



Poletka hodowlane
Fot. Dorota Zgierska

BIULETYN
INSTYTUTU HODOWLI
I AKLIMATYZACJI ROŚLIN
Nr 297/298 / 2022



Poletka hodowlane
Fot. Dorota Zgierska

RADZIKÓW 2022
INSTYTUT HODOWLI I AKLIMATYZACJI ROŚLIN
— PAŃSTWOWY INSTYTUT BADAWCZY
RADZIKÓW, 05-870 BŁONIE pod WARSZAWĄ

INSTYTUT HODOWLI I AKLIMATYZACJI ROŚLIN
– PAŃSTWOWY INSTYTUT BADAWCZY
Dyrektor: dr inż. Michał Rokicki

Komitet Redakcyjny:
Editorial Team:

DARIUSZ R. MAŃKOWSKI (Redaktor Naczelny — Editor-in-Chief),
TOMASZ GÓRAL,
KRYSTYNA RYBKA,
KRZYSZTOF TREDER,
DOROTA SOŁTYS-KALINA (Sekretarz Redakcji — Editorial Secretary)

CZASOPISMO UKAZUJE SIĘ OD 1951 ROKU

Ocena jakości technologicznej rodów pszenicy jarej na potrzeby programu hodowlanego

Assessing the spring wheat quality for breeding program purpose

Sylwia Jędzura ¹✉, Anna Szafrąńska ² , Przemysław Matysik ¹

¹ Hodowla Roślin Strzelce Sp. z o.o. Grupa IHAR
99-307 Strzelce ul. Główna 20, pow. kutnowski, woj. Łódzkie

² Instytut Biotechnologii Przemysłu Rolno-Spożywczego im. prof. Wacława Dąbrowskiego
– Państwowy Instytut Badawczy
Zakład Przetwórstwa Zbóż i Piekarstwa
ul. Rakowiecka 36, 02-532 Warszawa.

✉ s_jedzura@hr-strzelce.pl

Wprowadzanie na rynek odmian pszenicy o odpowiedniej jakości technologicznej, wymaga od firmy hodowlanej przeprowadzenia niezbędnych badań oraz dysponowania sprawnym systemem selekcyjnym. W pracy przedstawiono wyniki trzyletnich badań technologicznych genotypów pszenicy jarej pochodzących z programu hodowlanego Hodowli Roślin Strzelce Sp. z o.o. Grupa IHAR. Analizie wielostronnych powiązań, metodą PCA (Principal Component Analysis), poddano parametry uzyskane w oparciu o kluczowe urządzenia do oceny jakości mąki pszennej i ciasta, tj. alveograf, mixolab i glutograf. Dwie pierwsze składowe główne wyjaśniały łącznie 60,9% całkowitej zmienności. Przeprowadzona analiza wskazała na istnienie zależności pomiędzy parametrami glutograficznymi oraz innymi badanymi wskaźnikami jakości technologicznej. Istotnie statystycznie współczynniki korelacji liniowej Pearsona ($p < 0,01$) otrzymano m.in. dla parametrów: indeks glutenu i czas rozciągania ($r = 0,610$), indeks glutenu i kąt relaksacji ($r = -0,624$) oraz czas stałości ciasta i kąt rozciągania ($r = -0,523$). Zbadano poziom i stabilność wybranych cech w kontekście badanych genotypów oraz sezonu wegetacyjnego, w którym wykonywano oznaczenia. Parametry glutograficzne w głównej mierze były kształtowane w zależności od warunków środowiskowych panujących w poszczególnych latach badań (STR(°) 77,1%; STR(s) 61,5%; RXT(°) 42,5%). Uwarunkowanie to pozwoliło na identyfikację genotypów zdolnych do utrzymania odpowiedniej jakości mechanicznej glutenu niezależnie od warunków wzrostu roślin, jak STH 07, STH 09 czy Jarlanka. Zidentyfikowane zależności dają możliwość prognozowania złożonych cech jakościowych, na podstawie mniej skomplikowanych oznaczeń i analiz uzupełniających na wczesnych etapach hodowli roślin. Wymiernym efektem takiego postępowania jest ograniczenie ilości genotypów o niekorzystnych cechach technologicznych na zaawansowanych etapach prac hodowlanych.

Słowa kluczowe: pszenica chlebowa, hodowla, glutograf, ocena jakości

Providing wheat varieties of appropriate technological quality to the market, requires the breeding company to conduct the necessary research and have an efficient selection system. The paper presents the results of three-year technological research on spring wheat genotypes from the breeding program of Hodowla Roślin Strzelce Sp. z o.o. IHAR Group. The basic parameters of key wheat flour and dough quality devices, i.e. alveograph, mixolab and glutograph were analyzed using the PCA (Principal Component Analysis). The first two principal components accounted for 60.9% of the total variation. The conducted analysis showed the existence of a relationship between glutographic parameters and other examined indicators of technological quality. Statistically significant Pearson's linear correlation coefficients ($p < 0.01$) were obtained e.g. for the parameters: gluten index and stretching time ($r = 0.610$), gluten index and relaxation angle ($r = -0.624$), dough stability and stretching angle ($r = -0.523$). The level and stability of selected traits were also tested in the context of the genotypes and the year of the assay. The glutographic parameters depended mainly on the environmental conditions in the individual growing season (STR (°) 77.1%; STR (s) 61.5%; RXT (°) 42.5%). This allowed for the identification of genotypes capable of maintaining the appropriate mechanical quality of gluten regardless of plant growth conditions, such as STH 07, STH 09 or Jarlanka. The identified relationships make it possible to predict complex dough characteristics on the basis of less complicated tests and supplementary analyzes on the early stage of breeding process. The measurable effect of such an approach, is a reduction of the number of genotypes, with unfavorable technological features, at advanced stages of breeding process.

Keywords: bread wheat, breeding, glutograph, quality evaluation

Wstęp

Hodowla jakościowa jest jednym z głównych obszarów prac nad wyprowadzaniem nowych odmian pszenicy zwyczajnej. Hodowcy dążą do otrzymywania linii o odpowiedniej wartości technologicznej, dostosowanych do oczekiwań rolników, producentów żywności, a finalnie konsumentów. Wzajemne zależności wysokiej wartości technologicznej, poziomu plonowania i pozostałych korzystnych cech rolniczych, nierzadko cha-

rakteryzują, trudne do przełamania, negatywne korelacje (Yang i in., 2020). Dla podniesienia wydajności i celowości procesu selekcyjnego firmy hodowlane dostosowują rodzaj i zakres prowadzonych analiz do stopnia zaawansowania i dostępności materiału hodowlanego (Cato i Mullan, 2020). Identyfikacja zależności pomiędzy oznaczeniami wykonywanymi w różnych fazach prac hodowlanych, pozwala na przeniesienie decyzji o eliminacji obiektów o niewystarczającej jakości, na wcześniejsze etapy. Do oceny wartości wypiekowej

ziarna i uzyskanej z niego mąki pszennej służą m.in. metody reologiczne, oparte na badaniu właściwości glutenu (Codina i in., 2010; Szafrńska i Stępniewska, 2021). Gluten wysokojakościowy charakteryzuje duża elastyczność i zwięzłość, a z powstałego na jego matrycy ciasta otrzymuje się chleb o dużej objętości, odznaczający się miękkim i równomiernym porowatości. Na kształtowaniu się cech jakościowych i ilościowych glutenu wpływa szereg czynników, począwszy od etapu uprawy pszenicy, poprzez obróbkę poźniwną ziarna, przechowywanie, na przetwarzaniu technologicznym na cele piekarnicze kończąc (Miś, 2005). Z punktu widzenia hodowlanego, najbardziej interesujące są procesy zachodzące na etapie wzrostu rośliny i dojrzewania ziarna. Kształt tych procesów zależy nie tylko od czynników uprawowych i środowiskowych, ale również od genotypu, który warunkuje zarówno poziom zawartości niektórych substancji w ziarniaku, jak również zdolność do utrzymywania ich jakości na stałym poziomie w latach (Cato i Mullan, 2020).

Do badania właściwości reologicznych ciasta służą aparaty, które nierzadko wymagają dysponowania odpowiednio dużymi próbkami mąki (Peña i in., 2007). W praktyce hodowlanej takie oznaczenia mogą być przeprowadzane na zaawansowanych etapach procesu wyprowadzania odmiany. Przeniesienie testów na wcześniejsze etapy, jak również duży zakres materiałów hodowlanych, wymaga zmniejszenia skali oznaczenia i skrócenia czasu jego trwania. Naprzeciw tym oczekiwaniom praktyki hodowlanej, wychodzi rzadziej używane urządzenie, jakim jest glutograf (Alamri i in., 2009 a, b; Kaplan Evlice i in., 2020; Cecchini i in., 2021). Jest to aparat określający elastyczność oraz właściwości glutenu podczas rozciągania i relaksacji próbki pomiędzy dwoma perforowanymi płytkami (Zaharia i in., 2014; Yıldırım i Atasoy, 2020). W trakcie pomiaru dolna płytka, obraca się względem górnej ze stałą siłą. Wyniki oznaczenia przedstawione są na wykresie: krzywa wznosząca odzwierciedla proces rozciągania, następnie po ustaniu siły rozciągającej, krzywa opada charakteryzując właściwości relaksacyjne próbki. Czas potrzebny na osiągnięcie zadanego kąta wychYLENIA płytki jest miarą właściwości rozciągania i zależy od jakości glutenu. Kąt o jaki próbka powróci do stanu pierwotnego, po ustaniu siły rozciągającej, odzwierciedla elastyczność glutenu. Zmiany te są rejestrowane w postaci funkcji czasu (Anonim, 2017; Kaplan-Evlice i in., 2020; Zaharia i in., 2014).

Celem pracy była ocena stabilności badanych cech jakościowych ziarna pszenicy w kolejnych sezonach wegetacyjnych oraz analiza zależności parametrów oceny wartości technologicznej ziarna pszenicy i mąki, a także określenie modyfikujące-

go wpływu warunków meteorologicznych na kształtowanie się niektórych cech jakościowych. Wyniki parametrów jakościowych ziarna pszenicy i cech reologicznych ciasta odniesiono do parametrów jakości glutenu, badanych za pomocą glutografu, co posłużyło do oceny jego przydatności w praktyce hodowlanej.

Materiał i metody

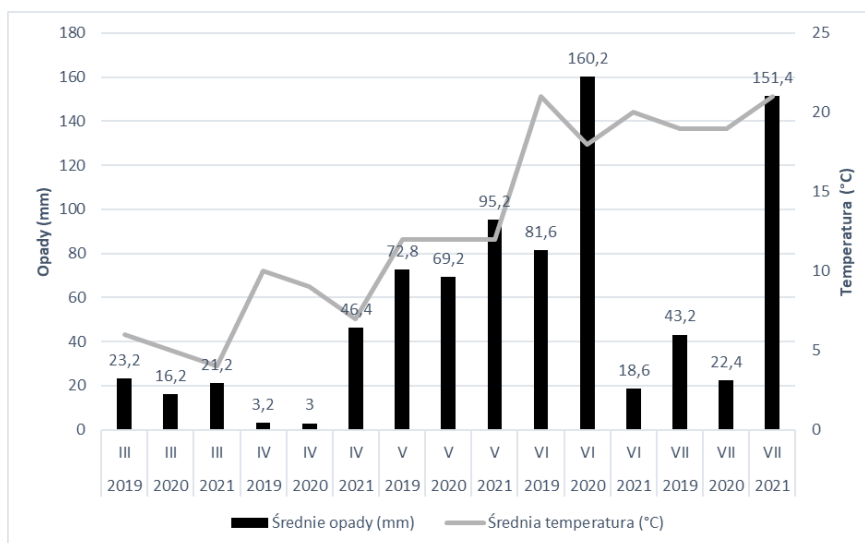
Materiał badawczy stanowiło 10 rodów pszenicy jarej (STH 01 - STH 10) oraz odmiana kontrolna Jarlanka (wzorzec COBORU), analizowanych pod kątem jakości technologicznej, podczas trzech kolejnych etapów hodowlanych (2019-2021). Próbki pobrano z jednej lokalizacji (Strzelce: 52° 18' 41" N, 19° 24' 22.4" E), a oznaczenia wykonano w dwóch powtórzeniach. Analizy zawartości białka dokonano za pomocą analizatora całoziarnowego NIRS DS2500 (FOSS). Następnie część próbki ziarna rozdrobniono w młynku tarczowym WŻ-2 Sadkiewicz w celu uzyskania śruty całoziarnowej do oceny ilości i jakości glutenu. Po wymyciu glutenu (Glutownik typ SZ-1 Sadkiewicz) oznaczono jego ilość (wg PN-EN ISO 21415-2:2015-12) oraz indeks (IG), a także parametry jakości glutenu (kąt rozciągania – ST (°), czas rozciągania – STR (s), kąt relaksacji – RXT (°) za pomocą aparatu Glutograph E (wg instrukcji producenta: Brabender GmbH & Co., Duisburg, Germany). Pozostałą część próbki ziarna poddano przemiałowi w młynie Chopin CD1 (wg PN-EN ISO 27971:2015-07) w celu uzyskania mąki do dalszych badań. Parametry oceny cech reologicznych ciasta oznaczono za pomocą urządzenia Mixolab 2 (Chopin Technologies) – Protokół ChopinS (instrukcja producenta) – wodochłonność mąki (WA), czas rozwoju, czas stałości i rozmiękczenie ciasta oraz za pomocą urządzenia AlveoLab (Chopin Technologies) (wg PN-EN ISO 27971:2015-07) – pracę odkształcenia (W), stosunek sprężystości do rozciągliwości (P/L).

Dla analizowanych lat badań, zebrano dane dotyczące długości okresu wegetacji, ze szczególnym uwzględnieniem wskaźników mogących mieć wpływ na kształtowanie się poziomów badanych cech jakościowych (Tab. 1). Przedstawiono także dane meteorologiczne, dotyczące warunków środowiskowych w analizowanych latach (Rys. 1).

W celu porównania średnich cech oraz sposobu ich kształtowania się w zależności od genotypu i sezonu wegetacyjnego, wykonano dwuczynnikową analizę wariancji (ANOVA). Określeniu wzajemnych zależności, pomiędzy wskaźnikami jakości technologicznej, posłużyła analiza składowych głównych (PCA) oraz analiza korelacji liniowej Pearsona. Obliczeń dokonano przy użyciu programu RnDExperience™ i środowiska R.

Tabela 1
Table 1Dane dotyczące okresów wegetacji w analizowanych latach (2019-2021)
Data about growing seasons in the analyzed years (2019-2021)

Rok Year	Data siewu Sowing date	Średnia data kłoszenia Mean date of heading	Średnia data dojrzałości fizjologicznej Mean date of maturity	Data zbioru Harvest date	Średnia liczba dni wypełniania się ziarna Mean number of grain development days	Liczba dni wegetacji Vegetation days number
2019	22,03	9,06	20,07	30,07	41	130
2020	19,03	12,06	29,07	10,08	48	144
2021	30,03	16,06	30,07	10,08	44	133



Rys. 1. Średnie dobowe temperatury powietrza (°C) oraz średnie miesięczne opady (mm) w okresie wegetacji analizowanych obiektów (marzec - lipiec) w latach 2019-2021 (Strzelce)

Fig. 1. Average daily air temperature (°C) and average monthly rainfall (mm) during the growing season (March - July) in 2019-2021 (Strzelce)

Wyniki i dyskusja

Spośród analizowanych lat badań (2019-2021), rok 2020 charakteryzował się najdłuższym okresem wegetacji (144 dni) oraz najdłuższym średnim czasem wypełniania się ziarna (48 dni) (Tab. 1).

Rozkład opadów był zbliżony w latach 2019 i 2020, znacznie odbiegał w 2021 roku (Rys. 1). Spośród badanych lat, rok 2021 charakteryzował się największą ilością opadów w okresie wegetacyjnym (332,8 mm), z czego zdecydowana większość wystąpiła w okresie dojrzewania ziarna (lipiec – 151,4 mm), a niewiele w okresie początkowego kształtowania się ziarniaków (czerwiec – 18,6 mm). Sytuacja odwrotna miała miejsce w roku 2020, kiedy zdecydowana większość opadów wystąpiła w czerwcu (160,2 mm), a okres dojrzewania był suchy i słoneczny, co sprzyjało gromadzeniu się białka i kształtowaniu odpowiedniej jego jakości. Duże opady w lipcu 2021 roku spowodowały problemy z porostem ziarna. Podwyższona aktywność enzymów amylolitycznych i proteolitycznych powoduje hydrolizę skrobi i białka, co z kolei jest przyczyną pogorszenia właściwości

reologicznych glutenu (Lorenz i in. 1983, Lukov i in., 1984; Rakita i in., 2015; Newberry i in., 2018). W 2021 roku zaobserwowano pogorszenie się wytrzymałości mechanicznej glutenu w badanych próbkach ziarna analizowanych genotypów, mierzonej parametrami glutograficznymi, w porównaniu do lat poprzednich.

Średnie temperatury dobowe kształtowały się na podobnym poziomie we wszystkich analizowanych latach (Rys. 1). Maksymalne temperatury wystąpiły w różnych miesiącach w zależności od roku badań – w czerwcu 2019 roku odnotowano 35,3°C, zaś w lipcu 2021 roku 33,4°C. Wysokie temperatury w okresie dojrzewania ziarniaków mogą również wpływać na pogorszenie się jakości glutenu (Blumenthal i in., 1993, Daniel i in., 2000).

Badano wpływ genotypu oraz sezonu wegetacyjnego na poziom parametrów jakościowych ziarna pszenicy (Tab. 2). Analiza wariancji wykazała istotność statystyczną różnic pomiędzy testowanymi genotypami, w obrębie wszystkich badanych cech. Istotny statystycznie ($p < 0,05$) wpływ danego roku obserwowano w zawartości białka,

ilości glutenu, STR (°), STR (s), RXT (°), czasu stałości i rozmiękczenia. W obrębie wszystkich analizowanych parametrów zaobserwowano istotną statystycznie interakcję genotypu z rokiem badań. Cechami najsilniej determinowanymi genotypem (materiał badawczy) były: praca odkształcenia W (83%), indeks glutenu IG (73,4%), stosunek sprężystości do rozciągliwości P/L (72,3%), czas rozwoju (69,4%) oraz wodochłonność WA (65,9%). Cechami silnie modyfikowanymi przez warunki danego roku były: kąt rozciągania STR (°) (77,1%) i czas rozciągania STR (s) (61,5%). Natomiast cechy, których poziom znaczący

nie zależał od interakcji genotyp \times rok badań to: ilość glutenu (56,8%) i zawartość białka (43,9%). Nieco odmienne wyniki, dotyczące parametrów glutograficznych, otrzymali Kaplan-Evllice i in. (2020). W wyniku badań próbek pszenicy, pochodzących z pięciu lokalizacji i jednego sezonu wegetacyjnego, wykazali przeważający wpływ genotypu na wskaźniki rozciągania i relaksacji. Mogło to być wywołane mniejszą zmiennością warunków pomiędzy lokalizacjami, podczas gdy w badaniach własnych obserwowano znaczne różnice warunków w latach.

Tabela 2
Table 2

Wartości statystyki F wraz z poziomami istotności dla analizowanych czynników (ANOVA)
The F statistics values with the levels of significance for the analyzed factors (ANOVA)

	Materiał badawczy Genotype (A)	Rok zbioru ziarna Harvest year (B)	Interakcja Interaction (A \times B)
Parametry jakościowe ziarna pszenicy / Wheat grain quality parameters			
Zawartość białka / Protein content	41,49***	93,9***	40,54***
Ilość glutenu / Gluten content	76,72***	44,11***	32,05***
Parametry oceny jakości gluten / Gluten quality assessment parameters			
STR (°)	26,61***	655,95***	10,84***
STR (s)	29,16***	3644,52***	29,16***
RXT (°)	37,42***	119,85***	16,93***
IG	41,27***	5,8	11,15***
Parametry oceny cech reologicznych ciasta / Dough rheological properties assessment parameters			
WA	19,4***	15,72*	4,38***
Czas rozwoju / Development time	35,52***	17,64*	4,21***
Czas stałości / Stability time	21,13***	50,78**	22,03***
Rozmiękczenie / Dough softening	20,95***	127,9***	15,4***
W	66,18***	6,0	8,95***
P/L	41,13***	10,2*	9,09***

* – istotne przy $p < 0,1$; ** – istotne przy $p < 0,05$; *** – istotne przy $p < 0,01$;

STR (°) – kąt rozciągania; STR (s) – czas rozciągania; RXT (°) – kąt relaksacji; IG – indeks glutenu; WA – wodochłonność; W – praca odkształcenia; P/L – stosunek sprężystości do rozciągliwości.

* – significant at $p < 0.1$; ** – significant at $p < 0.05$; *** – significant at $p < 0.01$;

STR (°) – stretching angle; STR (s) – stretching time; RXT (°) – relaxation angle; IG – gluten index; WA – water absorption; W – baking strength; P/L – tenacity to extensibility ratio.

Ziarno ze zbiorów 2020 roku charakteryzowało się korzystniejszymi wartościami analizowanych parametrów oceny cech reologicznych ciasta niż ziarno ze zbiorów 2021 roku (Tab. 3). Największe zróżnicowanie parametrów jakościowych, wyrażające się największymi odchyleniami standardowymi dla średnich cech, zaobserwowano w 2021 roku (Tab. 3). Rok ten pozwolił na ujawnienie się większych różnic genotypowych oraz określenie poziomu stabilności badanych rodów. Średnio najwięcej białka gromadził ród STH 05 (14,3%). Obiekt ten charakteryzował się również największą ilością glutenu (34,3%), największym kątem relaksacji (11,0°) oraz największą wodochłonnością (60,6%). Najlepszymi średnimi para-

metrami glutograficznymi (kąt rozciągania 29,6°, czas rozciągania 150,0 s) oraz najwyższym średnim indeksem glutenu (IG 93), charakteryzował się ród STH 07. Był to również obiekt najstabilniejszy pod względem wodochłonności (SD 0,43) oraz czasu rozciągania (STRs) (SD 0). Na uwagę zasługuje również ród STH 09, który charakteryzował się najniższym średnim rozmiękczeniem ciasta (32 FU) oraz korzystnym w latach stosunkiem P/L (0,9). Ponadto obiekt ten był najstabilniejszym, w analizowanych latach, w zakresie gromadzenia białka (SD 0,28) oraz wartości pracy odkształcenia (W) (SD 5,22). Odmiana wzorcowa Jarlanka odznaczała się dużą stabilnością analizowanych parametrów oraz średnimi zakresami ich

Ocena jakości technologicznej rodów pszenicy jarej na potrzeby programu hodowlanego

Tabela 3
Table 3Wartości średnie i odchylenia standardowe oraz wartości minimalne i maksymalne obserwowanych cech dla genotypów i lat
Mean values, standard deviations, minimum and maximum values of wheat quality parameters for genotypes and years

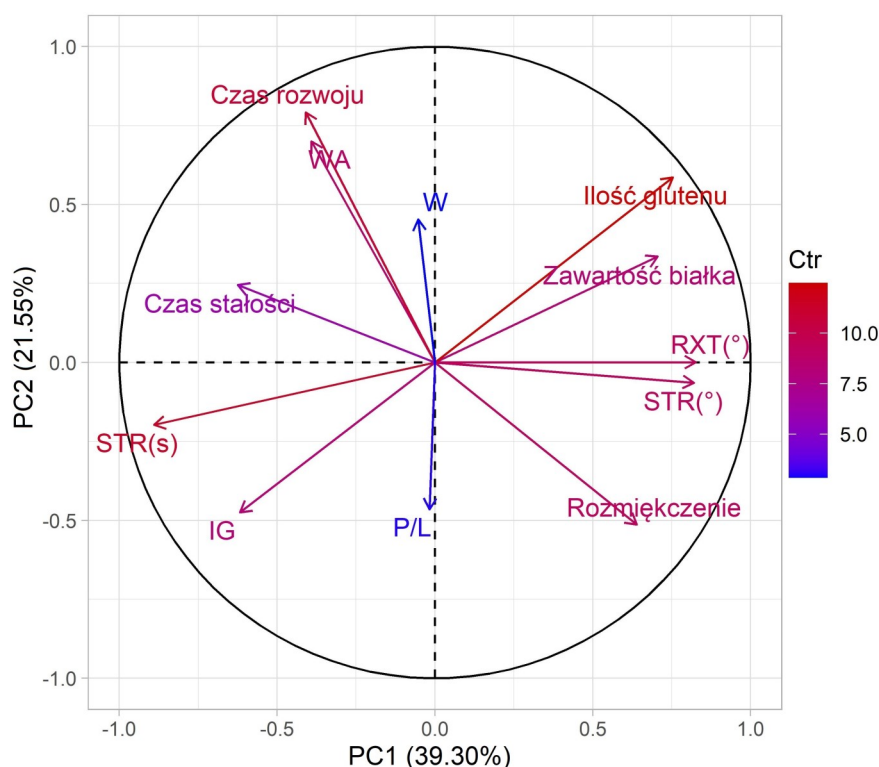
Genotypy / Genotype	Zawartość białka (%) Protein content (%)	Ilość glutenu (%) Gluten content (%)	STR (°)	STR (s)	RXT (°)	IG	WA (%)	Czas rozwoju (min) Development time (min)	Czas stability (min) Stability (min)	Rozmięczenie (FU) Softening degree (FU)	W (10 ⁻⁴ J)	P/L
STH 01	14,0 bc ± 0,35	33,1 de ± 0,78	30,6 d ± 13,80	126,8 b ± 33,27	10,9 a ± 2,87	86 d ± 1,07	55,8 f ± 1,04	2,4 d ± 0,22	6,4 cd ± 0,41	54 a ± 3,27	201 gh ± 10,69	1,52 a ± 0,60
min - max	13,4-14,4	31,8-34,0	18,1-50,0	70,7-150,0	6,8-13,7	85-87	54,3-57,2	2,0-2,5	6,0-7,0	50-59	187-217	0,70-2,17
STH 02	14,0 b ± 1,13	32,3 ef ± 3,55	31,5 d ± 13,37	125,8 b ± 34,77	7,9 d ± 2,87	90 bc ± 0,86	56,0 ef ± 1,31	2,4 d ± 0,22	3,0 f ± 1,27	52 a ± 7,66	254 de ± 21,59	0,81 b ± 0,11
min - max	12,4-15,4	27,1-35,8	18,9-50,0	66,4-150,0	5,1-13,0	89-91	54,1-57,8	2,0-2,5	1,5-4,5	43-61	230-280	0,64-0,95
STH 03	13,0 g ± 0,29	33,3 d ± 4,95	37,5 b ± 11,10	110,6 c ± 55,73	10,7 ab ± 4,33	85 d ± 0,69	57,1 de ± 0,95	3,8 b ± 0,56	5,9 de ± 1,29	41 b ± 1,80	232 f ± 13,81	0,52 de ± 0,06
min - max	12,5-13,4	28,1-40,7	22,0-50,0	27,5-150,0	6,2-17,0	84-86	55,8-58,3	3,0-4,5	4,0-7,5	38-43	213-251	0,45-0,62
STH 04	13,8 cd ± 0,80	35,9 b ± 4,77	41,0 a ± 6,47	107,6 c ± 60,01	11,0 a ± 3,49	82 e ± 3,80	58,8 bc ± 2,49	5,3 a ± 0,25	8,0 ab ± 1,54	37 bcd ± 10,79	232 f ± 20,89	0,43 ef ± 0,08
min - max	12,7-14,8	30,0-43,7	34,6-50,0	19,7-150,0	8,2-16,2	77-86	55,7-61,8	5,0-5,5	6,5-10,5	24-50	203-262	0,34-0,56
STH 05	14,3 a ± 1,01	39,8 a ± 5,21	37,7 b ± 9,62	106,9 c ± 61,03	11,0 a ± 3,30	83 e ± 3,58	60,6 a ± 0,73	5,0 a ± 1,12	5,0 e ± 0,94	39 bc ± 1,12	281 bc ± 7,36	0,8 b ± 0,06
min - max	13,4-15,9	33,6-47,6	25,4-50,0	18,5-150,0	7,3-16,2	78-88	59,6-61,5	3,5-6,5	4,0-6,5	37-40	269-289	0,72-0,90
STH 06	13,9 bc ± 0,49	34,9 e ± 4,60	36,2 bc ± 9,90	104,7 c ± 64,05	7,1 de ± 1,91	89 e ± 3,96	59,9 ab ± 0,90	3,9 b ± 0,74	5,6 de ± 2,70	40 b ± 13,58	358 a ± 34,11	0,74 bc ± 0,04
min - max	13,4-14,6	30,6-41,7	26,5-50,0	12,5-150,0	3,6-8,9	84-94	58,9-60,8	3,0-5,0	2,5-9,0	25-55	312-394	0,69-0,80
STH 07	13,1 fg ± 0,94	30,5 hi ± 2,72	29,6 d ± 11,68	150,0 a ± 0	7,5 de ± 1,11	93 a ± 0,71	57,4 d ± 0,43	3,0 c ± 0,35	7,1 bc ± 3,94	33 cd ± 12,68	270 cd ± 17,17	1,46 a ± 0,29
min - max	11,7-14,1	25,9-33,3	19,7-49,7	150,0-150,0	5,9-8,9	92-94	57,0-58,1	2,5-3,5	3,0-12,0	18-49	250-291	1,13-1,92
STH 08	13,2 f ± 0,47	29,9 i ± 1,15	38,1 b ± 9,30	127,9 b ± 31,48	8,9 c ± 1,70	91 b ± 0,61	55,2 fg ± 1,08	2,5 cd ± 0,35	5,8 de ± 2,80	57 a ± 12,84	208 g ± 17,71	0,75 bc ± 0,25
min - max	12,7-14,0	28,7-31,8	25,6-50,0	76,7-150,0	7,0-11,4	90-92	54,1-56,3	2,0-3,0	2,5-9,0	40-70	186-231	0,42-1,06
STH 09	13,9 bc ± 0,28	33,5 d ± 1,79	34,8 c ± 10,21	141,3 a ± 19,53	7,6 de ± 1,30	91 ab ± 1,84	57,5 cd ± 1,05	3,8 b ± 0,83	7,6 ab ± 3,65	32 d ± 4,92	292 b ± 5,22	0,90 b ± 0,11
min - max	13,5-14,3	30,5-35,6	26,0-50,0	97,6-150,0	6,0-9,8	89-93	56,4-58,6	3,0-5,0	3,5-11,5	26-38	285-298	0,76-1,02
STH 10	13,6 de ± 1,2	31,8 fg ± 3,53	41,1 a ± 7,30	104,6 c ± 64,26	10,0 b ± 1,95	82 e ± 2,19	54,3 g ± 1,78	2,5 cd ± 0,35	8,1 a ± 2,41	52 a ± 16,19	189 h ± 21,47	0,29 f ± 0,04
min - max	12,5-15,5	27,1-37,4	31,6-50,0	11,5-150,0	8,0-13,1	79-85	52,2-56,4	2,0-3,0	5,5-11,0	33-72	160-218	0,23-0,33
Jarlanka	13,5 e ± 0,31	31,3 gh ± 0,90	34,2 c ± 7,13	150,0 a ± 0	6,9 e ± 0,46	90 bc ± 1,46	56,5 def ± 1,58	3,9 b ± 1,14	5,6 de ± 1,67	35 bcd ± 6,76	249 ef ± 35,21	0,62 cd ± 0,14
min - max	13,0-13,9	29,8-32,2	26,2-46,5	150,0-150,0	5,9-7,4	89-92	54,5-58,7	2,5-5,0	3,5-7,5	26-45	209-286	0,46-0,81
Rok zbioru ziarna / Year off grain harvest												
2019	13,5 b ± 0,58	31,4 b ± 2,39	26,7 c ± 5,04	150,0 a ± 0	7,4 b ± 1,50	—	—	—	—	—	—	—
min - max	12,4-14,4	27,1-35,2	18,9-35,9	150,0-150,0	5,1-10,6	—	—	—	—	—	—	—
2020	13,2 c ± 0,64	31,8 b ± 2,96	31,3 b ± 7,30	150,0 a ± 0	7,8 b ± 1,89	88 a ± 2,98	57,9 a ± 2,22	4,0 a ± 1,27	7,9 a ± 2,27	37 b ± 9,97	244 b ± 46,36	0,69 b ± 0,29
min - max	11,7-14,2	25,9-39,8	18,1-42,0	150,0-150,0	3,6-13,3	83-94	54,1-61,8	2,5-6,5	4,0-12,0	18-55	160-338	0,23-1,39
2021	14,3 a ± 0,89	36,7 a ± 5,32	48,9 a ± 2,65	69,9 b ± 52,97	11,8 a ± 3,27	87 b ± 5,53	56,4 b ± 2,17	3,0 b ± 0,89	4,5 b ± 2,07	48 a ± 13,68	259 a ± 55,15	0,92 a ± 0,53
min - max	12,9-15,9	28,7-47,6	40,7-50,0	11,5-150,0	7,1-17,0	77-94	52,2-60,7	2,0-5,0	1,5-10,5	24-72	187-394	0,29-2,17

