 1989. *Lupinus mutabilis* Sweet. In: *Useful Plants of Neotropical Origin and Their Wild Relatives*, Springer-Verlag: 80 — 84.
- Caliński T., Kaczmarek Z. 1973. Metody kompleksowej analizy doświadczenia wielocechowego. *Colloquium Metodologiczne z Agro-Biometrii*, PAN i PTB, Warszawa, 3: 258 — 320.
- Camussi A., Ottaviano E., Caliński T., Kaczmarek Z. 1985. Genetic distance based on quantitative traits. *Genetics* 111: 945 — 962.
- Grela E. R., Günter K. D. 1995. Fatty acid composition and tocopherol content of some legume seeds. *Anim. Feed Sci. Technol.* 52: 325 — 331.
- Grela E., Jensen S. K., Jakobsen K. 1999. Fatty acids composition and content of tocopherols and carotenoids in raw and extruded grass pea (*Lathyrus sativus* L.). *J. Sci. Food Agric.* 79: 2075 — 2078.
- Grela E. R., Rybiński W., Klebaniuk R., Matras J. 2010. Morphological characteristics of some accessions of grass pea (*Lathyrus sativus* L.) grown in Europe and nutritional traits of their seeds. *Gent. Resour. Crop. Evol.* 57 (5): 693 — 701.
- Grundas S. 2004. Charakterystyka właściwości fizycznych ziarniaków w kłosach pszenicy zwyczajnej *Triticum aestivum* L. *Acta Agrophysica* 102: 1 — 64.

- Haman J. 2000. Aktualne kierunki i potrzeby badań agrofizycznych. Polskie Towarzystwo Agrofizyczne; II Zjazd Naukowy, Lublin-Dąbrowica 11–12. 09. 2000. Referaty i Doniesienia: 19 — 24.
- Hanbury C. D., White C. L., Mullan B. P., Siddique K. H. M. 2000. A review of the potential of *Lathyrus sativus* L. and *L. cicera* L. grain for use as animal feed. Anim. Feed Sci. Tech. 87: 1 — 27.
- Infascelli F., Di Lella T., Piccolo V. 1995. Dry matter, organic matter and crude protein degradability of high protein feeds in buffaloes and sheep. Zoot. Nutr. Anim. 21: 89 — 94.
- Kozak M., Bocianowski J., Rybiński W. 2013. Note on the use of coefficient of variation for data from agricultural factorial experiments. Bulgarian Journal of Agricultural Science 19 (4): 644 — 646.
- Kozak M., Bocianowski J., Sawkojć S., Wnuk A. 2010. Call for more graphical elements in statistical teaching and consultancy. Biometrical Letters 47 (1): 57 — 68.
- Księżak J. 2007. Plonowanie mieszanek łubinu wąskolistnego ze zbożami jarymi na różnych typach gleb. Zesz. Probl. Postępu Nauk Roln. 522: 255 — 260.
- Kuo Y. H., Bau H. M., Quemener B., Khan J. K., Lambein F. 1995. Solid-state fermentation of *Lathyrus sativus* seeds using *Aspergillus oryzae* sp. T-3 to eliminate the neurotoxin ODAP without loss of nutritional value. J. Sci. Food Agric. 60: 81 — 89.
- Latif M. A., Morris T. R., Jayne-Williams D. J. 1975. Use of khesari (*Lathyrus sativus* L.) in chick diets. Brit. Poult. Sci. 17: 539 — 546.
- Mahalanobis P. C. 1936. On the generalized distance in statistics. Proceedings on the National Institute of Science of India, 12: 49 — 55.
- Mason L., Romero N. 1990. Fatty acid composition in the extracted from different lupine seeds varieties. Abstracts 6<sup>th</sup> Int. Lupine. Conf., Temuco-Pucon, Chile, 1990, 13.
- Pahl H. 2002. Grain Legumes: production, consumption and trade in the EU and the world. In: Legumes for sustainable agriculture, Ed. by LINK, Strasburg, 1 — 15.
- Petterson D. S., Sipsas S., Macintosh J. B. 1997. The chemical composition and nutritive value of Australian pulses. Grain Research and Development Corporation. Canberra.
- Rencher A. C. 1998. Interpretation of canonical discriminate functions, canonical varieties, and principal components. Am. Stat. 46: 217 — 225.
- Rybiński W., Starzycki M. 2004. Ocena zmienności cech mutantów lędźwianu siewnego (*Lathyrus sativus* L.). Zesz. Probl. Post. Nauk Roln. 497: 539 — 550.
- Rybiński W., Błaszczak W., Fornal J. 2006. Seed microstructure and genetic variation of characters in selected grasspea mutants. Int. Agrophysics 20 (4): 317 — 326.
- Rybiński W., Grela E. R. 2007. Zróżnicowanie genetyczne cech i składu chemicznego nasion mutantów lędźwianu siewnego (*Lathyrus sativus* L.). Zesz. Probl. Post. Nauk Roln. 517: 613 — 627.
- Rybiński W., Bocianowski J., Pankiewicz K. 2008. Zróżnicowanie cech morfologicznych i plonotwórczych u indukowanych mutantów odmian lędźwianu siewnego (*Lathyrus sativus* L.). Biul. IHAR 249: 217 — 231.
- Rybiński W., Szot B. 2009. Związki między agrofizyką a genetyką i hodowlą roślin zbożowych oraz strączkowych. Rozprawy i Monografie, Acta Agrophysica 174: 1 — 55.
- Rybiński W., Szot B., Bocianowski J., Rusinek R. 2011. Geometric properties of grasspea seeds and their mechanical loads. Int. Agrophysics 25: 271 — 280.
- Sadowska J., Jeliński T., Błaszczak W., Konopka J., Rybiński W. 2013. The effect of seed size and microstructure of their mechanical properties and frictional behavior. Int. J. Food Properties 16(4): 813 — 825.
- Sawicka E. J. 1993. Indukowane mutacje u łubinu andyjskiego (*Lupinus mutabilis* Sweet.). Prace Ogrodu Botanicznego PAN, Monografie i Rozprawy 3: 1 — 102.
- Senatore F., Basso F. 1994. Fatty acid and sterol composition from seeds of some *Lathyrus* ecotypes. Riv. Ital. Sostanze Grasse 71: 567 — 569.
- Święcicki W., Chudy M., Żuk-Golaszewska K. 2007. Rośliny strączkowe w projektach badawczych Unii Europejskiej. Zesz. Probl. Post. Nauk Roln. 522: 55 — 65.
- Szot B., Milczak M., Wąsik A. 1998. Charakterystyka właściwości fizycznych nasion lędźwianu (*Lathyrus sativus* L.). Strączkowe Rośliny Białkowe. Ogólnopolska Konferencja Naukowa, Lublin, 4 grudnia 1998. Publikacje: 60 — 65.

- Szot B., Sosulski F. W., Stepniewski A. 1994. Mechanical strength of vitreous and mealy varieties of Canadian and Polish wheat. *Int. Agrophysics* 8: 339 — 342.
- Szot B., Rybiński W. 2011. Plant physical characteristics in breeding and varietal evaluation. *Encyclopedia of Agrophysics*, edited by Jan Gliński, Józef Horabik and Jerzy Lipiec. Published by Springer ISBN 978-90-481-3584-4; p: 610 — 621.

## SPIS TREŚCI — CONTENTS

|                                                                                                                                                                                                                                             |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |    |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Anna Strzembicka<br>Grzegorz Czajowski<br>Katarzyna Karska                                                                                                                                                                                  | Charakterystyka materiałów hodowlanych pszenicy ozimej pod względem odporności na rdzę brunatną ( <i>Puccinia triticina</i> )<br>Characteristics of the winter wheat breeding materials in respect of resistance to leaf rust <i>Puccinia triticina</i>                                                              | 7  |
| Edward Witkowski<br>Krystyna Witkowska<br>Urszula Woźna-Pawlak<br>Krzysztof Rubrycki<br>Przemysław Matysik<br>Maria Bogacka<br>Helena Bielerzewska<br>Marcin Konieczny<br>Małgorzata Łagodźka-Gola<br>Tadeusz Drzazga<br>Tadeusz Śmiałowski | Przydatność badań mrozoodporności w przewidywaniu zimotrwałości odmian pszenicy ozimej<br>Usefulness of frost resistance assessments for prediction of winter hardiness of winter wheat cultivars                                                                                                                    | 15 |
| Krystyna Witkowska<br>Edward Witkowski<br>Tadeusz Śmiałowski<br>Jacek Waga                                                                                                                                                                  | Związek białek zapasowych z zimotrwałością u wybranych mieszańców pszenicy ozimej<br>Relationship between wheat storage proteins and winter hardiness in chosen hybrids of winter wheat                                                                                                                              | 23 |
| Jerzy H. Czembor<br>Olga Doraczyńska<br>Aleksandra Pietrusińska<br>Henryk J. Czembor                                                                                                                                                        | Odporność na mączniaka prawdziwego ( <i>Blumeria graminis</i> f. sp. <i>hordei</i> ) odmian jęczmienia włączonych do badań rejestrowych w Polsce w roku 2012<br>Resistance to powdery mildew ( <i>Blumeria graminis</i> f. sp. <i>hordei</i> ) in barley cultivars included to registration trials in Poland in 2012 | 35 |
| Damian Gołębiowski<br>Kinga Myszk<br>Anna Fraś<br>Danuta Boros<br>Janusz Burek<br>Dariusz R. Mańkowski                                                                                                                                      | Ocena zróżnicowania genotypowego i środowiskowego cech wartości browarnej rodów jęczmienia jarego z doświadczeń przedrejestracyjnych z roku 2012<br>Evaluation of genetic and environmental variability of traits that determine malting quality of spring barley lines from preliminary trials in 2012              | 47 |
| Grzegorz Czajowski<br>Katarzyna Karska<br>Anna Strzembicka                                                                                                                                                                                  | Charakterystyka rodów hodowlanych pszenżyta ozimego pod względem stopnia porażenia przez <i>Puccinia triticina</i> i <i>Blumeria graminis</i><br>Characteristic of winter triticale breeding lines in terms of the degree of infestation by <i>Puccinia triticina</i> and <i>Blumeria graminis</i>                   | 59 |
| Irena Kolasińska<br>Jacek Jagodziński<br>Waldemar Brukwiński<br>Katarzyna Banaszak<br>Renata Krysztofik<br>Michał Materka                                                                                                                   | Identyfikacja wartościowych komponentów rodzicielskich do tworzenia mieszańców żyta<br>Identification of valuable parental components for creation of rye hybrids                                                                                                                                                    | 69 |