a, b, c, ... – grupy homogeniczne średnich; STR (°) – kąt rozciągania; STR (s) – czas rozciągania; RXT (°) – kąt relaksacji; IG – indeks glutenu; WA – wodochłonność; W – praca odkształcenia; P/L – stosunek sprężystości do rozciągliwości.
a, b, c, ... – means homogeneous groups; STR (°) – stretching angle; STR (s) – stretching time; RXT (°) – relaxation angle; IG – gluten index; WA – water absorption; W – water absorption; P/L – tenacity to extensibility ratio.

wartości, w porównaniu do badanych rodów hodowlanych. Badania Yildirim i Atasoy (2020) wskazują na istotny wpływ czynnika genetycznego na wartości parametrów glutograficznych. Natomiast wśród czynników wpływających na różnicowanie wodorochłonności w zależności od odmiany pszenicy, wymienieni autorzy wskazują odmianę pszenicy, twardość ziarniaka i stopień uszkodzenia skrobi. W badaniach Kaplan-Evllice i in. (2016) pszenice chlebowe charakteryzowały się czasem rozciągania na poziomie 101 s, a w badaniach Keçeli i in. (2017) w zakresie od 13 do 125 s. Natomiast pszenice durum w badaniach Kaya (2018) charakteryzowały się wartością omawianego parametru na poziomie 82,5 s, a w badaniach Yildirim i Atasoy (2020) w zakresie 69-81 s.

Współzależności pomiędzy badanymi cechami jakościowymi, a w szczególności związki pomiędzy parametrami oceny jakości glutenu i wskaźnikami oceny cech reologicznych ciasta, scharakteryzowano poprzez analizę składowych głównych – PCA (Principal Component Analysis). Wykazała ona trzy istotne składowe główne. Dwie pierwsze z nich, wyjaśniające łącznie 60,9% całkowitej zmienności, zostały wzięte pod uwagę na potrzeby niniejszego opracowania. Projekcja zmiennych na płaszczyznę dwóch pierwszych składowych głównych, wskazuje zależności powstałe pomiędzy

analizowanymi parametrami jakościowymi (Rys. 2). Cechami o najniższych wariancjach, a więc najmniejszym wkładzie informacyjnym dla powstałego modelu były: praca odkształcenia W, stosunek sprężystości do rozciągliwości P/L oraz czas stałości ciasta (najkrótsze wektory). Dokonano interpretacji głównych składowych, na podstawie najsilniej skorelowanych z nimi obserwowanych cech. Pierwsza składowa główna (PC1) dodatnio korelowała z parametrami: ilość glutenu ($r = 0,75$), zawartość białka ($r = 0,71$), kąt relaksacji RXT ($^{\circ}$) ($r = 0,83$) i kąt rozciągania STR ($^{\circ}$) ($r = 0,82$), a ujemnie z: czasem rozciągania STR (s) ($r = -0,89$), indeksem glutenu IG ($r = -0,62$) oraz czasem stałości ciasta ($r = -0,62$). Druga składowa główna (PC2) została skonstruowana głównie w oparciu o parametry dodatnio z nią korelujące jak: czas rozwoju ciasta ($r = 0,79$), wodorochłonność WA ($r = 0,70$) oraz ujemnie korelujące jak rozmiękczenie ciasta ($r = -0,51$). Na podstawie układu wektorów reprezentujących poszczególne parametry jakościowe oceniono ich wzajemne relacje, kształtujące się na przełomie trzech lat badań (2019-2021) (Rys. 2). Charakterystykę wzajemnych zależności pomiędzy analizowanymi cechami, uzupełniono o wartości współczynników korelacji liniowej Pearsona, w oparciu o dane z lat 2020-2021 (Tab. 4).



Rys. 2. Wykres parametrów jakościowych - położenie wektorów zmiennych pierwotnych, względem dwóch pierwszych składowych głównych. STR ($^{\circ}$) – kąt rozciągania, STR (s) – czas rozciągania, RXT ($^{\circ}$) – kąt relaksacji, IG – indeks glutenu, WA – wodorochłonność, W – praca odkształcenia, P/L – stosunek sprężystości do rozciągliwości.

Fig. 2. Qualitative parameters chart - original variables vectors in relation to the first two principal components. STR ($^{\circ}$) – stretching angle, STR (s) – stretching time, RXT ($^{\circ}$) – relaxation angle, IG – gluten index, WA – water absorption, W – baking strength, P/L – tenacity to extensibility ratio.

Tabela 4
Table 4Wartości współczynników korelacji liniowej Pearsona, pomiędzy analizowanymi cechami
Pearson's linear correlation coefficients values between the analyzed features

	Zawartość białka Protein content	Ilość glutenu Gluten content	STR (°)	STR (s)	RXT (°)	IG	WA	Czas rozwoju Deve- lopment time	Czas stałości Stability	Rozmiękczenie Softening degree	W
Ilość glutenu Gluten content	0,759***										
STR (°)	0,496***	0,493***									
STR (s)	-0,664***	-0,751***	-0,703***								
RXT (°)	0,445**	0,607***	0,558***	-0,737***							
IG	-0,434**	-0,654***	-0,304*	0,610***	-0,624***						
WA	-0,097	0,212	-0,210	0,182	-0,308*	0,031					
Czas rozwoju Development time	-0,123	0,180	-0,216	0,171	-0,213	-0,179	0,752***				
Czas stałości Stability	-0,475**	-0,353*	-0,523***	0,343*	-0,229	-0,126	0,124	0,378*			
Rozmiękczenie Softening degree	0,288.	0,058	0,449*	-0,365*	0,313*	-0,122	-0,400**	-0,558***	-0,631***		
W	0,263.	0,340*	-0,009	-0,113	-0,332*	0,198	0,449**	0,192	-0,247	-0,244	
P/L	-0,054	-0,145	0,055	0,118	0,016	0,436**	-0,046	-0,318*	-0,234	0,153	0,090

* – istotne przy $p < 0,1$; ** – istotne przy $p < 0,05$; *** – istotne przy $p < 0,01$;

STR (°) – kąt rozciągania; STR (s) – czas rozciągania; RXT (°) – kąt relaksacji; IG – indeks glutenu; WA – wodochłonność; W – praca odkształcenia; P/L – stosunek sprężystości do rozciągliwości.

* – significant at $p < 0.1$; ** – significant at $p < 0.05$; *** – significant at $p < 0.01$;

STR (°) – stretching angle; STR (s) – stretching time; RXT (°) – relaxation angle; IG – gluten index; WA – water absorption; W – baking strength; P/L – tenacity to extensibility ratio.

Wzrost zawartości białka był dodatnio skorelowany ze wzrostem ilości wymytego glutenu ($r = 0,759$), co jest zgodne ze wcześniejszymi badaniami Ahmad i in. (2017) oraz Szafrąńskiej i Stępniewskiej (2020). Tendencja ta wiązała się z pogorszeniem jakości glutenu mierzonym indeksem glutenu ($r = -0,434$), który w przypadku silnej struktury glutenu przejmuję wartości powyżej 80 (Yildirim i Atasoy, 2020). Czas rozwoju ciasta był silnie związany z wodochłonnością mąki ($r = 0,752$). Parametry te, podobnie jak czas stałości ciasta ($r = -0,631$), były ujemnie skorelowane z rozmiękczeniem ciasta. Matuz i in. (1999) we wcześniejszych badaniach stwierdzili korzystny wpływ wzrostu wodochłonności mąki na zwiększenie czasu stałości ciasta i wzrost jego oporności na odkształcenia mechaniczne. Badając charakter relacji parametrów glutograficznych zauważono, że wzrost kąta rozciągania STR (°) wiązał się ze wzrostem kąta relaksacji RXT (°) ($r = 0,558$), a towarzyszyło im skrócenie czasu rozciągania STR (s) (odpowiednio $r = -0,703$; $r = -0,737$). Wraz ze wzrostem wartości IG, malała wartość STR (°) ($r = -0,304$) i RXT (°) ($r = -0,624$), a rosła STR (s) ($r = 0,610$). Silny związek parametrów glutograficznych i indeksu glutenu zauważyli Kaplan-Evlice i in. (2020). Badali oni wielkość plonu oraz wpływ rozciągania i relaksacji, jak również genotypu i środowiska na niektóre parametry jakościowe ziarna pszenicy. Autorzy ci stwierdzili istotne zależności rozciągania glutenu od wartości wypiekowej W ($r = 0,714$), sprężystości ciasta P ($r = 0,419$), indeksu glutenu ($r = 0,857$), wskaźnika sedymentacyjnego Zeleny'ego ($r = 0,520$) oraz rozmiękczenia ciasta ($r = -0,535$). Istotne zależności relaksacji glutenu stwierdzono z wartością wypiekową W ($r = -0,705$), sprężystością cia-

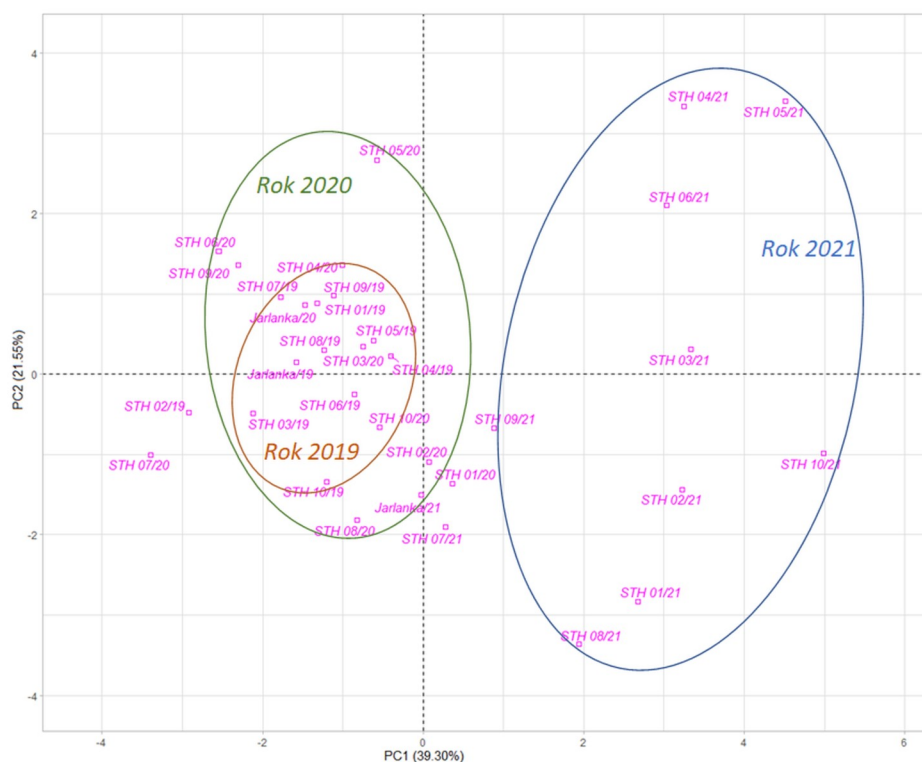
sta P ($r = -0,447$), indeksem glutenu ($r = -0,874$) i wskaźnikiem sedymentacyjnym Zeleny'ego ($r = -0,497$), a także rozmiękczeniem ciasta ($r = 0,537$). Natomiast relacja parametrów glutograficznych z zawartością białka, ilością glutenu, wodochłonnością mąki, a także objętością pieczywa były nieistotne statystycznie.

Zaharia i in. (2014) przeprowadzili analizę PCA w celu ustalenia relacji między parametrami określanymi za pomocą glutografu, farinografu i innymi parametrami jakościowymi, takimi jak wilgotność, ilość i indeks glutenu, zawartość białka, popiołu czy liczba opadania. Wyniki wykazały istotną korelację między rozpyłalnością glutenu, a indeksem glutenu i parametrami z glutografu. Parametr relaksacji był dodatnio skorelowany z rozmiękczeniem ciasta, a ujemnie ze stałością ciasta i czasem rozwoju ciasta. Parametr rozciągania glutenu był dodatnio skorelowany ze stałością ciasta i czasem rozwoju, a ujemnie z rozmiękczeniem. W badaniach własnych wykazano istotne statystycznie zależności pomiędzy kątem rozciągania i czasem stałości ($r = -0,523$) oraz dodatnią korelację pomiędzy kątem relaksacji i rozmiękczeniem ciasta ($r = 0,313$). Wyniki badań Alamri i in. (2009 a) wskazują na istotne zależności parametru rozciągania glutenu (wyrażonego w sekundach) od stałości ciasta w ocenie farinograficznej ($r = 0,578$), sprężystości ciasta P ($r = 0,524$) i wartości wypiekowej W ($r = 0,448$) w ocenie alveograficznej, a także parametrów ekstensograficznych ciasta. Natomiast relaksacja (wyrażona w BU – jednostkach Brabendera), była istotnie ujemnie skorelowana z czasem stałości ciasta ($r = -0,431$), oporem ciasta po 45 min w badaniach ekstensograficznych ($r = -0,436$), a także dodatnio skorelowana z rozciągliwością alveogra-

ficzną L ciasta ($r = 0,427$) i rozciągliwością ekstensograficzną ciasta po 45, 90 i 135 min (odpowiednio: $r = 0,507$; $r = 0,613$ i $r = 0,517$). W badaniach własnych, podobnie jak w omawianych pracach, nie stwierdzono istotnych zależności parametrów glutograficznych z wodochłonnością mąki czy czasem rozwoju ciasta. Dalsze badania Alamri i in. (2009 b), w zakresie możliwości wykorzystania glutografu, w ocenie jakości pszenicy durum, wykazały wysokie współczynniki korelacji, pomiędzy rozciąganiem określanym za pomocą glutografu, a następującymi parametrami, tradycyjnie wykorzystywanymi w ocenie jakości ciasta: czas rozwoju ciasta ($r = 0,946$), czas stałości ciasta ($r = 0,988$), sprężystość P ($r = 0,995$); cechy ekstensograficzne, takie jak opór ciasta po 45, 90 i 135 min ($r > 0,96$). Ujemne zależności stwierdzono między relaksacją glutenu, a większością parametrów oceny cech reologicznych określonych za pomocą farinografu, alweografu i ekstensografu. W większości były to jednak zależności nieistotne statystycznie.

Rozmieszczenie badanych genotypów, w układzie dwóch pierwszych składowych głównych PC1 i PC2, wskazuje na ich duże zróżnicowanie w zakresie badanych parametrów (Rys. 3). Próbkki, które zostały zgrupowane w prawej dolnej części wykresu (jak np.: STH 01/21, STH 02/21,

STH 03/21, STH 08/21, STH 10/21), odznaczały się wysokim: rozmiękczeniem ciasta, kątem rozciągania STR ($^{\circ}$) oraz kątem relaksacji RXT ($^{\circ}$), a niskimi wartościami parametrów: czas rozwoju ciasta, praca odkształcenia W, wodochłonność WA, czas rozciągania STR (s) oraz czas stałości ciasta, co wskazuje na słabą jakość badanych obiektów. Próbkki, które zostały zgrupowane w prawej górnej części wykresu (jak np.: STH 03/21, STH 04/21, STH 05/21, STH 06/21) charakteryzowały się wysoką wartością parametrów: ilość glutenu, zawartość białka, RXT ($^{\circ}$), STR ($^{\circ}$), oraz W, a także niskimi wartościami IG i STR (s). Wskazane obiekty charakteryzowały się słabą jakością glutenu, który był podatny na odkształcenia mechaniczne. Obiekty, które zostały pogrupowane na lewo od osi PC2 (próbki ziarna ze zbiorów 2019 i 2020 roku), odznaczały się lepszymi parametrami jakościowymi, o czym świadczą wysokie wartości wskaźników: STR (s), IG, czas stałości, czas rozwoju ciasta i WA; jednocześnie niskimi wartościami STR ($^{\circ}$), RXT ($^{\circ}$), zawartością białka, ilością glutenu i rozmiękczeniem ciasta. Charakteryzowały się więc dobrą i bardzo dobrą jakością technologiczną. Tylko próbki badane w latach 2019 i 2020 tworzyły skupienia, wskazujące na przynależność genotypową, w układzie współrzędnych dwóch pierwszych składowych



Rys. 3. Wykres analizowanych prób poszczególnych genotypów w latach 2019-2021, zrzuconych na dwie pierwsze składowe główne (PC1, PC2). STH 01/19 – STH 10-19, Jarlanka/19 – próby badane w roku 2019; STH 01/20 – STH 10-20, Jarlanka/20 – próby badane w roku 2020; STH 01/21 – STH 10-21, Jarlanka/21 – próby badane w roku 2021

Fig. 3. Graph of the analyzed samples of individual genotypes in the years (2019-2021), projected onto the first two principal components (PC1, PC2). STH 01/19 - STH 10-19, Jarlanka/19 - samples tested in 2019; STH 01/20 - STH 10-20, Jarlanka/20 - samples tested in 2020; STH 01/21 - STH 10-21, Jarlanka/21 - samples tested in 2021

głównych. I tak dla przykładu: próbki Jarlanka/19 i Jarlanka/20; STH 04/19 i STH 04/20 czy STH 10/19 i STH 10/20, w dwóch kolejnych sezonach badań znajdowały się w niewielkich odległościach od siebie, co świadczyło o większej stabilności tych genotypów. Wyniki przedstawione na wykresie potwierdzają różnicujące działanie warunków pogodowych panujących w roku 2021, dla którego zaobserwowano wydzielenie odrębnej grupy próbek (na prawo od osi PC2).

Podsumowanie

Badane próbki ziarna pszenicy i uzyskanej mąki cechował zróżnicowany poziom analizowanych parametrów technologicznych oraz różna zdolność do utrzymywania ich stabilności w latach. Zidentyfikowano parametry zależne genotypowo (praca odkształcenia W, indeks glutenu IG, stosunek sprężystości do rozciągliwości P/L, czas rozwoju ciasta, wodochłonność WA) oraz takie, które silnie ulegały wpływom warunków wzrostu roślin (czas rozciągania STR (s), kąt rozciągania STR (°), kąt relaksacji RXT (°)). Obie wyróżnione grupy stanowią bazę do odpowiedniego postępowania selekcyjnego. Hodowca dzięki wiedzy, które parametry charakteryzuje stabilność, zyskuje wysoką skuteczność selekcji w ich zakresie. Natomiast w odniesieniu do parametrów silnie modyfikowanych czynnikami zewnętrznymi, stosuje testowanie w różnych warunkach, aby zidentyfiko-

wać genotypy mające zdolność utrzymywania odpowiedniego poziomu cech jakościowych, nawet w niesprzyjających warunkach. Zastosowanie w niniejszej pracy glutografu umożliwiło wyodrębnienie obiektów zdolnych do utrzymywania małej aktywności enzymów proteolitycznych, a w związku z powyższym utrzymywania dobrej jakości mechanicznej glutenu.

Wykazano, że parametry odczytywane z wykresu glutografu pozostają w stałych zależnościach z wieloma parametrami oceny cech reologicznych ciasta, standardowo wykorzystywanych do badania jakości mąki (jak IG, rozmiękczenie ciasta, czas stałości ciasta). Skrócony czas analizy, niewielka skala oznaczenia oraz techniczna prostota metody czyni glutograf urządzeniem przydatnym w kontekście szybkiego testu przesiewowego w procesie selekcji genotypów pszenicy, na wczesnych etapach hodowlanych.

Podziękowania

Badania przeprowadzono w ramach projektu: „Uzyskanie nowej generacji polskich odmian rzepaku, zbóż oraz bobowatych odpornych na nowe rasy agrofagów, o lepszych zdolnościach mitygacji i adaptacji do zmian klimatu, o odpowiednich cechach technologicznych wymaganych przez konsumentów i przemysł”; Wsparcie prac przemysłowych – jakość ziarna zbóż. Numer Projektu: POIR. 01.01.01-00-0782/16-00.

Literatura

- Ahmad S., Pasha I., Saeed M., Shahid M., 2017. Principal component analysis and correlation studies of spring wheat in relation to cookie making quality. *International Journal of Food Properties*, Col. 20 (10): 2299-2313.
- Alamri M., Manthey F., Mergoum M., Elias E., Khan K., 2009 a. Assessing spring wheat quality using the glutograph instrument. *Cereal Foods World*, Vol. 54 (3): 124-131.
- Alamri M., Manthey F., Mergoum M., Elias E., Khan K., 2009 b. Use of the glutograph instrument in durum wheat quality evaluation. *Plant Sciences Research*, 2(3): 23-32.
- Anonim, 2017. Glutograph-E. Testing the quality of wet and dry gluten. Materiały informacyjne firmy Brabender® GmbH & Co. KG.
- Blumenthal C.S., Barlow E.W.R., Wrigley C.W., 1993. Growth environment and wheat quality: the effect of heat stress on dough properties and gluten proteins. *Journal of Cereal Science*, 18, 3-21.
- Cato L., Mullan D., 2020. Chapter 8 – Wheat quality: wheat breeding and quality testing in Australia. In: *Breadmaking*, edytor: Cauvain S.P., 221-259. Woodhead Publishing Series in Food Science, Technology and Nutrition, Woodhead Publishing.
- Cecchini C., Bresciani A., Menesatti P., Pagani M.A., Marti A., 2021. Assessing the Rheological Properties of Durum Wheat Semolina: A Review. *Foods*. 10(12):2947. DOI: <https://doi.org/10.3390/foods10122947>
- Codina G.G., Mironeasa S., Bordei D., Leahu A., 2010. Mixolab versus alveograph and falling number. *Czech Journal of Food Sciences* 28(3): 185-191.
- Daniel C., Triboi E., 2000. Effect of temperature and nitrogen nutrition on the grain composition of winter wheat: effects on gliadin content and composition. *Journal of Cereal Science*, 32, 45-56.
- Kaplan-Evlice A., Pehlivan A., Külen S., Keçeli A., Şanal T., Karaca K., Salantur, A., 2016. Ekmeklik Buğday (*Triticum aestivum* L.) Genotiplerinde Ekmek Hacmi ve Bazı Kalite Parametreleri Arasındaki İlişkilerin İncelenmesi. *Tarla Bitkileri Merkez Araştırma Enstitüsü Dergisi*, 25 (special issue 1), 12-18.
- Kaplan-Evlice A., Pehlivan A., Şanal T., Salantur A., Kilic G., Dugan C., Boyacı I.H., Koksel H., 2020 Utilization potential of Glutograph in wheat breeding programs and the influence of genotype and environment on bread wheat quality. *Cereal Chem.* 97: 634– 641.
- Kaya A., 2018. Nohudun Erişte Kalitesine Etkisi. Yüksek Lisans Tezi. Harran Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü. Şanlıurfa, 137 s.
- Keçeli A., Kaplan-Evlice A., Pehlivan A., Şanal T., Karaca K., Külen S., Seis-Subaşı A., Salanturksu A., 2017. Ekmeklik Buğdayda (*Triticum aestivum* L.) Zeleny Sedimentasyon Analizi ve Diğer Kalite Parametreleri ile İlişkisinin İncelenm. *Journal of Nature and Science*, 20, 292-296.
- Lorenz K., Roewe-Smith P., Kulp K., Bates L., 1983. Preharvest sprouting of winter wheat. II. Amino acid composition and functionality of flour and flour fractions. *Cereal Chemistry*, 60, 360-366.
- Lukow O.M., Bushuk W., 1984. Influence of germination on wheat quality. I. Functional (breadmaking) and biochemical properties. *Cereal Chemistry*, 61, 336-339.