|                                                                                                                                          |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |     |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| Tadeusz Śmiałowski<br>Janusz Burek                                                                                                       | Analiza genetyczna wybranych populacji żyta ozimego ( <i>Secale cereale</i> L.) pod względem ważnych cech użytkowych<br>Część I. Epistatyczny sposób działania genów<br>A genetic analyses of selected winter rye ( <i>Secale cereale</i> L.) populations in regard to the important agricultural traits<br>Part I. The epistatic effect of the genes | 79  |
| Tadeusz Oleksiak                                                                                                                         | Stosowanie kwalifikowanego materiału siewnego a plonowanie zbóż ozimych<br>The use of certified seed and the yield of winter cereals                                                                                                                                                                                                                  | 87  |
| Kinga Myszk<br>Danuta Boros                                                                                                              | Poszukiwanie genotypów owsa o poprawionej wartości odżywczej oraz wysokich właściwościach bioaktywnych<br>Search for new genotypes of oats with improved nutritional value and high bioactive properties                                                                                                                                              | 101 |
| Henryka Jakuczun<br>Jarosław Przetakiewicz<br>Iwona Wasilewicz-Flis<br>Agnieszka Hara-Skrzypiec<br>Paulina Smyda<br>Ewa Zimnoch-Guzowska | Mieszańce diploidalne ziemniaka źródłem odporności na raka ziemniaka ( <i>Synchytrium endobioticum</i> (Schilb.) Perc.)<br>Diploid potato hybrids — a source of resistance to potato wart disease ( <i>Synchytrium endobioticum</i> (Schilb.) Perc.)                                                                                                  | 113 |
| Janusz Urbanowicz                                                                                                                        | Ocena selektywności i chwastobójczej skuteczności herbicydu Reactor 360 CS w ziemniaku<br>Evaluation of selectivity and assessment of weed control efficacy of herbicide Reactor 360 CS in potato                                                                                                                                                     | 121 |
| Michał Kostiw                                                                                                                            | Nasiennictwo ziemniaka w Polsce: uwarunkowania przyrodnicze, odmianowe i rynkowe<br>Seed potato in Poland: natural, varietal and market conditions                                                                                                                                                                                                    | 129 |
| Kamilla Kuźdowicz                                                                                                                        | Wstępna charakterystyka cech morfologicznych i użytkowych materiałów kolekcyjnych buraka pastewnego<br>Initial characterization of morphological and agronomic traits of fodder beet accessions                                                                                                                                                       | 143 |
| Barbara Symanowicz<br>Stanisław Kalembasa<br>Mateusz Niedbała                                                                            | Wpływ nawożenia azotowego rutwicy wschodniej ( <i>Galega orientalis</i> Lam.) na plon biomasy oraz zawartość w niej fosforu i siarki<br>Effect of the nitrogen fertilization on eastern galega's ( <i>Galega orientalis</i> Lam.) biomass, phosphorus and sulphur contents                                                                            | 151 |
| Grażyna Silska<br>Marcin Praczyk                                                                                                         | Deskryptory charakterystyki i waloryzacji Międzynarodowej Bazy Danych Lnu<br>Descriptors of characterization and evaluation in International Flax Database                                                                                                                                                                                            | 161 |
| Marcin Praczyk<br>Grażyna Silska                                                                                                         | Analiza zmienności i sposobu dziedziczenia komponentów struktury plonu lnu włóknistego ( <i>Linum usitatissimum</i> L.)<br>Variability and inheritance of yield components in fiber flax ( <i>Linum usitatissimum</i> L.)                                                                                                                             | 173 |
| Grażyna Mańkowska<br>Aleksandra Luwańska<br>Karolina Grygorowicz<br>Karolina Wielgus                                                     | Inicjacja sterylnych kultur <i>in vitro</i> oraz mikropropagacji ślazuwca pensylwańskiego ( <i>Sida hermaphrodita</i> R.)<br>Initiation of <i>in vitro</i> cultures and micropropagation of sida ( <i>Sida hermaphrodita</i> R.)                                                                                                                      | 183 |

|                                                                                                    |                                                                                                                                                                                                 |     |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| Wojciech Rybiński<br>Michał Starzycki<br>Robert Rusinek<br>Jan Bocianowski<br><u>Bogusław Szot</u> | Zmienność składu chemicznego nasion roślin strączkowych i ich<br>odporności na obciążenia mechaniczne<br>Variation of legume seed's chemical composition and resistance to<br>mechanical damage | 193 |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|