- Matuz J., Markovics E., Acs E., Veha A., 1999. Study of relationships between the technological quality characters of flour of winter wheat cultivars (in Hungarian). *Novenytermeles*, 48, 243-253.
- Miś A., 2005. Wpływ wybranych czynników na wodochłonność i właściwości reologiczne glutenu pszenicy zwyczajnej (*Triticum aestivum* L.). *Acta Agrophysica, Rozprawy i Monografie* 2005(8).
- Newberry M., Zwart A.B., Whan A., Micog J.C., Sun M., Leyne E., Pritchard J., Daneri-Castro S.N., Ibrahim K., Diepeveen D., Howitt C.A., Ral J.-P.F., 2018. Does Late Maturity Alpha-Amylase Impact Wheat Baking Quality? *Frontiers in Plant Science*, Vol. 9. 1356.
- Peña R.J., Posadas-Romano G., Espinosa-Garcia B.M., Dubat A., 2007. Evaluation of gluten and starch quality parameters with the Chopin – Mixolab and other traditional flour and dough testing instruments. *Conferencia Internacional Cereales y Productos de Cereales Calidad e Inocuidad I; Rosario (Argentina)*: 23-26.
- PN-EN ISO 21415-2:2015-12, 2015. Pszenica i mąka pszenna - Ilość glutenu - Część 2: Oznaczenie glutenu mokrego i indeksu glutenu za pomocą urządzeń mechanicznych.
- PN-EN ISO 27971:2015-07, 2015. Ziarno zbóż i przetwory zbożowe - Pszenica zwyczajna (*Triticum aestivum* L.) - Oznaczenie właściwości alveograficznych ciasta przy stałym dodatku wody dla mąki handlowej lub laboratoryjnej oraz procedura przemiału laboratoryjnego.
- Rakita S., Torbica A.M., Dokić L.P., Tomić J.M., Pojić M.M., Hadnadev M.S., Dapčević Hadnadev T.R., 2015. Alpha-amylase activity in wheat flour and breadmaking properties in relation to different climatic conditions. *Food and Feed Research*, 42(2): 91-99.
- Szafrńska A., Stępniewska S.M., 2021. Changes in bread making quality of wheat during postharvest maturations. *International Agrophysics*. 35(2): 179-185.
- Yang Y., Chai Y., Zhang X., Lu S., Zhao Z., Wei D., Chen L., Hu Y.-G., 2020. Multi-Locus GWAS of Quality Traits in Bread Wheat: Mining More Candidate Genes and Possible Regulatory Network. *Frontiers in Plant Science*, Vol. 11, 1091. DOI: <https://doi.org/10.3389/fpls.2020.01091>
- Yıldırım A., Atasoy A.F., 2020. Quality characteristics of some durum wheat varieties grown in Southeastern Anatolia Region of Turkey (GAP). *Harran Tarım ve Gıda Bilimleri Dergisi*, 24(4): 420-431. DOI: <https://doi.org/10.29050/harranziraat.738505>
- Zaharia D., Danciu I., Codina G.G., Mironeasa S., Mironeasa C., 2014. Relationships of glutograph parameters with farinograph and wheat flour characteristics. *Journal of Food, Agriculture and Environment*, 12 (1): 33-36.

Wartość siewna kwalifikowanego materiału siewnego pszenicy ozimej (*Triticum aestivum* L. subsp. *aestivum*) przechowywanego w magazynie nasiennym

Seed sowing value of certified seed of winter wheat (*Triticum aestivum* L. subsp. *aestivum*) stored in storehouse

Elżbieta Małuszyńska¹ , Dariusz R. Mańkowski² 

¹ Instytut Hodowli i Aklimatyzacji Roślin – Państwowy Instytut Badawczy w Radzikowie
Zakład Bioenergetyki, Analiz Jakości i Nasiennictwa

² Instytut Hodowli i Aklimatyzacji Roślin – Państwowy Instytut Badawczy w Radzikowie
Zakład Biologii Stosowanej

✉ e.maluszynska@ihar.edu.pl

Przez pięć lat w magazynie nasiennym w latach 2013-2018 przechowywano próby kwalifikowanego materiału siewnego pszenicy ozimej odmian Tonacja i Bamberka. Corocznie badano wartość siewną nasion: zdolność kiełkowania i wigor testem wzrostowym siewki, testem suchej masy siewki oraz szybkością kiełkowania jednego ziarniaka. Wykazano, że wigor nasion obu odmian mierzony różnymi testami obniżył się istotnie po trzech-czterech latach przechowywania. Zdolność kiełkowania uległa istotnemu obniżeniu dopiero po pięciu latach przechowywania. Materiał nasienny przechowywany przez jeden do dwóch lat w magazynie nie utracił wartości siewnej, natomiast dłużej przechowywany materiał powinien być badany pod względem zdolności kiełkowania i wigoru.

Słowa kluczowe: kwalifikowany materiał siewny, przechowywanie, pszenica ozima, wartość siewna

During the five years in the storehouse seed samples of the certified winter wheat seed material variety Tonacja and Bamberka were stored in the years 2013-2018. Every year the seed sowing value was investigated: germination capacity and vigour using seedling growth test, dry seedling weight and germination rate of one kernel. The seed vigour of both varieties measured by various tests was found to decrease significantly after three-four years of storage. Germination ability decreased significantly only in fifth year of storage. The seed material stored one-two years in the storehouse did not lose its sowing value, but longer stored seeds should be investigated according to germination capacity and vigour.

Key words: certified seed material, sowing value, storage, winter wheat

Wstęp

Podczas długiego przechowywania nasiona tracą swój biologiczny potencjał, wartość ekonomiczną, a na końcu żywotność. Długość życia nasion kształtują właściwości genetyczne gatunku i warunki zewnętrzne (Łuczyńska 1976). Pierwszy czynnik związany jest z budową nasion i metabolizmem, a drugi z układem warunków w jakich nasiona dojrzewają i są przechowywane. Kompleks wymienionych czynników będzie optymalny dla zachowania pełnej żywotności, jeśli zapewni się stan anabiozy polegający na ograniczeniu procesów dysymilacyjnych podczas przechowywania. W oparciu o fizjologię przechowywania nasiona można podzielić na trzy grupy: (1) typowe (orthodox); (2) nietypowe (recalcitrant); (3) pośrednie (intermediate) (Roberts 1972). Pszenica należy do grupy o nasionach typowych, które dobrze znoszą obniżoną zawartość wody, czyli wysychanie. Według Gąsiorowskiego i Szebiotki (1974) materiał siewny zbóż może być przechowywany o wilgotności nie wyższej niż 14%. Co

roku w Polsce odnotowuje się niski tj. około 17% udział kwalifikowanego materiału siewnego w strukturze zasiewów (Oleksiak 2019). Producentów interesuje, jak długo można przechowywać materiał siewny bez utraty wartości siewnej. Nie zawsze cały materiał siewny danej odmiany zostanie sprzedany w jednym sezonie i pozostaje na rok następny. Klienci poszukują materiału z ostatniego roku zbioru i nie zwracają uwagi na materiał wyprodukowany wcześniej. Niekiedy brakuje popytu na określoną odmianę i rodzi się pytanie, czy nadal przechowywać ziarno, czy przeznaczyć na cele niesiewne. W literaturze mało jest doniesień na temat wartości siewnej kwalifikowanego materiału siewnego przechowywanego długi czas w warunkach zmiennej wilgotności i temperatury powietrza. Ellis (2022) twierdzi, że nasiona typowe, czyli typu orthodox w stanie suchym pozostają enigmą i dopiero po wyjęciu z przechowywania i zbadaniu można wnioskować o ich wartości.

Wobec powyższego celem pracy była ocena wartości siewnej kwalifikowanego materiału siew-

nego pszenicy ozimej, który przez pięć lat był przechowywany w warunkach magazynowych i co roku badany.

Material i metody

Materiałem badawczym było trzynaście prób żelaznych, czyli duplikatów pobranych przez próbobiorcę z materiału kwalifikowanego C1 pszenicy ozimej. Próby ziarna reprezentowały partie zakwalifikowane laboratoryjnie ze zbioru w roku 2013 w Radzikowie. Ogółem było sześć prób odmiany Tonacja i siedem prób odmiany Bamberka. Materiał badawczy został umieszczony w papierowych torbach w osiatkowanej, metalowej szafie w magazynie nasiennym Zakładu Doświadczalnego IHAR-PIB w Radzikowie. W okresie od jesieni 2013 roku do jesieni 2018 r. prowadzono monitoring temperatury i wilgotności względnej powietrza w magazynie. W latach 2014-2018 każdego roku oceniano zdolność kiełkowania oraz wigor różnymi metodami. Corocznie w sierpniu wykonywano analizę zdolności kiełkowania wysiewając 3×50 nasion w kuwetach według wymogów aktualnych Przepisów ISTA (2014-2018). Oceniano także wigor nasion testem wzrostowym siewki oraz suchej masy siewki zgodnie z metodyką podaną w ISTA Handbook of Vigour Test Methods

(1995). Ponadto wykonano ocenę średniego czasu kiełkowania jednego ziarniaka wg metodyki i wzoru Ellisa i Robertsa (1980).

W okresie od jesieni 2013 roku do jesieni 2018 r. prowadzono monitoring temperatury i wilgotności względnej powietrza w magazynie i stwierdzono, że temperatura wahała się od -7°C do $+31^{\circ}\text{C}$, a wilgotność od 22% do 91% (Tab. 1). W każdym roku przed dokonaniem oceny wartości siewnej badano wilgotność nasion metodą suszarkową (Przepisy ISTA 2014-2018). Zakres wilgotności nasion wynosił od 12,0% do 14,5%. Materiał badawczy był materiałem siewnym zakwalifikowanym w stopniu C1 i miał zdolność kiełkowania w chwili włożenia do magazynu na poziomie 92-93%.

Różnice pomiędzy kolejnymi latami badań analizowano za pomocą testu F analizy wariancji dla powtarzanych pomiarów, a do porównań średnich wykorzystano procedurę porównań wielokrotnych Tukeya przy poziomie istotności $\alpha = 0,05$. Zdolność kiełkowania do analizy wariancji poddano transformacji Bliss (Bliss, 1983). Obliczenia wykonano w programie Statistica w wersji 13.3 (TIBCO Software Inc., 2017). Na wykresach zaznaczono 95% przedział ufności dla wartości średniej.

Tabela 1
Table 1

Warunki środowiska w magazynie nasiennym
Environmental conditions in storehouse

Rok Year	Temperatura [$^{\circ}\text{C}$] Temperature [$^{\circ}\text{C}$]		Wilgotność względna powietrza [%] Relative air humidity [%]	
	min.	max.	min.	max.
2013	0,0	31,0	22	71
2014	-1,0	30,0	25	74
2015	3,8	31,0	31	77
2016	-7,0	31,0	30	84
2017	-5,0	30,0	25	75
2018	4,8	28,0	45	91

Wyniki i dyskusja

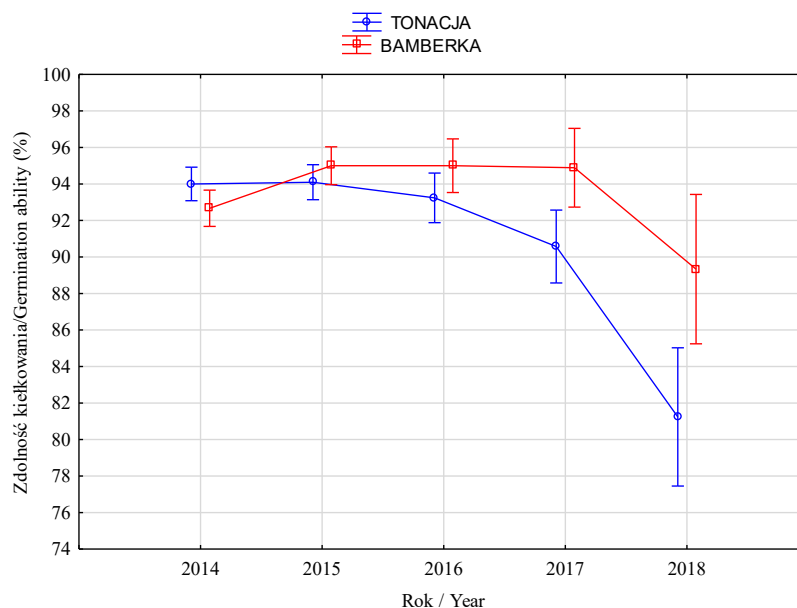
Pod względem zdolności kiełkowania analiza statystyczna wykazała istotną różnicę dla obu odmian (Tab. 2). Badany materiał nie tracił wartości siewnej aż do roku 2017, czyli po czterech latach przechowywania. Wtedy u odmiany Tonacja średnia zdolność kiełkowania wynosiła 91%, natomiast u Bamberki 95% (Rys. 1). U Tonacji obniżka zdolności kiełkowania była nieznaczna po czterech latach, natomiast po pięciu latach tj. w roku 2018 bardzo gwałtowna do wartości poniżej 82%. U Bamberki także po pięciu latach nastąpiło istotne obniżenie zdolności kiełkowania, jednak nie tak drastyczne, bo do wartości 89%. Analiza statystyczna wykazała wysoce istotny wpływ odmiany, roku badań przechowywanego materiału oraz

istotne interakcje dla wszystkich ocenianych cech (Tab. 2). Wigor nasion mierzony różnymi parametrami był zróżnicowany w zależności od odmiany oraz długości czasu przechowywania. Po pięciu latach przechowywania wigor wyrażony szybkością kiełkowania jednego ziarniaka był wyższy u odmiany Tonacja (średnio 2,74 dnia) niż u Bamberki (średnio 2,93 dnia) (Rys. 2, Tab. 2). Po roku i dwóch latach przechowywania u obu odmian wartość parametru była na podobnym poziomie. W roku 2016, czyli po trzech latach, średni czas kiełkowania jednego nasienia się wydłużył i wynosił 2-2,5 dnia. W latach następnych średni czas kiełkowania jednego nasienia wydłużył się do trzech dni, co oznacza, że starsze nasiona kiełkowały coraz wolniej. Kolasińska (2008) badała ziarno pszenicy traktowane różnymi zaprawami eko-

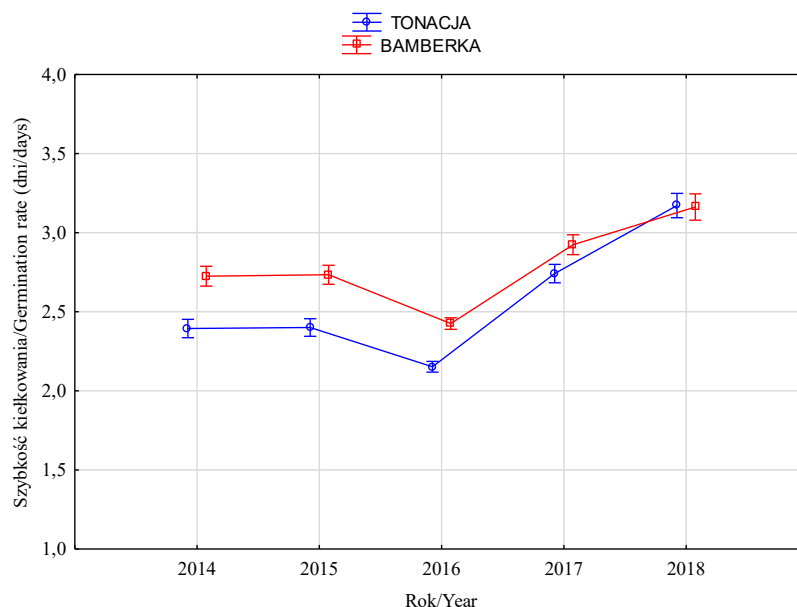
Tabela 2
Table 2Podsumowanie analizy wariancji, wartości średnie i grupy jednorodne
ANOVA summary, mean values and homogenous groups

Odmiana / Rok / Odmiana × Rok Cultivar / Year / Cultivar × Year	Zdolność kiełkowania [%] Germination ability [%]		Szybkość kiełkowania [dni] Germination rate [days]		Długość pędu [mm] Shoot Length [mm]		Długość korzenia [mm] Root Length [mm]		Sucha masa [g] Dry matter [g]	
	Średnia Mean	Grupy Groups	Średnia Mean	Grupy Groups	Średnia Mean	Grupy Groups	Średnia Mean	Grupy Groups	Średnia Mean	Grupy Groups
Bamberka	93,378	a	2,794	a	78,897	b	183,937	a	0,291	a
Tonacja	90,629	b	2,572	b	109,224	a	165,234	b	0,264	b
2014	93,333	a	2,547	c	102,626	ab	203,746	a	0,304	a
2015	94,548	a	2,554	c	107,197	a	202,640	a	0,298	a
2016	94,119	a	2,279	d	100,965	b	176,883	b	0,305	a
2017	92,730	a	2,826	b	81,119	c	136,683	d	0,231	b
2018	85,286	b	3,147	a	84,228	c	149,379	c	0,242	b
Bamberka 2014	92,667	ab	2,725	c	83,416	bcd	212,856	a	0,312	a
Bamberka 2015	95,000	a	2,734	c	85,022	bc	206,178	a	0,300	a
Bamberka 2016	95,000	a	2,426	d	79,758	cde	179,924	bc	0,314	a
Bamberka 2017	94,889	a	2,924	b	72,607	e	155,033	d	0,263	b
Bamberka 2018	89,333	c	3,162	a	73,684	de	165,696	cd	0,265	b
Tonacja 2014	94,000	a	2,394	d	119,091	a	195,937	ab	0,298	ab
Tonacja 2015	94,095	a	2,401	d	126,204	a	199,608	a	0,296	ab
Tonacja 2016	93,238	ab	2,152	e	119,143	a	174,276	cd	0,298	ab
Tonacja 2017	90,571	bc	2,741	c	88,415	bc	120,954	e	0,204	c
Tonacja 2018	81,238	d	3,171	a	93,265	b	135,392	e	0,204	c
Podsumowanie analizy wariancji dla powtarzanych pomiarów / ANOVA with repeated measures summary										
Statystyka F dla Odmiany F statistic for Cultivar	16,2**		155,10**		328,67**		34,84**		18,831**	
MSE dla czynnika MSE for factor	0,0007		0,015		136		487		0,00187	
Statystyka F dla Roku F statistic for Year	54,5**		240,19**		54,50**		114,19**		50,859**	
Statystyka F dla interakcji F statistic for interaction	5,7**		11,16**		14,82**		5,47**		5,127**	
MSE dla powtarzanych pomiarów MSE for repeated measures	0,0007		0,018		91		307		0,00096	

** — istotne przy $\alpha=0,01$; średnie z tą samą literą nie różnią się istotnie; MSE — średni kwadrat odchylenia dla błędu losowego** — significant at $\alpha=0,01$; means with the same letter do not differ significantly; MSE — mean square error



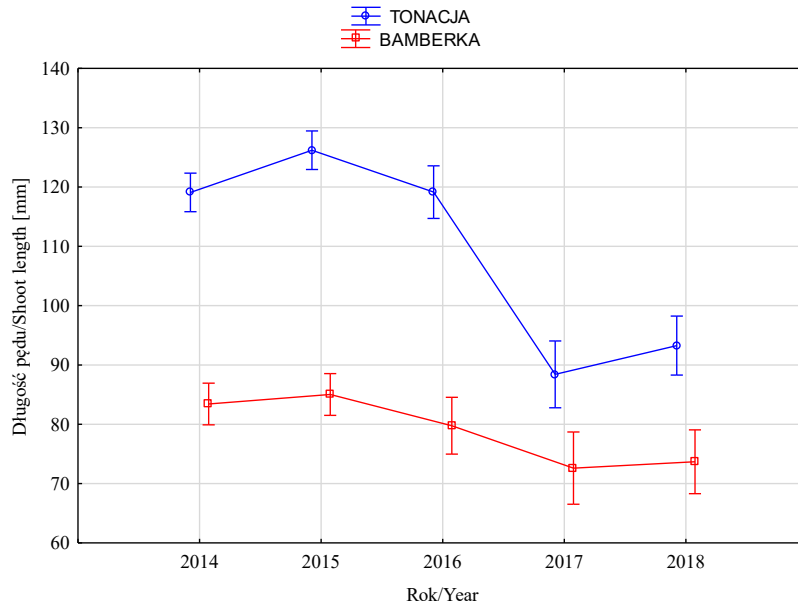
Rys. 1. Zdolność kiełkowania odmian objętych badaniami w zależności od roku [%].
Fig. 1. Germination ability of cultivars covered by the research depending on the year [%].



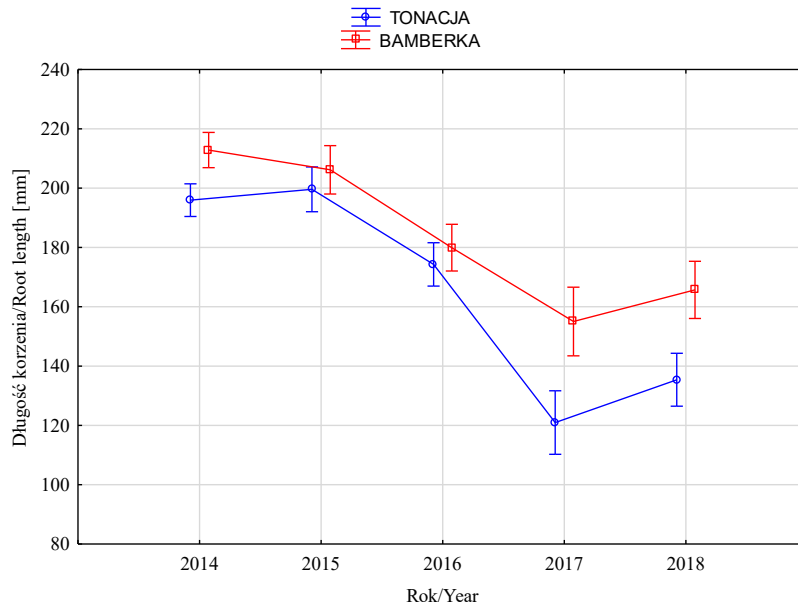
Rys. 2. Szybkość kiełkowania jednego ziarniaka [dni].
Fig. 2. Germination rate of one kernel [days].

logicznymi i stwierdziła, że ziarniaki pszenicy po zaprawieniu sodą kiełkowały najszybciej tj. po 1,3 dnia. W prezentowanych badaniach wigor był corocznie oceniany testem wzrostowym siewki. Wyższą część pędową siewki miała pszenica Tonacja (Rys. 3, Tab. 2). Po czterech latach przechowywania tj. w roku 2017 nastąpiło gwałtowne obniżenie wartości tego parametru. U Bamberki także wigor obniżył się istotnie w stosunku do roku 2014 i 2015, ale obniżenie nie było tak drastyczne, jak u Tonacji. Inaczej kształtowała się długość części korzeniowej siewki, gdyż Bamberka miała wyższą wartość w każdym roku badań (Rys. 4, Tab. 2). Po czterech latach tj. w roku 2017 u obu odmian nastąpił spadek wigoru nasion z tym, że

u Tonacji większy niż u Bamberki. Także ziarno odmiany Bamberka miały istotnie wyższy wigor pod względem suchej masy siewek normalnych po pięciu latach przechowywania (Rys. 5, Tab. 2). U obu odmian przez pierwsze trzy lata przechowywania wartość tego parametru była na takim samym poziomie, a w czwartym i piątym roku gwałtownie się obniżyła. Inni autorzy jak Grzyś i in. (1997) w swoich badaniach wykazali, że najlepszym wskaźnikiem wigoru nasion grochu i bobiku była aktywność dehydrogenaz i sucha masa siewek. W prezentowanych badaniach, tak samo jak sucha masa siewki, średnia długość części pędowej siewki była niższa w roku 2017 w porównaniu do lat poprzednich. U obu odmian już w roku



Rys. 3. Długość części pędowej siewki [mm].
Fig. 3. Shoot length of seedling [mm].

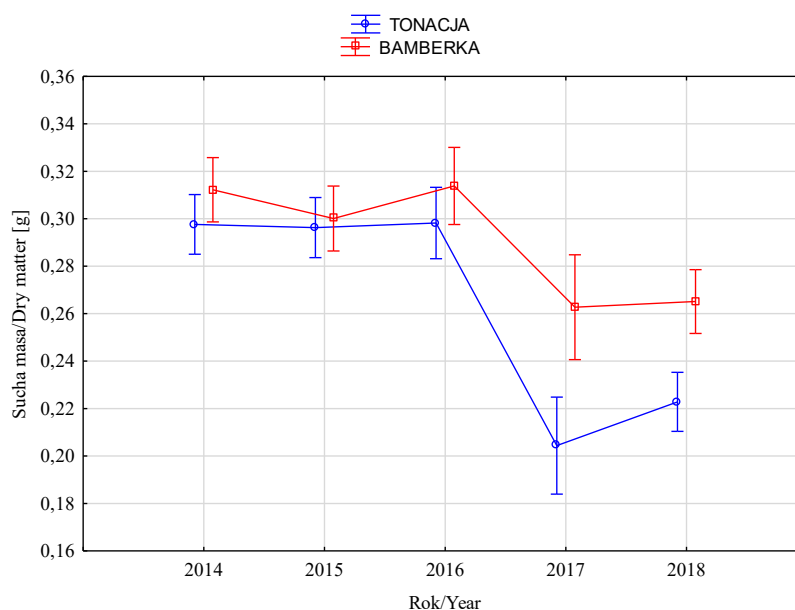


Rys. 4. Długość części korzeniowej siewki [mm].
Fig. 4. Root length of seedling [mm].

2016, czyli po trzech latach przechowywania stwierdzono istotnie niższą długość części korzeniowej siewki, która także obniżyła się w czwartym i piątym roku badań. Według Krzymuskiego (1994) degradacja materiału nasiennego w kolejnych generacjach wiąże się z obniżaniem wartości siewnej. W prezentowanych badaniach nie oceniano kolejnych generacji, ale ten sam materiał przechowywany przez kolejne lata. Starzenie się nasion zależy, nie tylko do warunków przechowywania, ale też od składu chemicznego nasion oraz ich traktowania tj. zaprawiania lub innych zabiegów. Badania Faligowskiej i in. (2012) dotyczące zaprawianych nasion łubinu wykazały obniżkę zdolności kiełkowania i wigoru już po 240 dniach prze-

chowywania. Panasiewicz i in. (2012) badały przechowywanie zaprawionego ziarna pszenicy przez 180 dni i stwierdziły istotne zmniejszenie zdolności kiełkowania i wigoru. Po 180 dniach lepszy wigor miało ziarno przechowywane w warunkach 70% wilgotności względnej powietrza niż w niższej.

Według Majchrzyckiego i Peplińskiego (2017) analiza z lat 2010-2016 wykazała, że pozycja rynkowa polskich firm hodowli pszenicy ozimej uległa pogorszeniu. Dotyczyło to zarówno liczby odmian w rejestrze jak i reprodukcji na kwalifikowanych plantacjach nasiennych. W latach prowadzenia badań (2013-2018) liczba zarejestrowanych odmian pszenicy ozimej wzrosła z 80 do 108. Nie-



Rys. 5. Sucha masa siewki [g].
Fig. 5. Dry matter of seedling [g].

stety wzrost dotyczył odmian zagranicznych, a nie krajowych. Odnosiło się to także do arealu upraw nasiennych. Proces hodowli nowej odmiany jest czasochłonny i kapitałochłonny i może trwać do 9-13 lat. Powierzchnia reprodukcji zbóż w analizowanym okresie wzrosła do 142,8 tys. ha (Oleksiak 2019). Było to korzystne z punktu widzenia poprawy efektywności produkcji pszenicy oraz jej wartości siewnej. Niemniej jednak dokonano się przy wykorzystaniu odmian hodowli zagranicznej.

Materiał siewny może być przechowywany w różnych magazynach. Bowszys (2006) już po kilku dniach stwierdził spadek zdolności kiełkowania podczas przechowywania ziarna w silosach metalowych. Natomiast Kusińska (2008) wykazała, że zdolność kiełkowania pszenicy zależała od wartości obciążenia statycznego, zawartości wody i czasu przechowywania. Autorka potwierdziła, że pszenica przechowywana przez 15 dni w silosach, w większości przypadków nie nadawała się jako materiał siewny z powodu zbyt niskiej zdolności kiełkowania. Prezentowane badania w niniejszej pracy dotyczyły prób ziarna o masie 1 kg, gdzie obciążenia statyczne nie miały miejsca. Lonc (1984) w swoich badaniach stwierdził, że gdy wysiewano materiał o zdolności kiełkowania wyższej niż 50% to warunki i czas przechowywania nie miały wpływu na wysokość plonu. Ponadto badał wilgotność pszenicy ozimej składowanej w magazynie płasko w workach z polipropylenu i ocenił, że jej wilgotność wzrastała od 11% na początku składowania do 17% w trzecim roku przechowywania. Zbyt wysoka wilgotność była przyczyną utraty wartości siewnej. Według Yadava i Ellisa (2018) taki sam materiał przechowywany w her-

metrycznych pojemnikach do trzech lat zachowywał wartość siewną, co potwierdza, że długość życia nasion jest zależna od środowiska w jakim są przechowywane. Natomiast Gabińska i in. (1991) wskazywały na związek pomiędzy obniżeniem zdolności kiełkowania w trakcie przechowywania, a występowaniem grzybów na nasionach. Autorki badały nasiona pszenżyta ozimego i stwierdziły, że zmienna temperatura przechowywania powodowała szybką utratę wartości siewnej, co było związane z uszkodzeniem ziarniaków w okolicy zarodka i stopniem porażenia przez grzyby z rodzaju *Aspergillus* i *Penicilium*. Ponadto podejmowano próby znalezienia różnych wskaźników jakości, poza zdolnością kiełkowania, które mogą informować o wartości biologicznej nasion (Delouche i Baskin, 1973). Potencjał przechowalniczy nasion jest związany z poziomem wigoru. Gdy podczas przechowywania wystąpi stres w postaci wzrostu temperatury lub wilgotności względnej, nasiona o wysokim wigorze znoszą stres lepiej. Początkowy wigor ma wpływ na stan nasion przechowywanych w warunkach kontrolowanych, czyli w niskiej temperaturze oraz niskiej zawartości wody w nasionach. Wiewióra (2006) stwierdziła, że wigor ziarna jęczmienia zmieniał się między innymi w zależności od roku zbioru, odmiany, warunków przechowywania i zaprawy. Ziarno przechowywane w stałej temperaturze -15°C charakteryzowało się lepszym wigorem niż przechowywane w warunkach niekontrolowanych. Najwyższe wartości wigoru po przechowywaniu stwierdzono dla nasion zaprawionych zaprawą Vitavax, szczególnie pod względem długości części korzeniowej siewki, która była dłuższa średnio o 7,1 mm. Mazurek (1987) badał jare gatunki zbóż

i stwierdził, że wysoka wartość reprodukcyjna została zachowana dla jęczmienia jarego i owsa przez cztery lata, dla pszenżyta przez trzy lata, a dla pszenicy jarej przez dwa lata. Kolasińska (2009) wykazała, że wartość przechowalnicza badana testem sztucznego starzenia była dobra dla jęczmienia, gdyż nie obserwowano różnicy liczby siewek normalnych przed zabiegiem sztucznego starzenia i po zabiegu. Natomiast u pszenicy i owsa zdolność kiełkowania uległa istotnemu obniżeniu po zastosowaniu testu sztucznego starzenia. Autorka badała ziarno pochodzące z ekologicznych plantacji nasiennych. Ponadto wykazała wpływ roku zbioru na szybkość degradacji ziarniaków jęczmienia i pszenicy. Prezentowane w niniejszej pracy badania dotyczą prób ziarna pszenicy ozimej o masie 1 kg i nie są reprezentatywne dla całej partii o masie 30 ton, która może być przechowywana w magazynie. Jednak wskazują na różnice wartości siewnej po przechowywaniu pomiędzy odmianami pochodzącymi z tego samego miejsca uprawy.

Podsumowanie

Dopiero po pięciu latach przechowywania stwierdzono istotne obniżenie zdolności kiełkowania materiału siewnego pszenicy ozimej. Przepro-

wadzone analizy wigoru wykazały, że pszenica Tonacja miała niższy średni czas kiełkowania jednego ziarniaka (tzn. kiełkowała szybciej) we wszystkich latach badań, poza ostatnim rokiem, gdy miała taką samą wartość jak odmiana Bamberka (ponad trzy dni). Natomiast wigor oceniany testem wzrostowym siewki wykazał istotnie różny wzrost siewek obu odmian. W każdym roku siewki Tonacji miały dłuższą część pędową, a Bamberki dłuższą część korzeniową oraz większą suchą masę siewki. Oznacza to, że pszenica Bamberka lepiej się ukorzeniła. Wykazano, że wigor ziarna obu odmian obniżył się od trzeciego-czwartego roku przechowywania, a zdolność kiełkowania uległa istotnemu obniżeniu dopiero po pięciu latach przechowywania. Na podstawie przeprowadzonych badań można stwierdzić, że analiza wartości siewnej rezerw nasiennych lub tzw. remanentów powinna być poszerzona o ocenę wigoru. W praktyce oznacza, że rolnik nie musi obawiać się utraty wartości siewnej pszenicy przechowywanej w dobrych warunkach przez rok lub dwa lata. Natomiast materiał siewny dłużej przechowywany powinien być, poza zdolnością kiełkowania, badany także pod względem wigoru nasion.

Literatura

- Bliss C.I. 1983. The Transformation of Percentages for Use in the Analysis of Variance. The Ohio Journal of Science, Vol. 38, No. 1: 9-12.
- Bowszys J. 2006. Doskonalenie technologii suszenia i przechowywania w cylindrycznych silosach zbożowych. Rozprawy Naukowe Akademii Rolniczej w Lublinie Z. 302
- Delouche J.C., Baskin C.C. 1973. Accelerated ageing techniques for predicting the storability of seed lots. Seed Sci. & Technol. 1: 117-128.
- Ellis R.H., Roberts E.H. 1980. Towards a rational basis for testing seed quality. Hebblethwaite P.D. (ed.) Seed production. London, UK: 605-635.
- Ellis R.H. 2022. Seed ageing, survival and the improved seed viability equation; forty years on. Seed Sci. & Technol. 50, 1 Suppl.: 1-20. DOI: <https://doi.org/10.15258/sst.2022.50.1.s.01>
- Faligowska A., Bartos-Spychała M., Panasiewicz K. 2012. The effect of storage period on sowing value and vigour of narrow leaved lupin dressed seed. Progress in Plant Protection/Postępy w Ochronie Roślin 52(4): 1151-1155.
- Gabińska K., Narkiewicz-Jodko M., Schneider J. 1991. Wpływ wieloletniego przechowywania na wartość siewną pszenżyta ozimego. Biul. IHAR 180: 43-56.
- Gąsiorowski H., Szebiotko K. 1974. Współczesne metody przechowywania mokrego ziarna zbóż. Post. Nauk Rol. 6: 55-68.
- Grzyś E., Bielecki K., Demczuk A. 1997. Przydatność wybranych metod w określaniu wigoru nasion grochu i bobiku. Zesz. Nauk. we Wrocławiu 308, Rolnictwo LXIX: 1-15
- Handbook of vigour test methods, 1995. ISTA Secretariat, Zurich, Switzerland
- ISTA List of Stabilized Plant Names 7th Edition. 2020. International Seed Testing Association.
- Kolasińska K. 2008. Wpływ naturalnych metod zaprawiania na zdolność kiełkowania i wigor zbóż jarych wyprodukowanych na ekologicznych plantacjach nasiennych. Biul. IHAR 247: 15-30.
- Kolasińska K. 2009. Wartość siewna i reakcja ziarniaków zbóż jarych wyprodukowanych na ekologicznych plantacjach nasiennych na stres suszy symulowanej glikolem polietylenowym. Biul. IHAR 251: 53-66.
- Krzymuski J. 1994. Optymalizacja częstości wymiany odmian i nasion zbóż. Cz. 4 Degeneracja nasion. Biul. IHAR 189: 141-149.
- Kusińska E. 2008. Wpływ warunków przechowywania ziarna pszenicy na zdolność kiełkowania. Inżynieria Rolnicza 9 (107): 165-171.
- Lonc W. 1984. Wpływ warunków przechowywania ziarna siewnego pszenicy ozimej, żyta i jęczmienia jarego na zdolność kiełkowania i plony. Biul. IHAR 153: 165-184.
- Luczyńska J. 1976. Biochemiczne aspekty procesu starzenia się nasion. Wiad. Bot. XX z. 3: 169-179
- Majchrzycki D., Pepliński B. 2017. Analiza rynku kwalifikowanego materiału siewnego pszenicy ozimej. Roczniki Naukowe Stowarzyszenia Ekonomistów Rolnictwa i Agrobiznesu. Tom. XIX z. 2: 158-164
- Mazurek J. 1987. Wpływ czasu przechowywania na wartość siewną i reprodukcyjną ziarna zbóż jarych. Pam. Puł. z. 89: 155-163.
- Oleksiak T. 2019 Rynek nasion. Analizy Rynkowe. Rynek środków produkcji dla rolnictwa – stan i perspektywy. Nr 46: 37-44

Panasiewicz K., Faligowska A., Pocijewska M. 2012. Wartość siewna oraz wigor zaprawianego ziarna dwóch odmian pszenicy ozimej w zależności od warunków przechowywania. Nauka, Przym. Technol. 6(3):1-8

Przepisy Oceny Nasion ISTA, 2014-2018, Wydanie polskie. IHAR-PIB, Radzików.

Roberts E.H. 1972. Viability of seeds. The Scientific Division of Associated Book Publishers. London: 59-63.

TIBCO Software Inc. 201. Statistica (data analysis software system), version 13. <http://statistica.io>.

Wiewióra B. 2006. Wartość siewna, zdrowotność i skład chemiczny ziarna jęczmienia jarego przechowywanego w różnych warunkach. Biul. IHAR 242: 89-103.

Rożnik przerośnięty (*Silphium perfoliatum* L.) – perspektywy wykorzystania na biogaz i paszę

Cup plant (*Silphium perfoliatum* L.) – prospects for use for biogas and feed

Danuta Martyniak , Grzegorz Żurek 

Instytut Hodowli i Aklimatyzacji Roślin - Państwowy Instytut Badawczy, Radzików, 05-870 Błonie

 g.zurek@ihar.edu.pl

Rożnik przerośnięty (sylfia) to gatunek o dużym, ale wciąż jeszcze niedostatecznie wykorzystanym potencjale zarówno jako źródło biomasy do produkcji energii w biogazowni, wartościowej paszy dla bydła jak i innych rozlicznych zastosowań np. w rekultywacji, fitoremediacji oraz pszczelarstwie. Jego zastosowanie w praktyce rolniczej jest nierozdzielnie związane z wiedzą na temat uprawy oraz dostępem do nasion odmian zarejestrowanych w Polsce. Pierwsze krajowe odmiany tego gatunku dostępne są już od roku 2018. Niniejszy artykuł zawiera podstawowe informacje, niezbędne do prowadzenia uprawy.

Słowa kluczowe: biogaz, biomasa, sylfia

Cup plant is a species with a large but still underutilized potential, both as a source of biomass for the production of energy in a biogas plant, valuable feed for cattle as well as numerous other applications, e.g., in reclamation, phytoremediation and beekeeping. Its use in agricultural practice is close linked to the knowledge of cultivation and access to seeds of varieties registered in Poland. The first domestic varieties of cup plant have been available since 2018, while this article contains the basic information necessary for cultivation.

Key words: biogas, biomass, cup plant

Wstęp

Opis gatunku i cechy użytkowe

Rożnik przerośnięty to roślina wieloletnia z rodziny astrowatych (*Asteraceae*), pochodząca z północnoamerykańskich prerii. Dorasta do 2,5 do 3,0 m wysokości (Rys. 1), jego łodyga jest gruba, owłosiona, czterokanciasta. Liście są ustawione naprzeciwległe i zrosnięte ze sobą, tworzą zagłębienie (kielich) przy pniu łodygi, gdzie zbiera

się woda z rosy, co stanowi swoisty wodopój dla ptaków i owadów. Stąd również wywodzi się angielska nazwa tej rośliny – ‘cup plant’.

Rożnik jest rośliną okazałą i bardzo dekoracyjną (Rys. 1), o rozbudowanym systemie korzeniowym sięgającym do 2 m głębokości. Gatunek ten sukcesywnie powiększa zajmowaną powierzchnię dzięki płytkim odrostom korzeniowym - poprzez coroczny przyrost pędów (nawet 20 szt. na 1 m²)



Ryc. 1. Rośliny rożnika przerośniętego w pełni rozwoju
Fig. 1. Plants of cup plant at full development stage

po kilku latach tworzy potężną kępę. Na jednym stanowisku można go uprawiać 12-15 lat.

Jednym z możliwych sposobów wykorzystania roznika jest przeznaczenie go na **paszę** do skarmiania przez bydło czy owce (bezpośredniego lub po ścięciu). Z uwagi na długi okres wegetacji (w porównaniu np. do kukurydzy) oraz rozbudowany system korzeniowy (roślina wieloletnia), roznik w swej biomacie gromadzi znacznie więcej makro- i mikroelementów niż jednoroczne rośliny pastewne. Należy to uwzględnić przy bilansowaniu dawek paszowych dla zwierząt. Możliwe do uzyskania plony biomasy zielonej roznika, dochodzące do 100 t zielonej masy z 1 ha porównywane są np. do plonów koniczyny czerwonej lub lucerny mieszańcowej (Woźniak i Góral, 1998). Innym sposobem wykorzystania roznika jest przeznaczenie go do produkcji **biogazu** (Martyniak, 2016). Biomasa tego gatunku może być wykorzystana jako samodzielny substrat lub w mieszance z innymi komponentami. Wydajność metanowa tego gatunku szacowana jest na ok. 20% mniej niż wydajność kukurydzy będącej wzorcem wydajności metanowej. Według badań Mast i wsp. (2014) z 1 ha uprawy roznika można uzyskać od ponad 3500 do 4500 m³ metanu, przy wydajności z uprawy kukurydzy na poziomie 6000 m³ metanu.

Rośliny roznika mogą stanowić również cenne źródło substancji dla przemysłu **farmaceutycznego** i **kosmetycznego** z uwagi na korzystne zawartości substancji mineralnych oraz metabolitów pierwotnych, tj.: białka (bogatego w aminokwasy egzogenne), węglowodanów (w tym inuliny w kłączach), kwasu L-askorbinowego, a także metabolitów wtórnych, tj.: terpenów z olejkami eterycznymi, saponin triterpenowych – oleanozydów, karotenoidów, kwasów fenolowych, związków tanino-garbnikowych oraz flawonoidów. Stwierdzono np. że oleanozydy wyizolowane z liści roznika – tzw. silphiozydy obniżają poziom cholesterolu (Kowalski, 2002). Roznik jest również cennym gatunkiem **miododajnym**. Z 1 ha uprawy roznika można uzyskać około 500 kg miodu (Jabłoński i Kołtowski, 2005) oraz około 300 kg pyłku (Kołtowski, 2006).

W warunkach klimatycznych Polski roznik przerośnięty zazwyczaj zaczyna kwitnąć na początku lipca i proces ten trwa aż do października. Kwiaty mają średnicę od 5 do 8 cm i produkują nektar oraz pyłek atrakcyjne dla wielu owadów, w tym pszczoł. Nasiona dojrzewają sukcesywnie od przełomu sierpnia i września do połowy października, a na jednej roślinie można znaleźć w tym samym czasie dojrzałe nasiona oraz dopiero rozwijające się pąki kwiatowe. Długi okres kwitnienia i dojrzewania nasion sprzyja pożytkom pszczelim, jednocześnie bardzo utrudniając zbiór nasion.

Roznik, poprzez swój silnie rozwinięty system korzeniowy oraz gęsty łan spełnia również funkcje **przeciwerozyjne**. Może być również stosowany do rekultywacji terenów zdegradowanych, do obsadzania ciągów komunikacyjnych dla ograniczenia przemieszczania się pyłów, spalin oraz dla redukcji hałasu (Żurek i in., 2019).

Metody zakładania plantacji roznika

Roznik przerośnięty nie ma specjalnych wymagań co do jakości gleby, jednak nie toleruje gleb zasolonych. Można być uprawiany zarówno na glebach z wysokim poziomem wód gruntowych jak i bagnistych. Najlepiej rośnie na stanowiskach słonecznych na glebach wilgotnych, obejmujących również gleby klas słabszych tj. IV i V. Uprawę roznika, w zależności od jej przeznaczenia oraz możliwości inwestora, można prowadzić poprzez sadzonki oraz siew nasion.

Zakładanie plantacji z sadzonek

Wszelkie prace związane z wysadzeniem sadzonek roznika należy planować tak, aby cały proces zakończyć w pierwszej dekadzie maja. Sadzenie roślin w okresie jesieni jest możliwe, ale nie wskazane z uwagi na możliwe uszkodzenia mrozowe małych roślin.

Przygotowanie pola pod wysadzenie plantacji roznika polega na zastosowaniu orki pozimowej (płytkiej), kultywatorowaniu oraz dwukrotnym bronowaniu broną ciężką. W ten sposób uzyskuje się zadowalające zagęszczenie podłoża dla dalszych prac związanych z wysadzaniem roślin. Zastosowanie uprawy uproszczonej (tylko podorywki) uniemożliwia prawidłową pracę urządzeń, za pomocą których sadzonki są umieszczane w glebie np. sadzarki półautomatycznej. Przed drugim bronowaniem zastosować należy nawożenie fosforowo – potasowe (w przeliczeniu na 1 ha – 63 kg N, 40 kg P₂O₅, 60 kg K₂O). Dodatkowo przed samym sadzeniem (ok. 1,5 miesiąca) należy zastosować oprysk herbicydem Roundup w ilości 4 l·ha⁻¹.

Sadzonki roznika otrzymuje się poprzez wysiew nasion bezpośrednio po 2-3 sztuki do tzw. multipalet wypełnionych podłożem ogrodniczym (np. 96 komórkowe, 4 × 4 × 6 cm) lub na wilgotne podłoże (np. bibuła), z którego kielkujące siewki przepikowywane są pojedynczo do np. multipalet. Gwarancją zadowalających wschodów nasion jest usunięcie spoczynku poźniwnego, który jest naturalnym mechanizmem zabezpieczającym nasiona przed zbyt szybkim kielkowaniem. W tym celu należy nasiona przechłodzić (np. w lodówce, w temperaturze ok. +2°C) przez okres ok. 8 tygodni. Wysiew kilku nasion do każdej komórki w multipaletach, wiąże się z koniecznością późniejszego usuwania najsłabszych siewek z komórek. Młode rośliny po wschodach powinny wege-

tować w warunkach np. nieogrzewanej szklarni lub tunelu foliowego do momentu uzyskania 3-4 liści. W tym okresie powinny być regularnie podlewane oraz zasilane nawozem (np. Florowit), najlepiej w postaci oprysku. W fazie 3-4 liści, na 2-3 tygodnie przed sadzeniem rośliny można wystawiać na zewnątrz, dla wstępnej aklimatyzacji do warunków zewnętrznych. Bezpośrednio przed sadzeniem rośliny należy podać umiarkowanie, aby nie rozmiękczyć zbyt wiele bryłek korzeniowych. Prawidłowo wykształcona roślina przed sadzeniem powinna wytworzyć system korzeniowy w ponad 70% wypełniający komórkę w multi-palcie.

W zależności od przeznaczenia plantacji wysadzanie roślin odbywa się w rozstawie 1 m/0,5 m lub 1m/1 m. Obsada 10 000-20 000 sadzonek na 1 ha jest uważana za wystarczającą dla większości zastosowań rożnika. Wysadzanie najlepiej jest przeprowadzić za pomocą sadzarki wielorzędowej półautomatycznej. Bezpośrednio po posadzeniu (1-4 dni) zalecane jest wykonanie oprysku mieszaniną herbicydów: STARANE (0,8-1,0 l·ha⁻¹) oraz BOXER (3,5 l·ha⁻¹ w 200-400 l wody). Po ok. 6 tygodniach, w przypadku nadmiernego rozwoju zachwaszczenia, należy powtórzyć ten zabieg. Oprysk powinien być prowadzony tak, aby podawać roztwór herbicydów pod rozety liściowe rożnika. Najistotniejszym elementem późniejszej pielęgnacji plantacji rożnika jest kontynuacja zwalczania zachwaszczenia. W początkowej fazie, gdy rośliny są stosunkowo niewielkie można wykonywać odchwaszczanie mechanicznie, jednak w rzędach chwasty można usuwać głównie ręcznie.

W kolejnym roku, o ile warunki pogodowe na to pozwalają, do początku marca można usuwać chemicznie chwasty wieloletnie z zieloną rozetą liści, które pojawiły się podczas zimy za pomocą np. herbicydu Roundup. W roku posadzenia rożnik wykształca tylko rozety liściowe. Dopiero w kolejnym roku wytwarza pędy kwiatostanowe, natomiast pełnię wzrostu i rozwoju osiąga w drugim roku po posadzeniu. W kolejnych latach nakłady na odchwaszczanie plantacji rożnika istotnie maleją – w drugim roku od posadzenia praktycznie nie ma już konieczności usuwania chwastów, które są skutecznie zagłuszane przez uprawę główną.

Zakładanie plantacji z wysiewu nasion

Z uwagi na stosunkowo wolny rozwój roślin rożnika po siewie zaleca się jego przeprowadzenie jesienią, tak aby ryzyko zagłuszenia młodych siewek przez chwasty było jak najmniejsze. Udają się nawet bardzo późne siewy wykonywane pod koniec listopada. Wschody roślin obserwuje się wiosną roku następnego, po odpowiednim ogrza-

niu się gleby. Co więcej, wysiew późnojesienny nie wymaga stosowania zabiegów przerywania spoczynku u nasion, gdyż spoczynek ten naturalnie ustąpi po okresie niskich temperatur w zimie.

Przygotowanie pola pod zasiew jesienny polega na zastosowaniu orki po zbiorach (płytkiej), kultywatorowaniu oraz dwukrotnym bronowaniu broną lekką. Uprawę gleby rozpoczynając należy natychmiast po zbiorze przedplonu od uprawek późniowych, które mają na celu w jak największym stopniu zniszczyć chwasty zwłaszcza dwuliścienne. Bezpośrednio przed bronowaniem i przed siewem można zastosować nawożenie np. 30 kg N, 40 kg P₂O₅ i 60 kg K₂O (w przeliczeniu na 1 ha).

Nasiona, z uwagi na ich budowę nie nadają się bezpośrednio do wysiewu. Należy je poddać procesowi tzw. otoczkowania (Rys. 2). Otoczka to zewnętrzna, sztucznie naniesiona na nasiona warstwa, złożona ze sterylizowanego torfu oraz dolomitu i glinki kaolinowej lub wapienia oraz wielu innych substancji. Warstwa ta jest trwała i twarda, jednak posiada naturalne pory, przez które do jej wnętrza mogą docierać powietrze i woda. Po wysianiu otoczka rozkłada się i nie stanowi bariery dla delikatnego kielka. Często otoczka zawiera także wieloskładnikowy nawóz mineralny, który zapewnia składniki pokarmowe podczas kiełkowania nasion. Niektóre otoczki zawierają także środki ochrony roślin, chroniące kiełkujące siewki przed szkodnikami i chorobami glebowymi.

Przy założeniu zastosowania podobnych parametrów rozstawy rzędów na 1 ha powierzchni potrzebne będzie od 3 do 4 kg nasion rożnika, przed ich otoczkowaniem. Zalecane jest stosowanie siewnika pneumatycznego, podobnie jak w przypadku kukurydzy. W roku siewu bardzo ważne jest odchwaszczenie pola, z uwagi na bardzo powolny wzrost i rozwój roślin rożnika oraz ich długą 'instalację'. Rozkrzewienie się roślin oraz sukcesywne powiększanie kępy dzięki odrostom korzeniowym sprawia, że w następnych latach użytkowania odchwaszczanie plantacji przestaje być konieczne.

Ochrona chemiczna plantacji rożnika uzyskanej z wysiewu nasion powinna być prowadzona podobnie jak w przypadku plantacji uzyskanej z sadzonek, jednakże bezpośrednio po wysiewie zaleca się zwiększyć dawkę STARANE do 1,2 l·ha⁻¹. Obecnie brak jest herbicydów dedykowanych dla upraw rożnika w Polsce.

W przypadku bardzo silnego zachwaszczenia plantacji w roku siewu lub posadzenia zaleca się w kolejnym roku jej całkowite ścięcie (łącznie z chwastami) i kontynuację odchwaszczania w momencie pojawienia się odrostów. Większość chwastów, w przeciwieństwie do rożnika, nie toleruje koszenia.



Rys. 2. Nasiona rożnika przerośniętego otoczkowane (po lewej) oraz bez otoczki
Fig. 2. Cup plant seed coated (left) and without coat (right)

Porównanie kosztów zakładania plantacji rożnika z sadzenia oraz z wysiewu

Przedstawione powyżej dwie metody zakładania plantacji rożnika różnią się również nakładami, które potencjalny inwestor będzie zmuszony ponieść w początkowym okresie realizacji inwestycji. W poniższej analizie (Tab. 1) przyjęto następujące kryteria: koszt założenia plantacji obejmował koszt pracy osób zaangażowanych w zakładanie plantacji, koszt zakupu usług rolnych (z paliwem i operatorem), obejmujących czynności agrotechniczne związane z przygotowaniem gruntu rolnego, siewem, nawożeniem w roku założenia plantacji, ochroną roślin w pierwszych sześciu miesiącach funkcjonowania plantacji, a także

koszty zakupu nawozów w roku założenia plantacji oraz środków ochrony roślin w pierwszych sześciu miesiącach funkcjonowania plantacji. W kalkulacjach szacunkowych uwzględniono również możliwe do uzyskania dopłaty do uprawy rożnika. Nie uwzględniono kosztów zakupu nasion rożnika. Najniższe koszty związane są zatem z siewem plantacji, który jest możliwy szczególnie na dużych powierzchniach produkcyjnych (np. powyżej 1 ha) pod warunkiem otoczkowania nasion. Koszt otoczkowania nasion szacowany jest na od 100 do 150 PLN za 1 kg nasion, w zależności od wielkości partii nasion. Z kolei ilość nasion niezbędna do wysiewu wynosi w zależności od sposobu siewu (wartości szacunkowe) – od 3,5 do

Tabela 1
Table 1

Koszty założenia plantacji oraz pielęgnacji początkowej do 6 miesięcy po posadzeniu bądź wysiewie
Coasts of setting up a plantation and initial care calculated to the 6 month after planting or sowing

Sposób zakładania plantacji Plantation set-up mode	Koszty (1 ha) / Costs (per 1 ha)			
	założenia sowing or planting	pielęgnacji do 6 m initial care up to 6 m	łącznie total	z dopłatami with surcharges
Wysadzanie / Planting	31 688,60	4 394,00	36 082,60	35 315,24
Wysiew ręczny / Manual sowing	1 947,50	1 392,50	3 340,00	2 572,64
Kalkulacje szacunkowe: / Estimated calculations:				
Wysiew siewnikiem (bez otoczkowania) / sowing with a seeder (without pelleting)	1 082,50	1 392,50	2 475,00	1 707,64
Wysiew punktowy nasion otoczkowanych / Point sowing of pelleted seeds	1 525,50	1 392,5	2 918,0	2 150,64
wysiew siewnikiem rzędowym nasion otoczkowanych / sowing pelleted seeds with a seed drill	1 782,50	1 735,9 ¹	3 518,4	2 751,04
Jednolite płatności obszarowe (JPO) (2018): / Single Area Payments (SAP) (2018):				
JPO – kwota podstawowa / SAP – basic amount			459,182	
JPO – zazielenianie / SAP – greening			308,182	

¹ – zwiększona o połowę liczba zabiegów pielęgnacyjnych / ¹ – number of treatments increased by half

4,0 kg·ha⁻¹ przy siewie siewnikiem punktowym do 6,0-8,0 kg·ha⁻¹ przy siewie siewnikiem rzędowym. Ta ostatnia metoda wymagałaby poniesienia dodatkowych kosztów późniejszej likwidacji nadmiernego przegęszczenia rzędów.

W latach 2017-2018 uprawa rożnika przerośniętego upoważniała do ubiegania się o tzw. jednolite płatności obszarowe (JPO). Gatunek ten był uwzględniany w wykazie roślin uprawianych, publikowanych przez ARMiR. Uwzględnienie kwoty podstawowej płatności oraz dopłaty za zazielenianie umożliwia odliczenie od kwot nakładów łącznie 767,37 PLN na 1 ha.

Potencjał plonotwórczy rożnika i zbiór biomasy w kolejnych latach użytkowania

O potencjale plonotwórczym omawianego gatunku decydują odpowiednie nawożenie oraz odpowiednie zabiegi pielęgnacyjne. Roczne zapotrzebowanie plantacji rożnika na podstawowe składniki pokarmowe wynosi na 1 ha uprawy: azotu 130-160 kg; fosforu 20-30 kg; potasu 100-200 kg; magnezu 50-70 kg oraz 200-250 kg wapnia. Możliwe jest również zastosowanie nawo-

zów organicznych, np. gnojowicy w ilości 30-35 m³ na ha w okresie wiosennym. Należy unikać przenawożenia plantacji rożnika, ponieważ powoduje to łamanie się pędów pod koniec lata i ma znaczący wpływ na oczekiwaną ilość i jakość plonu. Jeśli plantacja pozostała na zimę nie skoszona, to zabieg ten należy wykonać na przełomie lutego i marca roku następnego, kiedy rośliny w całości pozbędą się wody oraz składników mineralnych. Wykorzystać można do tego celu dowolne urządzenie, rozbijające pozostałości na drobne części. Rozdrobnione resztki roślin można pozostawić na polu – rozłożą się w ciągu kolejnych sezonów wegetacyjnych.

Zbiór biomasy dokonuje się najczęściej sieczkarnią w terminie od czerwca do połowy września, w zależności od metody zbioru: w pokosach lub jednorazowo (wrzesień). Zbiór najlepiej dokonać w dni słoneczne, w godzinach południowych, kiedy zawartość suchej masy wynosi około 30-40%. Biomasa z przeznaczeniem na biogaz powinna być bardzo dobrze rozdrobniona na sieczkę o długości 0,5-1,0 cm, co znacząco zwiększy wydajność (Tab. 2).

Tabela 2
Table 2

Plon biomasy, wydajność i wartość współczynnika fermentacji w różnych fazach wegetacji rożnika przerośniętego (badania własne i wg literatury)

Faza wegetacji Vegetation phase	Plon biomasy podsuszanej (t·ha ⁻¹) Yield of dried biomass (t·ha ⁻¹)	Wysokość roślin (cm) Plant height (cm)	Czas fermentacji (liczba dni) Fermentation time (no. of days)	Uzyski biogazu (m ³ ·t ⁻¹ s.m.o.) Biogas yield (m ³ ·t ⁻¹ d.o.m.)
Faza wegetatywna Vegetative phase	20-25	110-140	4	400
Faza kwitnienia Flowering phase	30-40	200-220	7	440
Faza wiązania nasion Seed setting phase	42-48	225-2230	9	465

Podsumowanie i perspektywy

Nowe odmiany (Marbio, Sylen 1 i Sylen 2) rożnika przerośniętego są propozycją dla krajowych producentów biogazu i stanowią alternatywę do uprawy kukurydzy. Są to rośliny wieloletnie (nawet do 15 lat użytkowania plantacji), których średni roczny plon biomasy zielonej z 1 ha wynosi około 50-60 ton, a plon biogazu może przekraczać 4500 m³, co może być konkurencyjne dla uprawy kukurydzy ze względu na znacznie wyższy koszt surowca. Wartość dodana uprawy rożnika to pożytki pszczele (jest to roślina miododajna), zwiększanie bioróżnorodności upraw, a także relatywnie niskie koszty uprawy. Ze względu na dużą odporność na niskie temperatury, rożnik może być uprawiany na terenie całego kraju. Jest to istotna informacja dla inwestorów planujących wykorzystanie tej rośliny na cele energetyczne.

Wielokierunkowość wykorzystania, duże zdolności adaptacyjne do różnych warunków klimatyczno-glebowych oraz trwałość plantacji wskazują na potencjalne możliwości wprowadzania rożni-

ka przerośniętego do uprawy i możliwości sukcesywnego rozszerzenia powierzchni jego upraw.

Szerokie spektrum możliwości wykorzystania tej rośliny:

- produkcja biogazu (metanu) z biomasy zielonej;
- roślina pastewna z przeznaczeniem na kiszonkę;
- pełnienia funkcji przeciwozyjnej (nasypy, skarpy) oraz do obsadzania ciągów komunikacyjnych w celu izolowania od szkodliwego wpływu pojazdów (emisja hałasu oraz szkodliwych substancji);
- miododajna i dekoracyjna.

Informacja dodatkowa

Powyższy artykuł powstał na podstawie wyników uzyskanych w trakcie realizacji projektu PO-IR.01.01.01-00-0920/16 pt. „Technologia uprawy i przerobu innowacyjnej odmiany rożnika przerośniętego na potrzeby wytwarzania taniej energii odnawialnej”.

Literatura

- Jabłoński B., Kołtowski Z. 2005. Nectar secretion and honey potential of honey-plants growing under Poland's conditions – part XV. *Journal of Apicultural Science*, 49: 59 – 63.
- Kołatowski Z. 2006. Wielki atlas roślin miododajnych. Przedsiębiorstwo Wydawnicze Rzeczpospolita S.A. 1 – 328.
- Kowalski R. 2002. Ocena zawartości oleanozydów w organach nadziemnych i podziemnych rożnika przerośniętego (*Sylphium perfoliatum* L.). *Hortorum Cultus*, 1 (2): 5 – 15.
- Martyniak D., Martyniak M. 2016. Rożnik przerośnięty źródłem biogazu i paszy. *Biomasa Ogólnopolski Miesięcznik Klasy Biznes* nr 3 (21). ISSN 2353-9321.
- Mast B., Lemmer A., Oechsner H., Reinhardt-Hanisch A., Claupein W., Graeff-Hönniger S. 2014. Methane yield potential of novel perennial biogas crops influenced by harvest date. *Ind. Crops & Products*. 58: 194 – 203. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2014.04.017>
- Woźniak M., Góral S. 1998. Sylfia – rożnik przerośnięty (*Sylphium perfoliatum* L.) potencjalny gatunek do rekultywacji terenów zdegradowanych i gruntów bezglebowych oraz do produkcji pasz. *Zesz. Probl. Post. Nauk Roln.* 463: 661 – 668.
- Żurek G. i inni. 2019. Przeciwdziałanie negatywnym skutkom zmian klimatu w rolnictwie. Postęp biologiczny i innowacje w agrotechnice. Fundacja na Rzecz Zrównoważonego Rozwoju, Warszawa, ISBN: 978-83-66196-00-1. S. 114.

Ocena odporności odmian miejscowych jęczmienia jarego na mączniaka prawdziwego (*Blumeria graminis* f. sp. *hordei*)

Evaluation of the spring barley landraces resistance to powdery mildew (*Blumeria graminis* f. sp. *hordei*)

Urszula Piechota , Grzegorz Czajowski , Paweł Czembor 

Instytut Hodowli i Aklimatyzacji Roślin – Państwowy Instytut Badawczy, Radzików, 05-870 Błonie

✉ u.piechota@ihar.edu.pl

Zestaw 478 linii jęczmienia (*Hordeum vulgare* L.) był badany pod kątem odporności na mączniaka prawdziwego. Badane linie wyprowadzono z odmian miejscowych jęczmienia jarego pochodzących głównie z basenu Morza Śródziemnego. W badaniach wykorzystano trzy izolaty *Blumeria graminis* o znanym profilu wirulencji. Ocenę odporności wykonano na siewkach w warunkach kontrolowanych. Badanie pozwoliło wyselekcjonować 111 odpornych linii jęczmienia, w tym dziewięć – na trzy izolaty *B. graminis*. Wyselekcjonowane linie mogą być źródłem odporności na mączniaka prawdziwego przydatnej w programach hodowli odpornościowej.

Słowa kluczowe: *Hordeum vulgare*, jęczmień jary, mączniak prawdziwy, testy fitopatologiczne

A set of 478 barley lines (*Hordeum vulgare* L.) was screened for resistance to powdery mildew. The lines were derived from spring barley landraces originated mainly from the Mediterranean Basin. The three *Blumeria graminis* isolates with a known virulence spectra were used in the study. Resistance evaluation was performed on seedlings under controlled conditions. The study revealed the 111 resistant lines, the nine among them showed resistance to three *B. graminis* isolates. Selected lines may be a source of resistance to powdery mildew useful in resistance breeding programs.

Key words: *Hordeum vulgare*, spring barley, powdery mildew, phytopathological tests

Wprowadzenie

Jęczmień zwyczajny (*Hordeum vulgare* L.) jest jednym z najważniejszych gospodarczo zbóż. Na ilość i jakość plonu ma wpływ wiele czynników biotycznych i abiotycznych, w tym liczne patogeny (Singh i in, 2019). Jednym z patogenicznych grzybów powodujących znaczące straty, obniżając wartość browarną i technologiczną ziarna, jest *Blumeria graminis*, patogen wywołujący objawy mączniaka prawdziwego (Savary i in, 2012, Walters i in, 2012). Grzyb w sprzyjających warunkach może powodować obniżenie plonu nawet do 50% (Tratwal i Weber, 2006). Ze względu na wymóg ograniczonego i odpowiedzialnego stosowania chemizacji upraw, stosowanie form o podwyższonej odporności na choroby wpisuje się w główne cele integrowanej produkcji roślinnej (<https://piorin.gov.pl/integrowana-produkcja>, dostęp luty 2023).

Współczesne odmiany zbóż powstały w wyniku długotrwałej silnej selekcji hodowlanej, ukierunkowanej na istotne gospodarczo cechy plonu. Pożądana zmienność genetyczna, potencjalnie niosąca również odporność na choroby, została zachowana w odmianach miejscowych i dawnych, a także w dzikich gatunkach pokrewnych (McCouch i in, 2013). Niniejsza praca stanowi podsumowanie badań przesiewowych odporności zestawu odmian miejscowych jęczmienia pocho-

dzących głównie z rejonów Północnej Afryki i Bliskiego Wschodu.

Materiały i metody

W badaniu przesiewowym wykorzystano zestaw 478 linii jęczmienia jarego. Linie te zostały otrzymane metodą SSD z 474 odmian miejscowych pochodzących z głównie z Afryki Północnej oraz Bliskiego Wschodu. Analizowany zestaw jęczmienia zawierał: 136 linii pochodzących z Libii, 90 – Tunezji, 47 – Jordanii, 45 – Algierii, 32 – Maroka, 8 – Egiptu, 7 – Libanu, 3 – Chin, po jednej linii z Francji, Grecji, Syrii i Włoch oraz 106 linii o nieznanym pochodzeniu.

W celu oznaczenia odporności panelu jęczmienia, co najmniej 20 ziarniaków z każdej linii oraz z odmiany podatnej Manchuria wysiano w warunkach kontrolowanych komory klimatycznej, przy 16-to godzinnym fotoperiodzie, temperaturze 18-20°C i wilgotności powietrza 70-80%. W fazie w pełni rozwiniętego pierwszego liścia (DC:12, Zadoks i in, 1974) rośliny inokulowano poprzez strząsanie zarodników *B. graminis*. Testy wykonano niezależnie dla trzech jednozarodnikowych izolatów patogenu o znanej wirulencji, pochodzących z własnej kolekcji: Bgh19-35 (wirulentny w stosunku do znanych genów odporności *Ml*: *a6*, *a7*, *a8*, *a13*, *a14*, *Ru*, *ra*, *k*, *mn*, *g*, *CP*, *La*, *h*, *Ab*, *Bw*), Bgh19-78 (*a1*, *a6*, *a7*, *a8*, *a9*, *a12*, *ra*, *k*, *mn*, *g*, *CP*, *La*, *h*, *IM9*, *Ab*, 1-B-53, *Ga*), Bgh20-

19 (*a3, a6, a7, a8, a12, a13, a14, Ru, ra, La, h, Ab, Tu2, St, Bw, Lv, Ga*). Izolaty *B. graminis* były utrzymywane i namnażane na siewkach odmiany podatnej Manchuria.

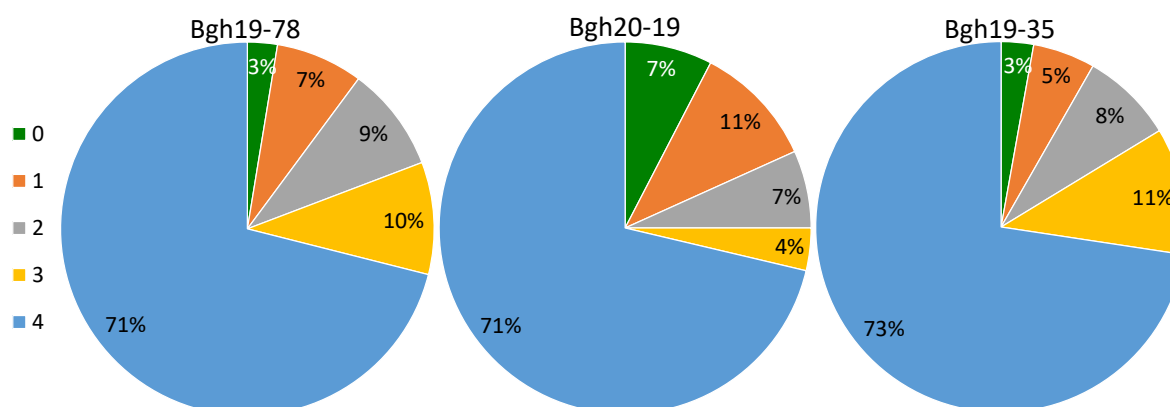
Ocenę odporności jęczmienia wykonano po 7-10 dniach od inokulacji. Zastosowano pięciostopniową skalę Mains i Dietz (1930), gdzie: 0 oznacza immunię, tj. brak widocznych symptomów porażenia, 1 – reakcję nadwrażliwości, obecność nekroz, 2 – małe kolonie patogenu otoczone zmianami chlorotycznymi, 3 – średnie kolonie patogenu, wykazujące sporulację o średnim natężeniu, możliwe chlorozy, 4 – duże, dobrze rozwinięte kolonie, wykazujące silną sporulację.

Wyniki i dyskusja

W badaniach wykorzystano zestaw linii jęczmienia wyprowadzonych z odmian miejscowych. Odmiany miejscowe, wobec których nie stosowano silnej presji hodowlanej, wykazują niejednorodność genetyczną i mogą mieć kluczowe znaczenie w przywracaniu różnorodności genetycz-

nej, również w puli genów odporności (Akem i in., 2000). Poprzednie publikowane prace wykazały, że odmiany miejscowe jęczmienia mogą być źródłem odporności na mączniaka prawdziwego (Czembor 2000, 2002; Piechota i in., 2019, 2020). Genotypy pochodzące z rejonów udomowienia, poprzez długotrwałą koewolucję z patogenem, mogą nieść odporność warunkowaną różnicowym podłożem genetycznym (Camacho Villa i in., 2005).

Przeprowadzone testy fitopatologiczne odporności zestawu linii jęczmienia na zastosowane trzy izolaty *B. graminis* wykazały, że średnio 88% linii było podatnych (ocena 3 i 4) lub średnio podatnych (ocena 2) (Rys. 1). Uzyskane wyniki były zgodne z oczekiwanymi, ze względu na szerokie spektrum wirulencji zastosowanych izolatów. Wykorzystanie patogenu o wysokiej zjadliwości w badaniach przesiewowych pozwala na selekcję genotypów gospodarza o potencjalnie wysokim poziomie odporności.

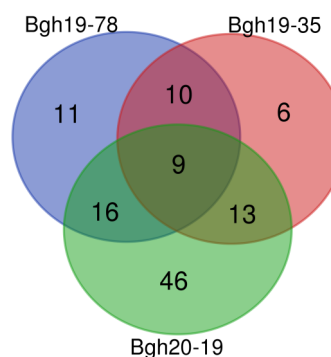


Rys. 1. Udział procentowy reakcji siewek jęczmienia na zastosowane jednozarodnikowe izolaty *Blumeria graminis*. 0 – immunia; 1 – reakcja nadwrażliwości; 2 – małe kolonie i chlorozy; 3 – średnie kolonie; 4 – duże, dobrze rozwinięte kolonie.

Fig. 1. Percentage response of barley seedlings against to single spore isolates of *Blumeria graminis*. 0 - immunity; 1 - hypersensitivity reaction; 2 - small colonies with chlorosis; 3 - medium colonies; 4 - large, well-developed colonies.

Spśród analizowanych genotypów, 111 linii wykazało odporność (ocena 0 lub 1) na co najmniej jeden z zastosowanych izolatów, 39 – na dwa oraz dziewięć linii – na trzy izolaty patogenu (Rys. 2). Linie te mogą być interesujące z punktu widzenia hodowli odpornościowej jęczmienia. Szczegółowe informacje na ich temat zawarto w tabeli 1.

Rozmnażanie płciowe sprzyja generowaniu nowych wirulentnych patotypów, które mogą gwałtownie zwiększyć swój udział w populacji patogenu dzięki wysokim zdolnościom adaptacyjnym *B. graminis* do puli genów odporności gospodarza. Zarodniki *B. graminis* łatwo przenoszą się pomiędzy roślinami w uprawie oraz mogą migrować setki kilometrów (Jørgensen i Wolfe, 1994). Nowe pojawiające się patotypy mogą wykazywać



Rys. 2. Diagram Venna obrazujący liczbę linii jęczmienia wykazujących reakcję odporności (ocena 0 lub 1) po inokulacji trzema izolatami *Blumeria graminis*.

Fig. 2. Venn diagram showing the number of resistant barley lines (scores 0 and 1) to the three *Blumeria graminis* isolates.

Tabela 1
Table 1Linie jęczmienia odporne (ocena 0 lub 1) na izolaty *Blumeria graminis*
Barley lines resistant (score 0 or 1) to the *Blumeria graminis* isolates

Izolaty mączniaka prawdziwego Powdery mildew isolates	Odporne linie jęczmienia Resistant barley lines	Pochodzenie Origin
Bgh19-35, Bgh19-78, Bgh20-19	750-1	Jordania
	753-1	Jordania
	1068-1	Jordania
	829-1	Libia
	826-1	Libia
	835-1	Libia
	1004-1	Libia
	173-1	Maroko
	961-1	NA
Bgh19-35, Bgh19-78	772-1	Jordania
	848-1	Libia
	827-1	Libia
	820-1	Libia
	292-1	Maroko
	296-1	Maroko
	861-1	Tunezja
	857-1	Tunezja
	906-4	Tunezja
978-1	NA	
Bgh19-78, Bgh20-19	606-1	Egipt
	744-1	Jordania
	737-1	Jordania
	824-1	Libia
	1005-1	Libia
	696-1	Libia
	1066-1	Libia
	255-1	Maroko
	5103-1	NA
	958-1	NA
	4931-1	NA
	2484-1	NA
	705-1	NA
721-1	NA	
4909-3	NA	
967-1	NA	
Bgh19-35, Bgh20-19	775-1	Jordania
	748-1	Jordania
	807-1	Libia
	5125-1	NA
	699-1	NA
	5061-1	NA
	5063-1	NA
	5133-1	NA
	5067-1	NA
	707-1	NA
5127-1	NA	
5132-1	NA	
5122-1	NA	

NA – brak danych / NA – data not available

wirulencję w stosunku do używanych w odmianach genów odporności. Stosowanie piramid genów głównych oraz kumulowanie w odmianach genów o mniejszych efektach zmniejsza ryzyko szybkiej erozji odporności (Dreiseitl, 2017).

Wnioski

Wyselekcjonowane w przedstawionym badaniu linie odporne mogą być źródłem odporności na *B. graminis* użytecznej w programach hodowli odpornościowej.

Literatura

- Akem, C., Ceccarelli, S., Erskine, W., Lenne, J. (2000). Using genetic diversity for disease resistance in agricultural production. *Outlook on Agric* 29: 25-30.
- Camacho Villa, T.C., Maxted, N., Scholten, M.A., Ford-Lloyd, B.V. (2005). Defining and identifying crop landraces. *Plant Genet Resour* 3(3): 373-384.
- Czembor, J.H. (2000). Resistance to powdery mildew in barley landraces from Morocco. *J Plant Pathol* 82(3): 187-200.
- Czembor, J.H. (2002). Resistance to powdery mildew in selections from Moroccan barley landraces. *Euphytica* 125: 397-409.
- Dreiseitl, A. (2017). Heterogeneity of powdery mildew resistance revealed in accessions of the ICARDA wild barley collection. *Front Plant Sci* 8: 202.
- Jørgensen, J.H., Wolfe, M. (1994). Genetics of powdery mildew resistance in barley. *Crit Rev Plant Sci* 13(1): 97-119.
- Mains, E.B., Dietz, S.M. (1930). Physiologic forms of barley mildew, *Erysiphe graminis hordei* Marchal. *Phytopathology* 20: 229-239
- McCouch, S., Baute, G.J., Bradeen, J., Bramel, P., Bretting, P.K., Buckler, E. i in. (2013). Agriculture: feeding the future. *Nature* 499: 499023a.
- Piechota, U., Czembor, P., Słowacki, P., Czembor, J. H. (2019). Identifying a novel powdery mildew resistance gene in a barley landrace from Morocco. *J Appl Genetics* 60 (3-4): 243-254.
- Piechota, U., Słowacki, P., Czembor, P. (2020). Identification of a novel recessive gene for resistance to powdery mildew (*Blumeria graminis* f. sp. *hordei*) in barley (*Hordeum vulgare*). *Plant Breed* 139 (4): 730-742.
- Savary, S., Ficke, A., Aubertot, J.N., Hollier, C. (2012). Crop losses due to diseases and their implications for global food production losses and food security. *Food Sec* 4: 519-537.
- Singh, B., Mehta, S., Aggarwal, S.K., Tiwari, M., Bhuyan, S.I., Bhatia, S., Islam, M.A. (2019). Barley, disease resistance and molecular breeding approaches. W: Wani SH (Ed) *Disease resistance in crop plants*. Springer Nature, Switzerland. pp. 261-299.
- Tratwal, A., Weber, A. (2006). Virulence frequency of *Blumeria graminis* f. sp. *hordei* and the occurrence of powdery mildew on four winter barley cultivars. *J Plant Prot Res* 46(3): 221-230.
- Walters, D.R., Avrova, A., Bingham, I.J., Burnett, F.J., Fountaine, J., Havis, N.D., Hoad, S.P., Hughes, G., Looseley, M., Oxley, S.J.P., Renwick, A., Topp, C.F.E., Newton, A.C. (2012). Control of foliar diseases in barley: towards an integrated approach. *Eur J Plant Pathol* 133(1): 33-73.
- Zadoks, J.C., Chang, T.T., Konzak, C.F. (1974). A decimal code for the growth stages of cereals. *Weed Res* 14: 415-421.

Podziękowania

Przedstawione wyniki zostały otrzymane w ramach badań prowadzonych w programie Dotacja Celowa Ministerstwa Rolnictwa i Rozwoju Wsi na lata 2021 i 2022, Zadanie 3.4 Nowe źródła genetyczne i celowane markery molekularne dla hodowli odpornościowej jęczmienia.

Wpływ odpadu z pofermentu biogazowni na plonowanie oraz skład chemiczny traw wieloletnich

Influence of waste from digestate of biogas plant on yielding and chemical composition of perennial grasses

Danuta Martyniak, Barbara Wiewióra , Grzegorz Żurek

Instytut Hodowli i Aklimatyzacji Roślin – Państwowy Instytut Badawczy, Radzików, 05-870 Błonie

 b.wiewiora@ihar.edu.pl

Celem badań była ocena przydatności odpadu z pofermentu biogazowni jako nawozu organicznego do zastosowania w uprawie traw wieloletnich na cele energetyczne. Analizy dotyczyły porównania efektywności nawożenia organiczną substancją odpadową, uzyskaną z pofermentu biogazowni (dawki: 2, 4 i 6 t·ha⁻¹) z tradycyjnie stosowanym nawożeniem mineralnym NPK (w kg·ha⁻¹ 100 N, 100 P₂O₅, 120 K₂O). Materiał do badań stanowiły cztery gatunki traw wieloletnich: kostrzewa trzcinowa (*Festuca arundinacea* Schreb.), kostrzewa łąkowa (*F. pratensis* Huds.), życica trwała (*Lolium perenne* L.) oraz perz wydłużony (*Elymus elongatus* L.). Doświadczenie polowe założono w Radzikowie, na glebie kl. IV, średniozwięzłej, a pomiary dotyczyły wigoru, wysokości roślin oraz plonu i składu chemicznego uzyskanej biomasy. Czteroletnie badania prowadzono w latach 2016-2019. Wyniki doświadczenia wskazują, że efekt plonotwórczy jest widoczny tylko w pierwszym i drugim roku użytkowania badanych traw wieloletnich i zależy zastosowanego nawożenia oraz jego dawki. Ponadto stwierdzono wpływ zastosowanego nawożenia organicznego na wzrost zawartości jonów żelaza w biomase życicy trwałej w drugim roku uprawy. Równocześnie nie obserwowano różnic w zawartości pozostałych badanych mikro- i makroelementów (N, P, K, Ca, Mg, Na, Cu, Mn, Zn, B) oznaczanych w biomase badanych traw w zależności o poziomu zastosowanego nawożenia.

Słowa kluczowe: biomasa, bioodpady, efektywność nawożenia, nawóz organiczny, poferment, plon biomasy, trawy wieloletnie

The aim of the research was to assess the usefulness of waste from the biogas plant digestate as an organic fertilizer used in the cultivation of perennial grasses for energy purposes. The analyzes concerned the comparison of the effectiveness of fertilization with examined organic matter (2, 4 and 6 t·ha⁻¹), obtained from the digestate of the biogas plant, with the traditionally used mineral fertilization NPK (in kg ha⁻¹ 100 N, 100 P₂O₅, 120 K₂O). The research material consisted of selected species of perennial grasses: tall fescue (*Festuca arundinacea* Schreb.), meadow fescue (*F. pratensis* Huds.), perennial ryegrass (*Lolium perenne* L.) and tall wheatgrass (*Elymus elongatus* L.). The field experiment was set up in Radzików, on soil class IV, medium-compact, and the observations concerned vigor, plant height and chemical composition and biomass yield. The four-year study was conducted in 2016-2019. The results of the experiment indicate that the effect of yielding for the applied granulate is visible only in the first and second year of use of the tested perennial grasses and depends on the applied fertilization and its dose. In addition, the effect of applied organic fertilization on the increase in the content of iron ions in perennial ryegrass biomass in the second year of cultivation was found. At the same time, no differences were observed in the content of the remaining micro- and macro-elements (N, P, K, Ca, Mg, Na, Cu, Mn, Zn, B) determined in the biomass of the tested grasses, depending on the level of fertilization applied.

Key words: biomass, biowaste, fertilization efficiency, organic fertilizer, biogas plant digestate, perennial grasses, yielding

Wstęp

Jednym z zabiegów przyczyniających się do intensyfikacji rolnictwa jest nawożenie, które może być stosowane w formie organicznej, bądź mineralnej. Do form organicznych nawozu możemy zaliczyć również odpady (inaczej bioodpady), czyli surowce uboczne pochodzące z przetwórstwa rolno-spożywczego, pielęgnacji terenów zieleni i parków, a także odpowiednio ustabilizowane odpady z zakładów przetwórstwa spożywczego. Mogą one być wykorzystywane do nawożenia lub rekultywacji gleb zubożałych i zdewastowanych jako cenne źródło masy organicznej (Jadczyzyn i Ochnal, 2010). Składniki pokarmowe zawarte w odpadach organicznych, stanowią cenny surowiec do użyzniania gleb, głównie poprzez zwiększenie ilości próchnicy (Kuś, 2015). Coraz więk-

sza produkcja odpadów, zmniejszająca się powierzchnia niezbędna do ich składowania i negatywne oddziaływanie wysypisk na stan przyrody, stanowią coraz większe problemy środowiskowe. W Polsce, co roku wytwarzamy około 12 mln ton odpadów (GUS, 2018), które w większości trafiają na składowiska i nie są w żaden sposób zagospodarowane. Na mocy Dyrektywy Parlamentu Europejskiego i Rady nr 2008/98/WE z 19 listopada 2008 r. w sprawie odpadów, Polska do 2020 roku była zobligowana do ograniczenia składowania odpadów do 35% oraz osiągnięcia co najmniej 60% oraz 55% recyklingu, jak również znaczącego zmniejszenia ich wytwarzania (Zębek, 2018). Szacuje się, że ilość odpadów wykorzystywanych na cele rolnicze w Polsce nie przekracza kilku procent, zaś reszta jest składowana w postaci przyzmi i hałd.

Jednym ze sposobów na racjonalne wykorzystanie odpadów organicznych jest zastosowanie ich w uprawie roślin na cele nieżywnościowe. Efektywność procesu pozyskiwania energii z biomasy jest wypadkową jej ilości oraz jakości, która z kolei zależy od zawartości wody (wilgotności) oraz składu chemicznego. Ten z kolei zależy od różnych czynników, wśród których należy wymienić m.in.: rodzaj biomasy (gatunek rośliny lub jej część) oraz zastosowane w uprawie nawozy (Vassiliev i in. 2010, 2012). Istnieje zatem uzasadniona obawa iż zastosowanie niestandardowego nawozu organicznego może przyczynić się do niestandardowej zmiany składu chemicznego biomasy.

Spośród wielu gatunków traw wieloletnich przydatnych do uprawy w Polsce, istnieją takie, które spełniają podstawowe kryteria przydatności do uprawy również z przeznaczeniem uzyskanej biomasy na cele energetyczne. Gatunki takie jak np. kostrzewa trzcinowata (*Festuca arundinacea* Schreb.) czy perz wydłużony (*Elymus elongatus* L.) posiadają już udokumentowane charakterystyki jakości biomasy, zarówno w procesie spalania jak i produkcji biogazu (Żurek i Martyniak, 2012; Mast i in., 2014; Kulig i in., 2015; Lalak i in., 2016; Dickeduisberg i in., 2017; Martyniak i in., 2017; Przybysz i in., 2019). Z kolei inne gatunki,

bardzo powszechne na użytkach zielonych takie jak np. życica trwała (*Lolium perenne* L.) i kostrzewa łąkowa (*Festuca pratensis* Huds.) nie zostały jeszcze dostatecznie scharakteryzowane z perspektywy wykorzystania na cele niepastewne.

Celem pracy była ocena wpływu nawożenia granulatem nawozowym z pofermentu biogazowni na plon biomasy oraz skład chemiczny biomasy wybranych traw wieloletnich.

Material i metody

Materiał do badań stanowiły gatunki traw wieloletnich: kostrzewa trzcinowa (*Festuca arundinacea* Schreb.) ‘Barolex’, kostrzewa łąkowa (*Festuca pratensis* Huds.) ‘Pasja’, życica trwała (*Lolium perenne* L.) ‘Baronka’ oraz perz wydłużony (*Elymus elongatus* L.) ‘Bamar’. Odmiany te zostały zastosowane również w innych doświadczeniach, realizowanych w latach 2015-2020 w ramach Programu Wieloletniego IHAR-PIB, w zadaniu 2.11 pt. „Weryfikacja i optymalizacja metod i systemów upraw polowych roślin na cele nieżywnościowe.”

W opisywanym doświadczeniu zastosowano nawożenie granulatem z pofermentu biogazowego (tab. 1), w dawkach: 2, 4 i 6 t·ha⁻¹ oraz nawożenie mineralne w kg·ha⁻¹: 100 N, 100 P₂O₅ oraz 120 K₂O jako kontrola.

Tabela 1
Table 1

Skład chemiczny granulatu nawozowego uzyskanego z pofermentu biogazowni
Chemical composition of fertilizer granulate obtained from biogas digestate

Parametr/Parameter	Jednostka/Unit	granulowany nawóz na bazie pofermentu z biogazowni/granulated fertilizer based on digestate from biogas plants
pH		12,67
sucha masa/dry weight		76,39
sucha masa organiczna/ dry organic matter	[%]	25,7
azot/nitrogen (N)		0,68
azot amonowy/ammonium nitrogen	[mg·l ⁻¹]	0,88
fosfor/phosphorus (P)		0,46
potas/potassium (K)		3,49
magnez/magnesium (Mg)	[%]	0,83
siarka/sulfur (S)		0,89
wapń/calcium (Ca)		16,05
rtęć/mercury Hg < 2 mg		<0,1
mangan/manganese Mn		671
nikiel/nickel Ni < 60 mg		18,03
kadm/cadmium Cd (< 5)		3,16
chrom/chrome Cr (<100 mg·kg ⁻¹ suchej masy)		31,32
olów/lead Pb <140		27,63
skand/scand Sc	[mg·kg ⁻¹]	0,88
stront/strontium Sr		215
cynk/zinc Zn		n.o.
miedź/copper Cu		56
żelazo/iron Fe		5065
glin/aluminum Al		4078

Doświadczenie polowe założono metodą losowanych bloków, w jesieni 2015 roku w Radzikowie, na glebie kl. IV, średniozwięzłej, której szczegółowa charakterystyka została zawarta w tabeli 2. W ramach prowadzonych badań przeprowadzono obserwacje roślin w polu: wigoru, ocenianego w fazie pełni kłoszenia w skali 1-9 (gdzie 9 oznaczało najwyższy wigor roślin), wysokości roślin, mierzonej w fazie pełni kwitnienia dla 5

roślin na poletku oraz plonu suchej masy, określonego poprzez zważenie plonu z poletka, oznaczeniu suchej masy i wyrażeniu w $t \cdot ha^{-1}$. Powyższe obserwacje i pomiary prowadzono przez 4 kolejne lata użytkowania. Warunki pogodowe, panujące w trakcie realizacji doświadczenia, scharakteryzowano zgodnie z odczytami z automatycznej stacji meteorologicznej, zlokalizowanej w Radzikowie, ok. 300 m od pola doświadczalnego (tab. 3).

Tabela 2
Table 2

Średnie wartości parametrów fizyko-chemicznych prób gleby w Radzikowie
Average values of physical and chemical parameters of soil samples in Radzików

Granulometria – zawartość frakcji [%] Granulometry – fraction content [%]				Subst.org. /organic subs. [%]	Zasolenie/ Salinity [g·KCl ⁻¹]	pH w/in H ₂ O	Azot/Nitrogen (mg·l ⁻¹ gleby)		
2,0-0,05 mm	0,05-0,02 mm	0,02-0,002 mm	<0,002 mm				Azotan/ Nitrate N-NO ₃	Amon/ Ammonium N-NH ₄	Razem/ together
53,9	24,3	18,3	3,5	1,1	0,2	5,8	12,5	14,3	26,8
Zawartość makro- i mikroskładników (mg·l ⁻¹ gleby) Content of macro- and micronutrients (mg·l ⁻¹ of soil)									
P	K	Ca	Mg	Cl	Cu	Fe	Mn	Zn	B
150,2	153,3	608,9	55,5	15,8	2,4	72,4	8,0	5,6	0,1

Tabela 3
Table 3

Zestawienie danych meteorologicznych dla okresu badań
Meteorological data for the period of experiment

Miesiąc /Month	Lata/years										Wielolecie / Normal value	
	2015		2016		2017		2018		2019		1981-2000	
	T [°C]	P [mm]	T [°C]	P [mm]	T [°C]	P [mm]	T [°C]	P [mm]	T [°C]	P [mm]	T [°C]	P [mm]
III	5,3	30,2	4,2	38,4	6,1	50,8	0,8	16,4	6,4	34,1	2,9	23,8
IV	8,4	38,0	9,7	31,4	7,6	58,0	13,5	26,0	10,4	3,3	8,9	30,0
V	13,5	62,6	16,0	31,6	14,6	57,0	14,6	57,0	13,7	95,3	14,8	51,4
VI	17,5	25,2	19,5	54,6	18,4	126,6	19,3	25,2	22,8	40,8	17,4	60,0
VII	20,0	36,8	19,8	89,8	19,0	70,0	21,1	80,0	19,1	53,2	19,6	74,7
VIII	22,6	4,8	18,9	46,0	19,6	35,6	20,9	34,4	20,76	37,4	18,9	50,8
IX	15,3	31,4	16,1	9,0	14,1	153	16,1	34,0	14,6	74,4	13,7	41,5
Średnia/mean	14,7	229,0	14,9	300,8	14,2	551,0	15,2	257,4	15,4	338,5	13,7	332,3

Objaśnienie: T – średnia temperatura powietrza, P – suma opadów / Explanation: T – mean air temperature, P – total precipitation

W drugim roku doświadczenia, w fazie pełni kłoszenia poszczególnych gatunków pobrano próby biomasy z poszczególnych poziomów nawożenia (po 3 próby na wariant i na gatunek) i przekazano je do analizy na zawartość makroelementów (azotu, fosforu, potasu, oraz boru, miedzi, manganu, żelaza i cynku do Okręgowej Stacji Chemiczno-Rolniczej w Warszawie.

Analizy statystyczne zostały wykonane za pomocą pakietu STATISTICA® ver. 12 [StatSoft,

Inc. (2014). STATISTICA, version 12. www.statsoft.com]. Doświadczenie potraktowano jako jednoczynnikowe (nawożenie na 4 poziomach) z uwagi na konieczność ukazania dynamiki obserwowanych cech w kolejnych latach oraz wzajemnego różnicowania badanych odmian. O istotności różnicy pomiędzy średnimi wnioskowano z prawdopodobieństwem co najmniej 95%.

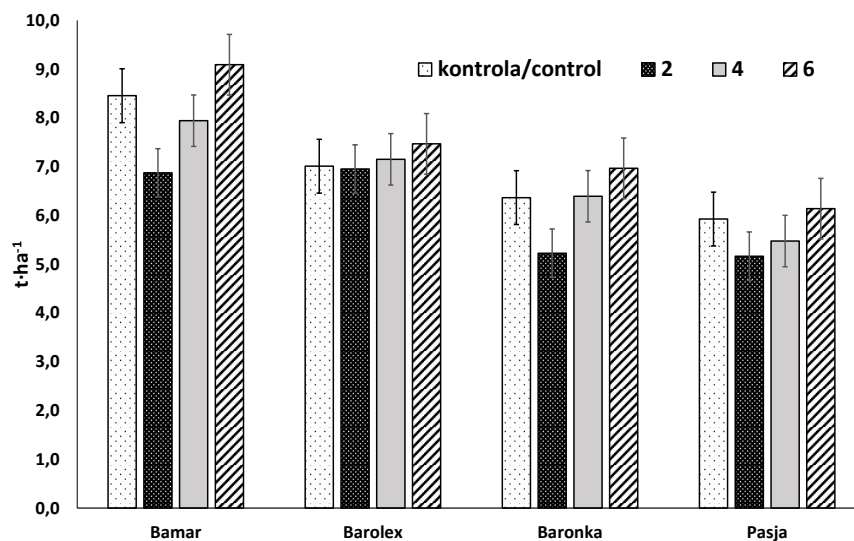
Wyniki i dyskusja

Sezony wegetacyjne w okresie badań były cieplejsze od średniej z wielolecia, średnio od 0,5°C (2017) do 1,7°C (2019). Relatywnie wysokim temperaturom towarzyszyły okresy opadów niższych od średniej wielolecia: w roku 2015 – okres ten przypadał od czerwca do września, w roku 2016 – były to miesiące: maj, czerwiec oraz sierpień i wrzesień, w 2018 – cały sezon oprócz maja i lipca oraz w 2019 – cały sezon, bez marca, maja i września.

Temperatura i opady są jednymi z najważniejszych czynników wpływających na plon i jego jakość, ponieważ bezpośrednio wpływają na wzrost roślin oraz koncentrację składników pokarmowych w tkankach roślinnych (White, 1985). Ponadto zarówno temperatura, jak i wilgotność gleby wpływają pośrednio na parametry biomasy poprzez regulację obiegu składników pokarmowych w glebie (Buttler i in., 2019; Meisser i in., 2019; Mariotte i in., 2020). Stwierdzono również, że opady są czynnikiem silniej modyfikującym plon niż temperatura, zwłaszcza w drugim roku pełnej wegetacji traw, co może być związane z większą ewapotranspiracją w okresie letnim, kiedy przypada optimum przyrostu biomasy (Perotti i in. 2021).

Wykonane analizy statystyczne wigoru oraz wysokości nie wykazały istotnych różnic, wskazujących na wpływ zastosowanego nawożenia na te cechy (tab. 4). Jedyne w przypadku wysokości roślin odmiany perzu wydłużonego ‘Bamar’ mierzonej w roku 2016, stwierdzono istotnie wyższe wartości dla roślin rosnących w warunkach nawożenia mineralnego oraz najwyższej dawki granulatu (6 t·ha⁻¹).

Uzyskane wyniki plonowania badanych odmian traw wieloletnich wskazują, że średni plon suchej masy z 4 lat doświadczenia, zależał od zastosowanego nawożenia i wahał się od 5,2 t·ha⁻¹ dla życicy ‘Baronka’ i kostrzewy ‘Pasja’ (przy nawożeniu organicznym 2 t·ha⁻¹) do 9,1 t·ha⁻¹ dla perzu ‘Bamar’ (przy nawożeniu organicznym 6 t·ha⁻¹) (rys. 1). Szczegółowe dane zawarte w tabeli 4, potwierdzają istotne zróżnicowanie w plonie suchej masy w zależności od zastosowanego nawożenia w pierwszym i drugim roku użytkowania. Jedyne w przypadku odmiany Bamar relacja ta była zauważalna również w trzecim roku użytkowania.



Rys. 1 Średnie wartości plonu suchej masy badanych odmian traw wieloletnich z lat 2015-2019 w zależności od zastosowanej dawki nawozu organicznego. Pionowe kreski – błędy standardowe.

Fig. 1. Average values of dry matter yield of the tested perennial grass varieties from 2015-2019 depending on the dose of organic fertilizer applied. Vertical bars – standard errors.

Krauze i Bartnik (1999) w swoich badaniach dotyczących różnych form nawożenia organicznego wskazują, że nawozy organiczne są wolnodziałające, ale z uwagi na wiele zawartych w nich składników dostarczają roślinom wszystkich nie-

zbędnych makro- i mikroelementów, zapewniając optymalne plonowanie oraz dobrą jakość roślin.

Nawożenie jest czynnikiem decydującym o wielkości uzyskiwanych plonów, a niedostatek tradycyjnego nawozu organicznego, jakim jest

Tabela 4
Table 4Zróżnicowanie wigoru, wysokości roślin oraz plonu suchej masy w zależności od zastosowanego nawożenia i roku użytkowania badanych traw
Differences in vigour, plant height and dry matter yield depending on the applied fertilization and the year of use of the tested grasses

Odmiana / Cultivar	Nawożenie / Ferti- lization (t·ha ⁻¹)	Wigor (1-9) / vigour (1-9 scale)				Wysokość roślin / plant height (cm)				Plon s.m. / yield in dry matter (t/ha)			
		2016	2017	2018	2019	2016	2017	2018	2019	2016	2017	2018	2019
BAMAR	NPK	9,0 a	8,0 a	8,0 a	7,5 a	65,0 a	151,0 a	165,0 a	128,4 a	8,1 b	10,5 a	9,8 b	5,4 a
	2	6,4 a	8,0 a	8,5 a	8,0 a	40,0 b	145,0 a	148,0 a	125,3 a	8,0 b	8,0 b	6,6 c	4,9 a
	4	7,1 a	9,0 a	9,0 a	8,0 a	45,0 b	150,0 a	151,0 a	127,5 a	8,8 ab	8,8 b	9,1 b	5,1 a
	6	9,0 a	9,0 a	9,0 a	8,5 a	60,0 a	146,0 a	148,0 a	124,1 a	10,0 a	10,0 a	11,0 a	5,4 a
Ist. różnicy/Signif. of difference		n.i.	n.i.	n.i.	n.i.	**	n.i.	n.i.	n.i.	**	**	*	n.i.
BAROLEX	NPK	8,4 a	8,0 a	8,0 a	7,0 a	70,0 a	143,0 a	144,0 a	140,0 a	9,3 b	12,0 a	4,2 a	2,5 a
	2	6,5 a	7,0 a	7,5 a	7,5 a	40,0 a	122,0 a	120,0 a	115,2 a	9,4 b	9,4 c	5,2 a	3,8 a
	4	7,3 a	7,0 a	7,0 a	7,5 a	50,0 a	125,0 a	129,0 a	125,0 a	10,1 a	10,1 b	4,4 a	4,0 a
	6	8,2 a	9,0 a	8,3 a	8,0 a	60,0 a	140,0 a	139,0 a	139,5 a	10,7 a	10,8 b	4,5 a	3,9 a
Ist. różnicy/Signif. of difference		n.i.	n.i.	n.i.	n.i.	n.i.	n.i.	n.i.	n.i.	**	**	n.i.	n.i.
BARONKA	NPK	8,2 a	5,0 a	5,0 a	6,5 a	66,0 a	78,0 a	77,5 a	66,3 a	12,1 a	8,8 c	2,7 a	1,9 a
	2	7,1 a	4,0 a	4,0 a	5,0 a	40,0 a	75,0 a	75,4 a	63,8 a	8,8 c	9,6 bc	1,7 a	0,8 a
	4	8,5 a	5,0 a	5,5 a	5,5 a	50,0 a	84,0 a	79,5 a	84,0 a	9,7 b	11,1 b	2,8 a	2,0 a
	6	8,5 a	5,0 a	5,0 a	5,5 a	60,0 a	75,0 a	75,4 a	75,0 a	11,0 ab	12,1 a	2,7 a	2,1 a
Ist. różnicy/Signif. of difference		n.i.	n.i.	n.i.	n.i.	n.i.	n.i.	n.i.	n.i.	**	**	n.i.	n.i.
PASJA	NPK	8,4 a	6,0 a	6,0 a	6,5 a	60,0 a	107,0 a	105,4 a	91,0 a	8,2 b	12,3 a	1,4 a	1,8 a
	2	6,5 a	6,0 a	6,0 a	6,5 a	30,0 a	106,0 a	104,5 a	90,1 a	8,4 b	8,4 b	1,6 a	2,3 a
	4	7,2 a	6,0 a	6,5 a	6,0 a	45,0 a	105,0 a	105,2 a	89,3 a	8,9 b	8,9 b	1,7 a	2,4 a
	6	8,1 a	7,0 a	7,0 a	7,0 a	50,0 a	100,0 a	100,1 a	85,0 a	11,0 a	11,0 ab	1,2 a	1,4 a
Ist. różnicy/Signif. of difference		n.i.	n.i.	n.i.	n.i.	n.i.	n.i.	n.i.	n.i.	**	**	n.i.	n.i.

Istotność różnicy /Significance of difference: ** - 99%, * - 95%, n.i. – różnica nieistotna / insignificant difference

a, b, c – grupy jednorodne / homogenous groups

Nawożenie: NPK, 2, 4, 6 – ilość ton granulatu nawozowego na 1 ha uprawy / Fertilization: NPK, 2, 4, 6 - amount of tons of fertilizer granulate per 1 ha of cultivation

obornik, skłania do poszukiwania innych źródeł materii organicznej (Jabłońska-Ceglarek i Franczuk, 2002). Ponadto stosowanie nawozów organicznych (słoma, liście buraka, osad pofermentacyjny z biogazowni, nawozy zielone itp.) ma wpływ na przyrost zasobów glebowej materii organicznej (Kuś, 2015). Zastosowanie badanego w doświadczeniu granulatu nawozowego uzyskanego z pofermentu biogazowni istotnie wpłynęło na plon suchej masy badanych odmian i gatunków traw, jednak efekt plonotwórczy był widoczny tylko w dwóch latach od zastosowania nawozu. W literaturze dostępnych jest wiele prac, które mówią o pozytywnym wpływie nawożenia organicznego na wzrost i plonowanie wielu gatunków roślin, jednak koncentrują się one zwykle na oborniku, gnojowicy, osadach ściekowych, oraz coraz częściej na wzbudzających zainteresowanie bionawozach powstałych na bazie biologicznie aktywnych mikroorganizmów (Nowicka i Karczmarczyk, 1989; Shen, 1997; Kurek i in., 2004; Sundara i in., 2002; Kalembasa i in., 2006). We wszystkich tych badaniach autorzy podkreślają pozytywny wpływ ocenianych substancji organicznych na kiełkowanie, wzrost roślin czy plonowanie, jednak nie zawsze jest on bardziej korzystny od nawożenia mineralnego NPK. Wyniki prezentowanych w pracy badań również to potwierdzają, a poza tym podkreślić należy, że w żadnym przypadku nie jest to prosta zależność pomiędzy zastosowanym nawożeniem, a kondycją i plonowaniem roślin. Efekt końcowy, jakim jest wysoki ilościowo i jakościowo plon, zależy od wielu innych czynników np. warunków pogodowych w czasie wegetacji czy odporności roślin na choroby i szkodniki (Gładyszak i Boróweczak, 1996; Wyczling i in., 2005).

Literatura

- Buttler A., Mariotte P., Meisser M., Guillaume T., Signarbieux C., Vitra A., Preux S., Mercier G., Quezada J., Bragazza L., Gavazov K.. 2019. Drought-induced decline of productivity in the dominant grassland species *Lolium perenne* L. Depends on soil type and prevailing climatic conditions. *Soil Biol. Biochem.*, 132: 47-57, DOI: <https://doi.org/10.1016/j.soilbio.2019.01.026>.
- COBORU. 2013. Wyniki porejestrowych doświadczeń odmianowych. Trawy pastewne 2012 (kostrzewa czerwona, kostrzewa łąkowa, kostrzewa trzcinowa, kupkówka pospolita, życica trwała). Nr. 100, Wyd. Centralny Ośrodek Badania Odmian Roślin Uprawnych, 65/2013, 350: 1-80.
- Dickeduisberg M., Laser H., Tonn B., Isselstein J. 2017. Tall wheatgrass (*Agropyron elongatum*) for biogas production: crop management more important for biomass and methane yield than grass provenance. *Ind. Crops Prod.*, 97: 653-663.
- Dyrektywa Parlamentu Europejskiego i Rady nr 2008/98/WE z 19 listopada 2008 w sprawie odpadów oraz uchylająca niektóre dyrektywy.
- Gładysiak S., Boróweczak F. 1996. Wpływ pogody, deszczowania i nawożenia azotowego na plony ziemniaków w wieloletnich doświadczeniach w warunkach Wielkopolski. *Zesz. Probl. Post. Nauk Rol.*, 438: 53-60.
- Główny Urząd Statystyczny. 2018. Odpady komunalne i utrzymanie czystości i porządku w gminach w 2017 roku.
- Jabłońska-Ceglarek R., Franczuk J. 2002. Alternatywne formy nawożenia organicznego w uprawie kapusty głowiastej białej. *Acta Sci. Pol. Hort. Cult.*, 1 (1): 45-54.
- Jadczyszyn T., Ochnal P. 2010. Rolnicze wykorzystanie odpadów w świetle przepisów prawnych. *Studia i Raporty IUNG-PIB*, zesz. 25: 81-88.
- Kabata-Pendias A., Szteke B. 2012. Pierwiastki śladowe w geo- i biosferze. Wydawnictwo IUNG, Puławy, s. 270.
- Kalembasa D., Malinowska E., Marek Siewniak M. 2006. Wpływ nawożenia na plonowanie wybranych gatunków wierzby krzewiastej. *Acta Agrophys.*, 8 (1): 119-126.
- Krauze A., Bartnik W. 1999. Wpływ różnych form nawożenia organicznego i mineralnego na plony i stan żywności gleby w 4-półowym zmianowaniu. *Zesz. Prob. Post. Nauk. Rol.* 467: 215-223.
- Kulig R., Skonecki S., Michałek W., Martyniak D., Piekarski W., Różyło R. 2015. The compaction process of *Andropogon gerardii* in terms of the production of ecological solid fuel. *Pol. J. Environ. Stud.*, 24 (6): 2473-2477.

Skład chemiczny biomasy badanych gatunków nie wskazywał na szczególne oddziaływanie zastosowanego nawożenia (tab. 5). Jedynie w przypadku odmiany życicy trwałej 'Baronka' stwierdzono wzrost zawartości jonów żelaza w biomacie w miarę wzrostu dawki granulatu, aczkolwiek stwierdzone wartości mieszczą się w przedziale wartości uważanych za typowe dla traw (od 60 do 140 mg·kg⁻¹ suchej masy) (Kabata-Pendias i Szteke, 2012). Poza tym uzyskane średnie wartości zawartości pierwiastków nie przekraczają wartości przewidzianych normami dla biomasy zielonej przeznaczanej na cele energetyczne (PN-EN ISO 17225-6:2021-12). Wykorzystanie biomasy do produkcji np. peletu możliwe jest przy zawartości azotu do 1,5% oraz miedzi – do 20, a także cynku – do 100 mg na kg suchej masy. Normy nie definiują dopuszczalnej zawartości żelaza w tego typu biomacie.

Podsumowanie

1. Nie stwierdzono istotnego wpływu zastosowanego nawożenia organicznego na wigor i wzrost roślin badanych odmian i gatunków traw wieloletnich.
2. Zastosowanie odpadowego nawozu organicznego miało istotny wpływ na zwiększenie plonowania badanych roślin, a różnice w plonie suchej masy były widoczne szczególnie w pierwszym i drugim roku użytkowania.
3. Stwierdzono wpływ poziomu nawożenia bioodpadu na wzrost zawartości jonów żelaza tylko w biomacie życicy trwałej w drugim roku uprawy, zaś u pozostałych badanych gatunków w składzie chemicznym nie obserwowano istotnych różnic.


- Kurek E., Niedźwiecki E., Protasowicki M., Słomka A., Ozimek E. 2004. Efekt zastosowania chińskiego bionawozu 4JUWEF C.B.I. na plon kukurydzy uprawianej na glebie lekkiej w warunkach Pomorza Zachodniego. Rocz. Glebozn. T. LV, nr 3: 121-128.
- Kuś J. 2015. Glebowa materia organiczna – znaczenie, zawartość i bilansowanie. Studia i Raporty IUNG-PIB, 45 (19): 27-53.
- Lalak J., Kasprzycka A., Martyniak D., Tys J. 2016. Effect of biological treatment of *Agropyron elongatum* 'BAMAR' on biogas production by anaerobic digestion. Biore-source Technology, 200:194-200.
- Mariotte P., Cresswell T., Johansen M.P., Harisson J.J., Keitel C., Dijkstra F.A. 2020. Plant uptake of nitrogen and phosphorus among grassland species affected by drought along a soil phosphorus gradient. Plant Soil, 448: 121-132, DOI: <https://doi.org/10.1007/s11104-019-04407-0>.
- Martyniak D., Żurek G., Prokopiuk K. 2017. Biomass yield and quality of wild populations of tall wheatgrass [*Elymus elongatus* (Host.) Runemark]. Biomass & Bioenergy, 10: 21-29.
- Mast B., Lemmer A., Oechsner H., Reinhardt-Hanisich A., Claupein W., Graeff-Hönninger S. 2014. Methane yield potential of novel perennial biogas crops influenced by harvest date. Ind. Crops Prod. 58: 194–203.
- Meisser M., Vitra A., Deléglise C., Dubois S., Probo M., Mosimann E., Buttler A., Mariotte P. 2019. Nutrient limitations induced by drought affect forage N and P differently in two permanent grasslands. Agric. Ecosyst. Environ., 280: 85-94, DOI: <https://doi.org/10.1016/j.agee.2019.04.027>.
- Nowicka S., Karczmarczyk S. 1989. Wpływ nawożenia mineralnego i organicznego na plonowanie roślin oraz na właściwości chemiczne i biologiczne gleby lekkiej. Zesz. Prob. Post. Nauk Rol., 380: 259-267.
- Przybysz K., Małachowska W., Martyniak D., Boruszewski P., Kalinowska H., Przybysz P. 2019. Energies Production of Sugar Feedstocks for Fermentation Processes from Selected Fast Growing Grasses. Energies, 12: 3129.
- Perotti E., Huguenin-Elie O., Meisser M., Dubois S., Probo M., Mariotte P. 2021. Climatic, soil, and vegetation drivers of forage yield and quality differ across the first three growth cycles of intensively managed permanent grasslands. Europ. J. Agronom., 122: 126194, DOI: <https://doi.org/10.1016/j.eja.2020.126194>.
- PN-EN ISO 17225-6: 2014: Biopaliwa stałe. Specyfikacje paliw i klasy. Część 6 Klasy peletów nie drzewnych.
- Shen D. 1997. Microbial diversity and application of microbial products for agricultural purposes in China. Agric. Ecosys. Environ. 62: 237-245.
- StatSoft Inc. (2014) STATISTICA (data analysis software system), version 12. www.statsoft.com
- Sundara B., Natarajan V., Hari K. 2002: Influence of phosphorus solubilizing bacteria on the changes in soil available phosphorus and sugarcane and sugar yields. Field Crop. Res. 77: 43-49.
- Vassilev S., Baxter D., Andersen L., Vassileva C.G. 2010. An overview of the chemical composition of biomass. Fuel, 89: 913–933.
- Vassilev S., Baxter D., Andersen L., Vassileva C., Morgan T. 2012. An overview of the organic and inorganic phase composition of biomass. Fuel, 94: 1–33.
- White L.M., 1985. Stand age, precipitation, and temperature effects on forage yield. J. Range Manag., 39 (1): 39-43.
- Wyczling D., Pańka D., Lenc L., Sadowski C. 2005. Wpływ ochrony fungicydami na zdrowotność i plon pszenicy ozimej. Acta Agrobot., 58 (2): 287-306.
- Zębek E. 2018. Zasady gospodarki odpadami w ujęciu prawnym i środowiskowym. Kortowski Przegląd Prawniczy Monografie (KPP Monografie) KPP, Olsztyn, s. 371.
- Żurek G., Martyniak D. 2012. Energia odnawialna z biomasy traw wieloletnich – perspektywy i bariery. W: Praca zbiorowa pod red. B. Mickiewicza, Najnowsze osiągnięcia z zakresu OZE wraz z przedstawieniem barier we wdrażaniu wyników badań do praktyki gospodarczej oraz sugestiami ich rozwiązań. Wyd. Feniks, Koszalin: 145-159.

Wpływ dodatku otrąb na wybrane właściwości reologiczne ciasta pszenżytniego oraz cechy pieczywa

Impact of bran addition on selected rheological properties of triticale dough and on characteristics of breads

Komunikat

Short
Communication

Anna Fraś 

Instytut Hodowli i Aklimatyzacji Roślin – Państwowy Instytut Badawczy, Radzików, 05-870 Błonie

 a.fras@ihar.edu.pl

Pszenżyto, pomimo wielu walorów agronomicznych oraz żywieniowych jest nadal w nieznacznym stopniu wykorzystywane w przemyśle spożywczym. Powodem jest wysoka aktywność amylolityczna ziarna oraz niezadowalające właściwości reologiczne ciasta w porównaniu do pszenicy. Celem prowadzonych badań wstępnych była analiza cech fizykochemicznych mąki pszenżytniej i sprawdzenie w jaki sposób dodatek otrąb będzie wpływał na zmianę właściwości reologicznych ciasta i parametry pieczywa. Materiał doświadczalny stanowiła mąka uzyskana z ziarna dwóch odmian pszenżyta ozimego, suplementowana otrębami pszenżytnimi (OP) w ilości 10%, 25% i 50%. W całości materiału oznaczono liczbę opadania, określono parametry reologiczne ciasta na podstawie analizy farinograficznej oraz przeprowadzono wypiek laboratoryjny. Otrzymane pieczywo oceniono pod względem objętości oraz parametrów teksturalnych bochenków. Dodatek OP do mąki pszenżytniej istotnie wpływał na zmianę wszystkich analizowanych cech. Liczba opadania ulegała zmniejszeniu po dodaniu 25% OP, natomiast wodochłonności badanych mieszanek wzrastały wraz ze zwiększającym się udziałem OP w zakresie od 55% do 64,6%. Pozostałe parametry farinograficzne również się zmieniły, przy czym największe różnice zaobserwowano po dodaniu 25% i 50% OP. W przypadku tych dwóch poziomów dodatku OP stwierdzono istotne obniżenie objętości pieczywa w zakresie od 335 cm³ do 229 cm³. Pieczywo wypieczone z czystej mąki pszenżytniej oraz z dodatkiem 10% OP charakteryzowało się najlepszą jakością pod względem kształtu bochenka, stopnia wypieczenia i parametrów teksturalnych miękiszu. Uzyskane wyniki potwierdzają brak powtarzalności i stabilności parametrów technologicznych pomiędzy poszczególnymi odmianami pszenżyta i wskazują na konieczność prowadzenia dalszych badań w celu poszukiwania czynników wpływających na kształtowanie tych cech.

Słowa kluczowe: objętość chleba, otręby, pieczywo, pszenżyto, tekstura

Triticale is still used in the food industry to a limited extent, despite many agronomic and nutritional values. The reason is the high amylolytic activity of the grain and the unsatisfactory rheological properties of the dough in comparison to wheat. The aim of the preliminary research was to analyse the physicochemical properties of triticale flour and to check how the addition of bran will affect the change in the rheological properties of the dough and bread parameters. Material for the study comprised of flour obtained from the grain of two varieties of winter triticale, supplemented with triticale bran (OP) in the amount of 10%, 25% and 50%. All samples were analysed for the falling number value, whereas the rheological parameters of the dough were determined on the basis of farinographic analysis and next the laboratory baking was carried out. The obtained bread was evaluated in terms of volume and textural parameters of the loaves. The addition of OP to triticale flour significantly influenced the change of all the analysed characteristics. The falling number decreased after addition of 25% of OP, while the water absorption of the tested mixtures increased with the increasing share of OP in the range from 55% to 64.6%. Other farinographic parameters also changed, with the greatest differences observed after addition of 25% and 50% of OP. In the case of these two levels of the OP additive, a significant reduction in bread volume in the range from 335 cm³ to 229 cm³ was also observed. Bread baked from pure triticale flour and with the addition of 10% of OP was characterized by the best quality in terms of the shape of the loaf, degree of baking and textural parameters of the crumb. The obtained results confirm the lack of stability of technological parameters between individual varieties of triticale and indicate the need to conduct further research in order to search for factors influencing the formation of these characteristics.

Keywords: bread volume, bran, bread, triticale, texture

Wstęp

Pszenżyto (*X Triticosecale* Wittmack) jest pierwszą rośliną zbożową całkowicie wytworzoną przez człowieka, otrzymaną na drodze krzyżowania genomów A i B pszenicy (*Triticum turgidum* L., *Triticum aestivum* L.) z genomem R żyta (*Secale cereale* L.) (Zhu, 2018). Pszenżyto wyróżnia się wieloma korzystnymi cechami agronomicznymi, między innymi tolerancją na słabsze

warunki glebowe, zakwaszenie gleby oraz suszę, ponadto odpornością na choroby pszenicy oraz żyta, a w konsekwencji wysokim plonem, w porównaniu do pszenicy na takim samym typie gleb (Bujak i in., 2012; Dekić i in., 2018). Zboże to charakteryzuje się również dobrą wartością odżywczą. Wyróżnia się wysoką zawartością białka w ziarnie, porównywalną do pszenicy, ale o lepszym składzie aminokwasowym. Zawiera większą ilość lizyny, która jest aminokwasem w pierw-

szym stopniu ograniczającym wartość odżywczą białka zbóż. Ponadto jest bogatym źródłem błonnika pokarmowego, stanowiącego główny kompleks składników bioaktywnych ziarna zbóż, odpowiadający za wartość prozdrowotną. Jest także cennym źródłem innych związków bioaktywnych, takich jak związki fenolowe, w tym alkilorezorcynole, które wykazują aktywność antyoksydacyjną, a także fitoestrogeny, witaminy i mikroelementy (Tohver i in., 2005; McGoverin, 2011). Ziarno pszenżyta wykorzystywane jest głównie na paszę, ale także jako surowiec do produkcji biopaliw oraz w przemyśle spirytusowym i browarniczym (McGoverin, 2011). Pszenżyto wciąż w niewielkim stopniu wykorzystywane jest w przemyśle spożywczym, zwłaszcza w piekarnictwie. Wykorzystanie mąki pszenżytniej w tym sektorze przemysłu utrudnia wysoka aktywność amylopolityczna i słabe właściwości reologiczne ciasta, co jest bezpośrednio związane z mniejszą ilością i gorszą jakością glutenu w porównaniu do pszenicy. Mimo niewątpliwych walorów użytkowych pszenżyto jest zbożem niedocenianym i niezbadanym w niektórych dziedzinach nauki. Dane literaturowe wskazują, że pszenżyto ma znaczny potencjał chlebowy. Stan wiedzy w tej dziedzinie jest wciąż niezadowolający, co powoduje marginalizację tego zboża w badaniach nad rozwojem procesu technologicznego wypieku chleba. Brakuje informacji na temat profili właściwości reologicznych ciasta pszenżytniego, zależności między cechami pszenżyta na różnych etapach przetwarzania oraz związanej z tym metodologii badań. Ze względu na fragmentaryczny stan wiedzy na temat przedstawionych problemów sformułowano hipotezę badawczą, według której udział otrąb ma wpływ na zdolność ciasta do zatrzymywania dwutlenku węgla w swojej strukturze podczas fermentacji, a w konsekwencji na parametry teksturalne chleba.

Materiały i metody

Materiał badawczy stanowiło ziarno dwóch odmian pszenżyta ozimego Alekto i Fredro, pochodzące z Hodowli Roślin Danko Sp. z o.o. W celu uzyskania mąki oraz otrąb, ziarno kondycjonowano do wilgotności 14%, a następnie zmieszano w młynie laboratoryjnym Quadrumat Senior (Brabender). Z otrzymanej mąki i otrąb sporządzono mieszanki z 10%, 25% i 50% dodatkiem otrąb pszenżytnich (OP). W całości materiału oznaczono liczbę opadania (LO) z wykorzystaniem aparatu Falling Number 1800 (Perten), zgodnie ze standardową procedurą ICC 107/1 (2005) oraz przeprowadzono analizę farinograficzną (Brabender Farinograph) zgodnie z normą ICC 115/1 z użyciem 50 g mąki. Z mąki pszenżytniej oraz otrzymanych mieszanek wypieczono chleby w dwóch powtórzeniach, zgodnie z procedurą ICC 131 (2005) z modyfikacjami, z użyciem 100 g mą-

ki, 1,5 g soli oraz 3 g drożdży. Otrzymane pieczywo poddano pomiarowi objętości metodą triangulacyjną z wykorzystaniem skanera laserowego 3D (Next Engine) wraz z oprogramowaniem Scan Studio HD, a opisową ocenę bochenków przeprowadzono zgodnie z normą ICC 131 (2005). Kształt bochenków określano jako wypukły, średnio wypukły i płaski, kolor skórki ciemny, normalny i blade. Teksturę miękiszu (kromki) określano jako: miękki i szorstki, elastyczny i nie elastyczny, kleisty i nie kleisty. Otrzymane wyniki poddano jednoczynnikowej analizie wariancji (ANOVA) oraz procedurze porównań wielokrotnych Tukeya-Kramera. Obliczenia statystyczne wykonano w programie Statistica 13.3 (TIBCO Software Inc. 2022).

Badania opisane w niniejszej pracy stanowiły część badań wstępnych, których celem była analiza cech fizykochemicznych mąki pszenżytniej i sprawdzenie w jaki sposób dodatek otrąb będzie wpływał na zmianę właściwości reologicznych mieszanek oraz na parametry pieczywa.

Wyniki i dyskusja

Dodatek otrąb do mąki pszenżytniej istotnie wpłynął na zmienność wszystkich badanych cech. Wyniki liczby opadania oraz parametrów reologicznych ciasta przedstawiono w Tabeli 1. Jednym z kluczowych parametrów określających przydatność technologiczną ziarna jest liczba opadania, czyli wskaźnik aktywności alfa-amylazy. Ziarno pszenżyta, ze względu na swoją podatność na kiełkowanie, charakteryzuje się dużą aktywnością alfa-amylazy, która powoduje degradację skrobi i obniżenie jakości ziarna. Liczba opadania wyznaczona dla ziarna pszenicy użytecznej technologicznie powinna przekraczać 150 s (Rothkaehl, 2009), natomiast minimalna wartość tego parametru wymagana dla ziarna pszenżyta przeznaczonego do przetwórstwa i uwzględniana przy skupie ziarna wynosi nie mniej niż 80 s (PN-R-74107, 1997). Dodatek otrąb do mąki pszenżytniej spowodował nieznaczne obniżenie wartości liczby opadania. W przypadku odmiany Alekto wartości zmieniały się w zakresie od 253 s dla czystej mąki do 225 s dla 50% dodatku otrąb, natomiast dla odmiany Fredro odpowiednio w zakresie od 269 s do 242 s. Podobne wyniki dla liczby opadania mąki pszenżytniej tych samych odmian uzyskali Fraś i wsp. (2018) opisując wartości tego parametru na poziomie 268 s oraz 242 s, odpowiednio dla odmiany Alekto oraz Fredro. Dennett i wsp. (2013) również analizowali tą cechę w ziarnie pszenżyta i uzyskali wyniki w zakresie od 148 s do 322 s, natomiast Ceglińska i Haber (2001) obserwowali jej zmienność w przedziale od 85 s do 278 s. Jednym z podstawowych procesów związanych z mechaniczną obróbką mąki, a co za tym idzie również ciasta, jest symulacja procesu miesienia podczas analizy farinograficznej, którą przeprowadzono

Tabela 1
Table 1Liczba opadania oraz parametry farinograficzne mąki pszenżytniej oraz mieszanek z otrębami
Falling number and farinographic parameters of triticale flour and flour-bran mixtures

Próba Sample	Liczba opadania [s] Falling number [s]	Wodochłonność [%] Water absorption [%]	Czas rozwoju ciasta [min] Dough development time [min]	Czas stałości ciasta [min] Stability [min]	Stopień rozmiękczenia [FU] ¹ Degree of softening [FU] ¹
<i>Alekto + 0% OP</i>	253 ^a	55,0 ^c	1,5 ^c	1,0 ^c	80 ^a
<i>Alekto + 10% OP</i>	253 ^a	55,4 ^c	1,5 ^c	4,0 ^b	70 ^b
<i>Alekto + 25% OP</i>	245 ^a	56,9 ^b	5,5 ^b	4,5 ^{ab}	50 ^c
<i>Alekto + 50% OP</i>	225 ^b	59,9 ^a	6,5 ^a	5,5 ^a	30 ^d
Statystyka F F statistic	2,46*	169,4**	7,2**	16,5**	6,7**
<i>Fredro + 0% OP</i>	269 ^a	61,2 ^c	2,5 ^c	3,0 ^a	140 ^{ab}
<i>Fredro + 10% OP</i>	260 ^a	62,4 ^b	2,5 ^c	2,5 ^b	150 ^a
<i>Fredro + 25% OP</i>	250 ^b	62,7 ^b	3,0 ^b	2,5 ^b	150 ^a
<i>Fredro + 50% OP</i>	242 ^b	64,6 ^a	3,5 ^a	2,5 ^b	130 ^b
Statystyka F F statistic	3,89**	217,7**	3,28**	11,35**	4,8**

¹FU (farinographic usnits) jednostki farinograficzne (jednostki Brabendera); * istotne dla p=0,05, ** istotne dla p=0,01.

¹FU farinographic usnits/ Brabender units; * significant for p=0,05, ** significant for p=0,01.

dla wszystkich zastosowanych kompozycji. Oprócz określenia wodochłonności mąki w niniejszej analizie oszacowano zmiany zachodzące podczas mieszania ciasta w stałej temperaturze (30°C). Istnieje wiele danych literaturowych opisujących analizę farinograficzną wykonywaną dla różnych odmian pszenżyta (Marciniak i in., 2008; Shchipak i in., 2013), z których jednoznacznie wynika, że pszenżyto charakteryzuje się dużą zmiennością analizowanych parametrów. Zakres wodochłonności mąki pszenżytniej oraz mieszanek z otrębami był bardzo szeroki i wahał się od 55,0% dla mąki z odmiany Alekto do 64,6% dla mieszanki z odmiany Fredro z 50% udziałem otrąb. Dodatek otrąb w istotny sposób wpływał na wzrost wodochłonności mąki, co może być bezpośrednio związane ze składem chemicznym otrąb, a szczególnie udziałem w nich dużej ilości błonnika pokarmowego, posiadającego silne właściwości wiązania wody. Zgodnie z prezentowanymi w literaturze danymi, większość odmian pszenżyta charakteryzuje się znacznie niższą wodochłonnością w porównaniu z pszenicą (Szafrńska, 2012; Fraś i in., 2016). Biorąc pod uwagę pozostałe parametry, uzyskane w trakcie analizy farinograficznej badanych odmian i mieszanek, można stwierdzić brak powtarzalności wyników co utrudnia bezpośrednie wnioskowanie o jakości mąki na podstawie tej analizy. Mąka oraz mieszanki uzyskane z odmiany Alekto zachowywały się odmiennie w zakresie analizowanych cech w porównaniu do materiału pochodzącego z odmiany Fredro, chociaż niektóre trendy w zmienności wybranych parametrów były podobne. Dodatek otrąb do mąki pszenżytniej uzyskanej z odmiany Alekto spowodował gwałtowny wzrost czasu rozwoju ciasta od 1,5 min dla kontroli i 10% dodatku OP do 5,5 min oraz 6,5

min dla dodatków na poziomie 25% i 50%. Czas stałości ciasta uzyskanego z materiału z odmiany Alekto wzrastał istotnie wraz z dodatkiem otrąb do mąki w zakresie od 1 min do 5,5 min, natomiast w przypadku odmiany Fredro zaobserwowano nieznaczne, choć istotnie obniżenie tego parametru z 3 min dla czystej mąki do 2,5 min dla mieszanek, niezależnie od dodatku otrąb. Długi czas rozwoju i czas stałości oraz małe rozmiękczenie wskazują na silną mąkę o mocnym glutenie, odporną na zmęczenie w trakcie mieszenia. Wartości dwóch pierwszych parametrów, otrzymane dla badanego materiału nie gwarantują cech silnej mąki. W odniesieniu do stopnia rozmiękczenia ciasta, badane odmiany również istotnie różniły się pod względem tej cechy. Zdecydowanie niższe wartości w zakresie od 80 do 30 FU otrzymano dla mieszanek z odmiany Alekto, co może być potwierdzeniem, że ta odmiana charakteryzuje się wyższą odpornością na mieszenie oraz lepszym glutenem, a dodatek otrąb jeszcze wzmocnił te właściwości i poprawił stabilność ciasta. W przypadku odmiany Fredro uzyskano dwu i trzykrotnie wyższe wartości dla stopnia rozmiękczenia w zakresie od 150 do 130 FU oraz mniejszą zmienność w porównaniu do odmiany Alekto. Jednakże w przypadku obydwu odmian można zaobserwować, że dodatek otrąb wpłynął istotnie na obniżenie wartości tego parametru. Badania dotyczące dodatku otrąb do mąki pszenżytniej prowadzili Kaszuba i in. (2020), którzy suplementowali mąkę z odmian Fredro oraz Panteon otrębami w zakresie od 5% do 20%. Autorzy ci dla odmiany Fredro uzyskali większość parametrów na podobnym poziomie, w porównaniu do przedstawionych badań, z wyjątkiem stopnia rozmiękczenia, którego wartości zmieniały się w zakresie od 175 do 131 FU.

Niezależnie od odmiany trendy w zmienności poszczególnych parametrów ciasta po dodaniu otrąb również były zbliżone. Każdorazowo wzrastały wodochłonność oraz czas rozwoju ciasta, natomiast autorzy stwierdzili istotnie mniejszą zmienność w zakresie stopnia rozmiękczenia w porównaniu do wartości opisanych w niniejszej pracy. Ceglińska i Haber (2001), analizując parametry farinograficzne mąki pszenżytniej również uzyskali dużą zmienność badanych cech, a wartości poszczególnych parametrów mieściły się w podobnym zakresie, opisanym dla poszczególnych dodatków otrąb, w tym: wodochłonności od

59,2% do 63,1%, czas rozwoju od 1,2 min do 2,5 min, czas stałości od 2,0 min do 3,7 min oraz stopień rozmiękczenia od 69 FU do 121 FU. Użyte wyniki oraz dostępne dane literaturowe jednoznacznie wskazują, że istnieje potrzeba prowadzenia dalszych badań na szerszym spektrum odmian pszenżyta w celu sprawdzenia, które cechy ziarna lub mąki wpływają na parametry farinograficzne.

Dodatek otrąb do mąki pszenżytniej wpłynął również istotnie na obniżenie objętości pieczywa oraz jego parametrów teksturalnych, których wyniki zaprezentowano w Tabeli 2.

Tabela 2
Table 2

Objętość pieczywa oraz parametry bochenków
Bread volume and parameters of loaves

Próba Sample	Objętość chleba [cm ³] Bread volume [cm ³]	Kształt bochenka Shape of loaves	Kolor skórki Crust colour	Tekstura kromki Crumb texture
<i>Alekto + 0% OP</i>	335	wypukły well round topped	normalny normal	miękki/elastyczny/nie kleisty soft/elastic/non-sticky
<i>Alekto + 10% OP</i>	326	średnio wypukły medium round topped	normalny normal	miękki/elastyczny/nie kleisty soft/elastic/non-sticky
<i>Alekto + 25% OP</i>	263	średnio wypukły medium round topped	normalny normal	szorstki/nie elastyczny/kleisty harsh/non-elastic/sticky
<i>Alekto + 50% OP</i>	229	płaski flat topped	blady pale	szorstki/nie elastyczny/kleisty harsh/non-elastic/sticky
<i>Fredro + 0% OP</i>	330	wypukły well round topped	ciemny dark	miękki/elastyczny/nie kleisty soft/elastic/non-sticky
<i>Fredro + 10% OP</i>	347	wypukły well round topped	normalny normal	miękki/elastyczny/nie kleisty soft/elastic/non-sticky
<i>Fredro + 25% OP</i>	338	średnio wypukły medium round topped	normalny normal	miękki/nieelastyczny/nie kleisty soft/non-elastic/non-sticky
<i>Fredro + 50% OP</i>	297	płaski flat topped	blady pale	szorstki/nie elastyczny/kleisty harsh/non-elastic/sticky

W przypadku odmiany Alekto objętość początkowa chleba z czystej mąki pszenżytniej wynosiła 335 cm³ i praktycznie nie zmieniła się po dodaniu 10% otrąb. Istotny spadek tego parametru do poziomu 263 cm³ i 229 cm³ zaobserwowano przy udziale odpowiednio 25% i 50% OP. W podobny sposób następowała zmienność w obserwowanych parametrach bochenków. Dodatek otrąb powodował, że kształt bochenka zmieniał się z wypukłego dla czystej mąki pszenżytniej, poprzez średnio wypukły dla 10% i 25% OP, aż do płaskiego dla 50% otrąb. W przypadku trzech pierwszych dodatków otrąb pieczywo wyróżniało się skórką w normalnym, wypieczonym kolorze, natomiast po dodaniu 50% otrąb bochenki były blade. Chleby bez dodatku otrąb oraz z ich 10% udziałem wyróżniały się także najlepszą teksturą miękką, który w obydwu przypadkach scharakteryzowano jako miękki, elastyczny oraz nie kleisty. Wraz ze zwiększającym się udziałem OP miękkiz stawał się szorstki i kleisty oraz tracił elastyczność. Chleby otrzymane z odmiany Fredro charakteryzowały się większymi objętościami w porównaniu do odmiany Alekto. Dodatek otrąb w zakresie od 0% do 25% nie wpłynął na zmianę tego parametru, przy średniej wartości 338 cm³,

natomiast po suplementacji 50% OP objętość chleba obniżyła się do 297cm³. Pozostałe parametry pieczywa wypieczonego z tej odmiany również wypadły lepiej, co może być potwierdzeniem, że charakteryzuje się ona większą przydatnością do celów wypiekowych. Kształt bochenków w zakresie stężeń od 0% do 25% OP był wypukły lub średnio wypukły, skórka była zdecydowanie lepiej wypieczona, a jej kolor scharakteryzowany jako ciemny i normalny, natomiast miękkiz każdorazowo opisano jako miękki i niekleisty, a tylko w przypadku 25% dodatku OP utracił na elastyczności. Chleb wypieczony z odmiany Fredro z 50% dodatkiem OP, podobnie jak dla odmiany Alekto wyróżniał się najniższymi parametrami teksturalnymi. W badaniach opisanych przez Kaszuba i in. (2020) dodatek otrąb pszenżytnich na poziomie 20% istotnie wpływał na obniżenie objętości pieczywa, a otrzymane przez autorów wartości mieściły się w zakresie od 317 cm³ dla chleba wypieczonego z mąki bez dodatków do 285 cm³ dla chleba z 20% dodatkiem otrąb. Są to wartości podobne do opisanych powyżej dla odmian Alekto oraz Fredro. Ci sami autorzy zaobserwowali również, że wraz z dodatkiem frakcji otrąb wzrastała twardość kromki i jej wilgotność, a także zmienia-

ła się porowatość miękiszu. Fraś i in. (2018) prowadzili badania nad suplementacją mąki pszenżytniej koncentratem błonnika owsianego w zakresie od 2,5 % do 10% i również zaobserwowali, że przy największych stężeniach dodatku parametry pieczywa dotyczące kształtu bochenków, koloru skórki i parametrów kromki istotnie się obniżały. Objętość pieczywa zmieniała się w zakresie od 395 cm³ do 298 cm³, natomiast Ceglińska i Haber (2001) ocenili objętości pieczywa otrzymanego mąki wybranych odmian pszenżyta ozimego na średnim poziomie 274 cm³. Obniżenie objętości pieczywa pszennego po suplementacji mąki otrębami owsianymi na poziomie 15% i 20% opisały również Czubaszek i Karolini-Skaradzińska (2005), co może być wskazówką, że niezależnie od gatunku zboża dodatek otrąb powyżej pewnego poziomu w istotny sposób pogarsza parametry pieczywa.

Opisane powyżej wyniki badań wstępnych potwierdzają występujący brak powtarzalności i stabilności parametrów technologicznych pomiędzy poszczególnymi odmianami pszenżyta i wskazują na konieczność prowadzenia dalszych badań w celu poszukiwania czynników wpływających na kształtowanie tych cech. Przyczyny braku

powtarzalności analizy farinograficznej, a w konsekwencji niezadowalającą jakość pieczywa uzyskanego z poszczególnych odmian pszenżyta nie zostały dotychczas wyjaśnione. Przyjmuje się, że taka niestabilność i niespójność związana jest przede wszystkim z niską zawartością i złą jakością glutenu w porównaniu z pszenicą oraz wyższą zawartością frakcji rozpuszczalnej arabinoksylianów (Courtin i Delcour, 2002; Archemowicz i in., 2014). Nie zbadano i pozostaje niewyjaśnione, czy i w jaki sposób różny udział frakcji polisacharydów nieskrobiowych może wpływać na zmienność wyników uzyskanych z farinografu. Stwierdzono pewne korelacje między właściwościami określonymi metodą farinograficzną a właściwościami teksturalnymi ciasta pszennego (Armero i Collar, 1997), natomiast brak jest danych w tym zakresie dla pszenżyta. Istnieje więc konieczność prowadzenia dalszych badań nad poszukiwaniem czynników i parametrów, które w największym stopniu wpływają na wartość technologiczną pszenżyta. Konieczne jest również zbadanie czy i w jaki sposób skład chemiczny, a w szczególności wybrane frakcje nieskrobiowych polisacharydów mogą wpływać na kształtowanie cech reologicznych ciasta pszenżytniego.

Literatura

- Achremowicz B., Ceglińska A., Gambuś H., Haber T., Obiedziński M. 2014. Technologiczne wykorzystanie ziarna pszenżyta. *Postępy Techniki Przetwórstwa Spożywczego*, 1: 113-120.
- Armero E., Collar C. 1997. Texture properties of formulated wheat doughs. *Z Lebensm Unters -Forschung A*, 204: 136-145.
- Bujak H., Tratwal A., Walczak F. 2012. Reakcja odmian pszenżyta ozimego na warunki środowiskowe Wielkopolski przy dwóch poziomach intensywności agrotechniki. *Biuletyn IHAR-PIB*, 264:141-155.
- Ceglińska A., Haber T. 2001. Wartość technologiczna wybranych odmian pszenżyta ozimego. *Biuletyn IHAR-PIB*, 218/219: 315-321.
- Courtin C.M., Delcour J.A. 2002. Arabinoxylans and endoxylanases in wheat flour bread-making. *Journal of Cereal Science*, 35: 225-243.
- Czubaszek A., Karolini-Skaradzińska Z. 2005. Effects of wheat flour supplementation with oat products on dough and bread quality. *Polish Journal of Food and Nutrition Sciences*, 55 (3): 281-286.
- Dekić V., Milivojević J., Baranković S. 2018. The interaction of genotype and environment on yield and quality components in triticale. *Biologica Nyssana*, 9: 45-53.
- Dennett A.L., Wilkes M.A., Threthowan R.M. 2013. Characteristics of modern triticale quality: the relationship between carbohydrate properties, α -amylase activity, and falling number. *Cereal Chemistry*, 90 (6): 594-600.
- Fraś A., Gołębiowska K., Gołębiwski D., Mańkowski D.R., Boros D., Szczółka P. 2016. Variability in the chemical composition of triticale grain, flour and bread. *Journal of Cereal Science*, 71: 66-72.
- Fraś A., Gołębiwski D., Gołębiowska K., Mańkowski D.R., Gzowska M., Boros D. 2018. Triticale-oat bread as a new product rich in bioactive and nutrient components. *Journal of Cereal Science*, 82: 146-154.
- ICC Standards. 2005. *Standard Methods of the International Association for Cereal Science and Technology*. Vienna.
- Kaszuba J., Jaworska G., Krochmal-Marczak B., Kogut B., Kuźniar P. 2021. Effect of bran addition on rheological properties of dough and quality of triticale bread. *Journal of Food Processing and Preservation*, 45: e15093.
- Marciniak A., Obuchowski W., Makowska A. 2008. Technological and nutritional aspects of utilisation of triticale for extruded food production. *Electronic Journal of Polish Agricultural University*, 11: 4.
- McGoverin C.M., Synders F., Muller N., Botes W., Fox G., Manley M. 2011. A review of triticale uses and the effect of growth environment on grain quality. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 91: 1155-1165.
- Polska Norma. 1997. PN-R-74107:1997, Ziarno zbóż – Pszenżyto. *Polski Komitet Normalizacyjny*.
- Rothkaehl J. 2009. Rynek pszenicy w Polsce. Jakość pszenicy zwyczajnej i system jej oceny. *Fundacja Programów Pomocy dla Rolnictwa FAPA*.
- Shchipak G.V., Tsupko Yu.V., Shchipak V.G. 2013. Bread-making qualities of the cultivars of winter hexaploid triticale. *Russian Journal of Agricultural Science*, 39 (2): 95-101.
- Szafrńska A. 2012. Ocena wartości technologicznej wybranych odmian pszenicy ze zbiorów z lat 2009-2011. *Zeszyty Problemowe Postępów Nauk Rolniczych*, 571: 115-126.
- TIBCO Software Inc. 2022. *Statistica (data analysis software system)*, wersja 13.3, <https://www.tibco.com>.
- Tohver M., Kann A., That R., Mihhalevski A., Hakman J. 2005. Quality of triticale cultivars suitable for growing and bread-making in northern conditions. *Food Chemistry*, 89: 125-132.
- Zhu F. 2018. Triticale: Nutritional composition and food uses. *Food Chemistry*, 241: 468-479.

Rys historyczny badań nad cytoplazmatyczno-genową męską sterylnością w kukurydzy (*Zea mays* L.)

Historical outline of research on cytoplasmic-genic male sterility in maize (*Zea mays* L.)

Monika Żurek  

Instytut Hodowli i Aklimatyzacji Roślin – Państwowy Instytut Badawczy

 m.zurek@ihar.edu.pl

Badania nad zjawiskiem męskiej sterylności w kukurydzy rozpoczęły się w latach 30-tych ubiegłego wieku. Od tamtego czasu odnotowano w tej materii wiele osiągnięć, które umożliwiły wytworzenie funkcjonalnego systemu CGMS, z powodzeniem wykorzystywanego w produkcji nasiennej odmian mieszańcowych kukurydzy. W historii badań nad tym zjawiskiem spotykamy również przykłady spektakularnych błędów, wynikających z nadmiernej uniformizacji genetycznej źródeł męskiej sterylności, wykorzystywanych na szeroką skalę w produkcji nasiennej. Niniejsza praca stanowi przegląd historycznych oraz aktualnych doniesień literaturowych dotyczących badań nad cytoplazmatyczno-genową męską sterylnością w kukurydzy.

Słowa kluczowe: cytoplazmatyczno-genowa męska sterylność, CGMS, *Helminthosporium maydis* race-T

Research on the phenomenon of male sterility in maize began in the 1930s. Since then, there have been many achievements in this matter, which have enabled the creation of a functional CGMS system, successfully used in the seed production of hybrid maize varieties. In the history of research on this phenomenon, we also encounter examples of spectacular errors resulting from excessive genetic uniformity of sources of male sterility, used on a large scale in seed production. This paper is a review of historical and current literature reports on studies on cytoplasmic-gene male sterility in maize.

Key words: cytoplasmic-genic male sterility, CGMS, *Helminthosporium maydis* race-T

Wstęp

Pierwszy przypadek rośliny kukurydzy niewytwarzającej pyłku został opisany przez Rhodes'a w 1933 r., który zidentyfikował rośliny męskosterylne w kukurydzy z Peru. Kolejny przypadek roślin męskosterylnych został zidentyfikowany w 1939 roku w Argentynie (Duvick, 1965). Zarówno linie męskosterylne odkryte przez Rhodes'a jak również te pochodzące z Argentyny, nie zachowały się do czasów teraźniejszych. Dlatego też nic nie wiadomo na temat ich cytotypu oraz genów przywracających płodność w tych liniach (Duvick, 1959). Pierwsze próby wykorzystania zjawiska męskiej sterylności w hodowli kukurydzy przeprowadzili, niezależnie od siebie, jednocześnie z takim samym rezultatem, dwaj hodowcy – D.F. Richey i H.A. Wallace. W swoich pracach, dążących do wyeliminowania ręcznego kastrowania roślin, bazowali oni na sterylnej cytoplazmie odkrytej przez Rhodes'a. Zakładali oni, że wszystkie linie hodowlane po skrzyżowaniu ze źródłem sterylności dadzą sterylne potomstwo, tak więc w końcowej odmianie F_1 , oprócz nasion z cytoplazmą sterylną będzie konieczna domieszka nasion z cytoplazmą normalną, dających płodne rośliny. W swoich badaniach nie uwzględniali oni genetycznego współdziałania linii hodowlanych ze

źródłem cytoplazmy. Z uwagi na różną stabilność męskiej sterylności, po początkowym entuzjazmie związanym z wykorzystaniem tego zjawiska w hodowli kukurydzy, prace hodowlane zostały zarzucone na parę lat, a źródło sterylnej cytoplazmy odkryte przez Rhodes'a bezpowrotnie utraciono. Wyniki tych prac nie zostały również nigdzie szczegółowo opublikowane (Duvick, 1959). Kolejne próby prac hodowlanych nad wykorzystaniem zjawiska CGMS w hodowli kukurydzy związane były z odkryciem nowego źródła sterylności przez Rogersa i Edwardsona w 1944 roku. Odkrycie źródeł męskiej sterylności w kukurydzy pozwoliło na usprawnienie oraz obniżenie kosztów związanych z produkcją nasiennej odmian mieszańcowych, a także umożliwiło efektywniejsze wykorzystanie potencjału zjawiska heterozji (Su i in., 2017). Pierwsze polskie prace badawczo-hodowlane nad zjawiskiem męskiej sterylności oraz liniami przywracającymi płodność u kukurydzy podjęto w 1956 r. w Smolicach (Królikowski, 1963). Koncentrowały się one głównie na poszukiwaniu źródeł męskiej sterylności oraz źródeł genów przywracających płodność w krajowych oraz zagranicznych materiałach hodowlanych. Epidemia Southern Corn Leaf Blight, która w latach 70. ubiegłego wieku, zdziesiątkowała plantacje nasienne odmian kukurydzy z cytoplazmą T

w USA, spowodowała porzucenie prac nad wdrożeniem systemu CMS do krajowych programów hodowlanych.

Typy cytoplazm męskosterylnych

CMS-T

W 1944 roku Rogers i Edwardson zidentyfikowali sterylną cytoplazmę w meksykańskiej populacyjnej odmianie kukurydzy o nazwie Golden June. Z uwagi na miejsce odkrycia, czyli Texas Agricultural Experiment Station, cytoplazma ta otrzymała nazwę Texas, w skrócie cms-T. Cytoplazma T w latach 1950-1970 była wykorzystywana do produkcji prawie 85% odmian mieszańcowych kukurydzy uprawianych w południowych regionach USA oraz w tzw. pasie uprawy kukurydzy (ang. *corn belt*) obejmującym stany Iowa, Illinois, Indianę, Ohio, Missouri, Kentucky, Minnesotę, oraz wschodnią Nebraskę. Grupa CMS-T składa się z wcześniej zidentyfikowanych cytoplazm HA, I, Q, RS i T, w których płodność przywracają geny *Rf1* i *Rf2*. Z uwagi na wysoką stabilność w różnych warunkach środowiska, cytoplazma T stała się w latach 60-tych ubiegłego wieku najpowszechniej wykorzystywaną cytoplazmą w hodowli odmian mieszańcowych. Główną wadą tej cytoplazmy była, znana od lat 50., podatność na dwa gatunki patogenów grzybowych: *Helminthosporium maydis race-T* (*Bipolaris maydis race-T*), wywołującego chorobę Southern Corn Leaf Blight, oraz *Mycosphaerella zea-maydis*, sprawcę żółtej plamistości liści kukurydzy. W latach 1969-1970 epidemia Southern Corn Leaf Blight w USA spowodowała miliardowe straty (na poziomie ok. 12% ogólnego plonu) w produkcji kukurydzy, co doprowadziło do zaprzestania wykorzystywania cytoplazmy T w produkcji nasiennej na korzyść innych cytoplazm – głównie cytoplazmy C (Tatum, 1971). W 1985 roku 13% produkcji nasiennej odmian mieszańcowych w USA opierało się na wykorzystaniu cytoplazm męskosterylnych cms-C i cms-S (Darrah i Zuber, 1986).

CMS-S

Kolejna z głównych sterylnych cytoplazm w kukurydzy została odkryta w 1957 r., przez Jenkins z USDA. Cytoplazma ta otrzymała nazwę cytoplazmy sterylnej z USDA, w skrócie cms-S. Jest to jedno z najczęściej występujących źródeł sterylności. Do tej samej grupy zalicza się wiele źródeł sterylności: Ca, F, G, H, I, IA, J, K, L, M, ME, ML, MY, PS, R, SD, TA, VG oraz W (Sofi i in. 2007). Wykazano, że za sterylność tego typu cytoplazmy odpowiedzialny jest transkrypt, kodowany przez *ofr355-orf77* w genomie mitochondrialnym, który wykazuje wysoką ekspresję w pyłku sterylnych roślin podczas mikrosporogenezy, co może zakłócać normalną funkcję kompleksu syntazy ATP, prowadząc do zakłócenia wy-

tworzania pyłku. Głównym genem przywracającym płodność pyłku w cytoplazmie S jest gen *Rf3*. Cytoplazma S jest odporna na *Bipolaris maydis race T*, jednakże stosowanie tego typu cytoplazmy w programach hodowlanych jest utrudnione ze względu na wysoką niestabilność sterylności. Za niestabilność sterylności w cms-S odpowiada złożona interakcja wielu czynników genetycznych oraz warunków środowiska (Small i in., 1988; Su i in., 2017). Niestabilność restoracji w cytoplazmie S może być również tłumaczona wrażliwością na temperaturę genu *Rf9*, drugiego z genów przywracających płodność w tej cytoplazmie (Gabay-Laughnan i in., 2009). W literaturze publikowanej w krajach byłego Związku Radzieckiego cytoplazma S nazywana jest często cytoplazmą Mołdawską (M) (Slischuk i in., 2011).

Po odkryciu cytoplazmy T oraz S rozpoczęto prace badawcze nad poznaniem natury zjawiska restoracji, czyli przywracania płodności. Niektóre z badanych linii nie przywracały płodności w żadnej z cytoplazm. Należały one do kolejnej z cytoplazm- zidentyfikowanej przez Becketta w 1971 roku w brazylijskiej kukurydzy, cytoplazmy Charua (cms-C).

CMS-C

Obecnie głównym źródłem sterylnej cytoplazmy, wykorzystywanym na dużą skalę w produkcji odmian mieszańcowych kukurydzy, jest cytoplazma C. Po raz pierwszy rośliny sterylne należące do cytotypu C zostały zidentyfikowane przez Becketta w 1971 roku, w brazylijskiej odmianie kukurydzy Charua. Do grupy cms-C zaliczamy następujące źródła sterylności: RB, E1, EL, ES, BB oraz Bb. W przypadku cytoplazmy C, częstym zjawiskiem jest występowanie częściowego przywracania płodności oraz zjawisko „późnego przełamania sterylności” (ang. *late brake of sterility*), gdzie roślina zaczyna produkować pyłek po przekwitnięciu znamion (Kheyr-Pour, 1981). Na początku kwitnienia, przez okres 5–10 dni wiecha wygląda całkowicie sterylnie. Pylniki nie wydostają się z łusek. Po 5-10 dniach, szczególnie po deszczu, następuje spontaniczny wyrzut pylników z otwartymi porami. Liczba pylników i żywotność pyłku zależą w znacznym stopniu od warunków pogodowych. Przy upalnej i suchej pogodzie wyrzucanych jest mniej pylników, a pyłek może stracić żywotność lub być niekonkurencyjny w porównaniu z pyłkiem roślin męskopłodnych. W sprzyjających warunkach wyrzucanych jest więcej pylników z żywym pyłkiem. Sugeruje się, że zjawisko późnego przełamania sterylności jest charakterystyczne tylko dla sterylnych genotypów, posiadających ilościowo dziedziczne czynniki (QTL), które przywracają płodność przy braku głównego genu *Rf4* lub jako efekt działania genów komplementarnych (Sotchenko i in., 2007).

Pochodzenie cytoplazm męskosterylnych

Za powstanie cytoplazm męskosterylnych w kukurydzy odpowiada prawdopodobnie jeden z dwóch modeli zaproponowanych przez Doebley i Sisco (1989): mutacja mitochondrialnego genomu lub introgresja obcej cytoplazmy. Po przeanalizowaniu genomów chloroplastów trzech typów cytoplazm sterylnych udomowionej kukurydzy (C, T i S) oraz jej przodków (*Zea parviglumis*, *Z. perennis*, *Z. diploperennis*, *Z. luxurians*, *Z. mexicana*), znaleziono podobieństwo pomiędzy genomami cytoplazm C i T oraz *Z. parviglumis* (teosinte). Oznacza to, iż cytoplazmy C i T powstały w wyniku mutacji mitochondrialnego genomu. W przypadku cytoplazmy S odnaleziono podobieństwo do genomu cytoplazmatycznego *Z. mexicana*, co świadczy o tym, że ten typ cytoplazmy powstał na drodze introgresji obcej cytoplazmy do kukurydzy udomowionej (Sofi i in., 2007). Dowodem potwierdzającym tezę o powiązaniu cytoplazmy S z dzikimi przodkami kukurydzy, są badania przeprowadzone przez Gabay-Laughnan z zespołem (2004). W badaniach tych zidentyfikowano 46 alleli *Rf* dla cytoplazmy S, w 26 populacjach lokalnych kukurydzy z Meksyku oraz w 6 obiektach *teosinte*. Świadczy to o częstym występowaniu w tym rejonie alleli przywracających płodność cytoplazmie S.

Cms a podatność na choroby

Odkrycie, że linie wsobne posiadające cytoplazmę T są silnie podatne na specyficzne patogeny i produkowane przez nie toksyny (toksyny I, II i V) okazało się dobrodziejstwem dla badań nad mechanizmami męskiej sterności w kukurydzy (Karr i in., 1975). Badania stymulowane przez epidemię Southern Corn Leaf Blight wykazały, że męska sterność w cytoplazmie T jest kontrolowana przez ten sam mitochondrialny gen, który jest odpowiedzialny za wrażliwość na toksyny grzybów (Wise i in. 1999; Wu i in., 2012). *T-urf13*, gen mitochondrialny posiadający unikatowe sekwencje chimeryczne, obecny jest jedynie w mitochondriach cytoplazmy typu T. Wykazano, że mitochondrialny polipeptyd o masie 13 kDa (URF13) kodowany przez gen *T-urf13* warunkuje wrażliwość na toksynę T wytwarzaną przez *Bipolaris (Helminthosporium) maydis race T* (Dewey i in., 1987), patogen grzybowy, sprawcę Southern Corn Leaf Blight (SCLB) (Gregor i in., 1978). Groźna dla odmian z cytoplazmą T rasa *Bipolaris maydis race T* została po raz pierwszy zidentyfikowana w szkółce zimowej kukurydzy na Filipinach w 1961 roku, a w uprawach kukurydzy w USA pojawiła się po raz pierwszy w 1969 roku (Burns, 2017). Interakcje URF13 z mitochondriami i toksynami wytwarzanymi przez *Bipolaris maydis race T* zostały dokładnie przebadane (Siedow i in., 1995). Polipeptyd URF13 jest powiązany z wewnętrzną błoną mitochondrialną.

Oligomery wiążą się z toksynami patogenów grzybowych, prowadząc do powstania hydrofilowych porów (Rhoads i in., 1995). URF13 ma trzy membrany obejmujące alfa helisy, a oligomery ulegają konformacji w obecności toksyn grzybów, co umożliwia szybkie zwiększenie przepuszczalności wewnętrznej błony mitochondrialnej (Kempken i Pring, 1999). Dalsze badania wykazały również podatność roślin z cytoplazmą T na sprawcę szarej plamistości liści, *Mycosphaerella zeae-maydis*. Rośliny posiadające gen *T-urf13* są również wrażliwe na insektycyd, methomyl (Glab i in., 1994). W obecności genu *Rf1* przywracającego płodność cytoplazmie T, ilość polipeptydu URF13 znacząco spada (Dewey i in., 1987; Vinod, 2005). W przypadku obecności jedynie genu *Rf2*, ilość polipeptydu URF13 nie spada. Badania przeprowadzone przez Liu i in. (2001) wykazały, że gen *Rf2* koduje produkcję dehydrogenazy aldehydowej (ALDH), białka potrzebnego do rozwoju pylników. Pomimo zagrożenia związanego z wykorzystaniem cytoplazmy T na szeroką skalę w produkcji nasiennej, nie zrezygnowano z badań nad tą grupą cytoplazm. W 2021 roku Yi z zespołem zaproponowali zwiększenie różnicowania genetycznego grupy cytoplazm T jako sposób na bezpieczny powrót do jej wykorzystania w produkcji nasiennej odmian mieszańcowych kukurydzy. W badaniach tych na drodze mutagenyzy w przestrzeni kosmicznej, z linii wsobnej kukurydzy RP125, uzyskano dwa mutanty *SauS4* oraz *SauS5*, które na podstawie analizy produktów reakcji PCR, zostały zaklasyfikowane jako należące do grupy CMS-T (Yi i in., 2021).

Metody molekularne związane z systemem CGMS w kukurydzy

Użyteczność zjawiska cytoplazmatyczno-genowej męskiej sterności w produkcji nasiennej odmian heterozyjnych kukurydzy, wpłynęła również na rozwój metod molekularnych związanych z tą tematyką. Badania molekularne prowadzone w tej tematyce można podzielić na trzy główne grupy: (I) prace badawcze koncentrujące się na opracowaniu szybkich metod pozwalających na określenie typu cytoplazmy, poprzez analizę polimorfizmu regionów mitochondrialnych związanych z cms; (II) identyfikacja markerów molekularnych blisko sprzężonych z genami *Rf* (Slischuk i in., 2011); (III) badania podstawowe dotyczące mechanizmów warunkujących działanie genów *Rf* (Arakawa i in., 2019). W przypadku cytoplazm C i S prowadzone są również badania nad poznaniem genetycznych uwarunkowań niestabilności sterności. Wykorzystanie nowoczesnych metod molekularnych do zrozumienia istoty zjawisk cytoplazmatyczno-genowej męskiej sterności oraz przywracania płodności, jest kluczowe dla zwiększenia wykorzystania tych mechanizmów w produkcji nasiennej odmian mieszańcowych, a także pełnego wykorzystania potencjału

heterozji (Bohra i in., 2016). Określenie typu cytoplazmy można wykonać na różny sposób: metodą krzyżowań testowych z restorerami, metodami biochemicznymi oraz molekularnymi. Niestety, tradycyjne krzyżowanie testowe, które jest najbardziej znaną metodą charakteryzowania typu cytoplazmy kukurydzy, jest procesem czasochłonnym. W celu ułatwienia identyfikacji typu cytoplazmy zaproponowano specyficzne markery molekularne. Metody molekularne bazujące na markerach RFLP są czasochłonne i kosztowne, co czyni je trudnymi do zaaplikowania na szeroką skalę w programach hodowlanych. Liu z zespołem (2002) opracował metodę szybkiego określania typu sterylnej cytoplazmy w kukurydzy, opartą na reakcji PCR i wizualizacji produktów amplifikacji na żelu agarozowym. W tym celu zaprojektowano trzy pary starterów, odpowiadające sekwencjom chimerycznym regionów mitochondrialnego DNA, charakterystycznym dla trzech głównych typów sterylnych cytoplazm (T, C, S):

- CMSTF 5'-CATGAAATGGGTGAAGTCTCTTTC-3'
- CMSTR 5'-AAGAGAAAGGGAGACTTTGGTCCC-3'
- CMSCF 5'-ATGCTAATGGTGTTCGATTC-3'
- CMSCR 5'-AGCATCATCCACATTCGCTAG-3'
- CMSSF 5'-CAACTTATTACGAGGCTGATGC-3'
- CMSSR 5'-AGTTCGTCCCATATACCCGTA-3'

Ignjatović-Micić z zespołem (2006) wykorzystła procedurę identyfikacji typu cytoplazmy opracowaną przez Liu (Liu i in., 2002) do charakterystyki cytotypu 30 obiektów z Maize Gene Bank- Zemun Polje (Belgrad, Serbia). Przeprowadzone analizy wykazały, że wśród badanych obiektów dominującym typem cytoplazmy był typ S. Występował on w 26 z 30 badanych obiektów. Typy T i C zidentyfikowano odpowiednio w dwóch i jednym obiekcie. W przypadku jednego z badanych obiektów, na żelu agarozowym nie zaobserwowano produktów amplifikacji, co może sugerować odkrycie nowego typu cytoplazmy. W 2019 roku Alfalahi z zespołem zaproponowali wykorzystanie markerów RAMs (ang. *Random Amplified Microsatellite markers*) do identyfikacji typu cytoplazmy oraz zależności genetycznych pomiędzy liniami wsobnymi kukurydzy.

Wykorzystanie metod molekularnych pozwala również na mapowanie genów związanych z restoracją bądź wpływających na stabilność cechy męskiej sterility. Określenie markerów molekularnych powiązanych z genami przywracającymi płodność pyłku umożliwia zdefiniowanie właściwości restorujących lub dopełniających danego genotypu względem cytoplazmy sterylnej. Selekcja wspomagana markerami (MAS- z ang. *marker*

assisted selection) pozwala na ograniczenie testów polowych z wykorzystaniem krzyżowań testowych, do niezbędnego minimum (Kohls i in., 2010). Z uwagi na szerokie wykorzystanie cytoplazm C i S w międzynarodowych programach hodowlanych, w literaturze dostępnych jest wiele doniesień, dotyczących identyfikacji genów restorujących względem tych dwóch źródeł sterility. Tang z zespołem (2001) zidentyfikował 3 markery SSR (bnlg1346, bnlg1711, phi058) blisko sprzężone z genem *Rf5*, przywracającym płodność w cytoplazmie C. Dzięki wykorzystaniu techniki cDNA-AFLP, Zhang i Zheng (2008), zidentyfikowali gen *PPRE1*- potencjalny gen przywracający płodność w cytoplazmie S. Istotnym aspektem jest również identyfikacja genów inhibitorowych względem genów *Rf*. Gen *Rf-I*, inhibitor względem genu *Rf5* (restorera płodności w cms-C), został zmapowany na chromosomie 7, jako blisko sprzężony z markerami umc2326 i umc2327 (Hu i in., 2006).

Nowoczesne techniki molekularne mogą również służyć do uzyskiwania linii męskosterylnych. Dobrym tego przykładem jest wykorzystanie techniki edycji genomu, CRISPR/Cas9 (z ang. *Clustered regularly interspaced short palindromic repeat*), do uzyskania linii kukurydzy męskosterylnych pozbawionych genu *ZmTMS*. W mutantach pozbawionych tego genu męska sterility zależna była od temperatury (rośliny były sterylne w temperaturze 32°C, a w temperaturze 24°C były płodne) (Li i in., 2017).

Dyskusja

Łatwość uzyskania męskosterylnych form maciecznych oraz wysoka stabilność męskiej sterility, warunkowały szerokie wykorzystanie cytoplazmy T w produkcji nasiennej w latach 50. i 70. ubiegłego wieku w USA. Włączając cytoplazmę T do produkcji nasiennej należy mieć na uwadze postępujące zmiany klimatyczne, które niosą zagrożenie związane z możliwością wystąpienia epidemii Southern Corn Leaf Blight Race-T, choroby, atakującej kukurydzę z cytoplazmą T, która dotychczas nie występowała w klimacie umiarkowanym. Jednym ze sposobów ograniczania zagrożenia związanego z podatnością cytoplazmy T na choroby jest poszukiwanie różnych źródeł cytoplazmatyczno-genowej męskiej sterility (Abidi i in., 2018). Wykorzystywanie zróżnicowanych genetycznie źródeł sterility uznawane jest za kluczowy aspekt w zapobieganiu zagrożeniom związanym z podatnością wykorzystywanego na dużą skalę źródła na niekorzystne czynniki biotyczne i abiotyczne. Warto w tym miejscu przytoczyć ostrzeżenie A. J. Ullstrupa, (za: Burns, 2017; tłumaczenie własne) które jest dziś tak samo prawdziwe, jak w 1972 roku „Nigdy więcej żaden główny gatunek uprawny nie powinien być tak jednorodny, że staje się powszechnie podatnym na

atak patogena, owada lub stres środowiskowy. Różnorodność musi być zachowana zarówno w budowie genetycznej, jak i cytoplazmatycznej, we wszystkich ważnych gatunkach roślin uprawnych”. Tak więc wykorzystanie cytoplazmy T w nasiennictwie odmian mieszańcowych kukurydzy jest możliwe pod warunkiem ograniczenia zagrożenia związanego z nadmierną unifikacją genetyczną źródeł sterylności. Zidentyfikowana w toku prowadzonych prac, duża grupa linii wsobnych kukurydzy, o zdolnościach dopełniających męską sterylność cytoplazmy T oraz niska frekwencja linii o zdolnościach restorujących względem tej cytoplazmy, świadczą o potencjalnych możliwościach wytworzenia funkcjonalnego systemu CGMS dla produkcji nasiennej polskich odmian mieszańcowych kukurydzy. Ponadto, aby w pełni zaimplementować system CGMS w produkcji nasiennej, konieczne jest zidentyfikowanie źródeł genów Rf_1 i Rf_2 , zapewniających przywrócenie płodności w pokoleniu F_1 , np. w obiektach zgromadzonych w Bankach Genów. Badania przeprowadzone przez Ignjatović-Micić z zespołem (2006) nad obiektami kukurydzy zgromadzonymi w Maize Gene Bank- Zemun Polje (Belgrad, Serbia), wykazały przydatność metod molekularnych do szybkiej identyfikacji typów cytoplazm w zróżnicowanym materiale oraz możliwość poszukiwania nowych źródeł cytoplazm w materiałach zgromadzonych w bankach genów. W celu ograniczenia ewentualnych problemów związanych z wykorzystaniem cytoplazmy T w produkcji nasiennej (podatność na choroby, niska frekwencja genów Rf) wykorzystanie sterylnych form matecznych z cytoplazmą cms-T można ograniczyć do połowy wysiewanej formy matecznej (dwa rzędy sterylnej formy matecznej + dwa rzędy płodnej formy matecznej o normalnej cytoplazmie). Zabieg mechaniczny bądź ręcznej kastracji wykonuje się tylko na rzędach obsianych płodną formą mateczną, a w czasie zbioru, suszenia i przerobu następuje wymieszanie nasion (ang. *seed-blending*) (Adamczyk, 2005). W przypadku wykorzystania cytoplazmy C w nasiennictwie odmian mieszańcowych kukurydzy, głównym problemem utrudniającym

stworzenie funkcjonalnego systemu CGMS, jest wysoka frekwencja genów przywracających płodność pyłku w badanej puli genowej, co utrudnia wytworzenie męskosterylnej formy matecznej. Kolejnymi, istotnymi aspektami utrudniającymi implementację tej cytoplazmy do produkcji nasiennej jest występowanie zjawiska częściowego przywracania płodności oraz późnego, spontanicznego przełamania sterylności (ang. *late-brake of sterility*) (Sotchenko i in., 2007). Obydwa, niekorzystne z punktu widzenia produkcji nasiennej, zjawiska można wyeliminować poprzez dobór do systemu CGMS linii wykazujących stabilność cechy męskiej sterylności. W tym celu, konieczne jest wykonanie screeningu linii wsobnych pod kątem stabilności interakcji ze źródłem cms-C, na szerokiej puli genowej (Mackenzie, 2012). Niemniej jednak, wyeliminowanie tych niekorzystnych zjawisk jest możliwe na drodze hodowlanej, o czym świadczy fakt, iż cytoplazma C jest obecnie stosowana w nasiennictwie ważnych komercyjnie odmian mieszańcowych kukurydzy w wielu europejskich krajach (Sotchenko i in., 2007; Kohls, 2010).

Podsumowanie

Od czasów pierwszych prac z lat 30-tych ubiegłego wieku, zjawisko cytoplazmatyczno-genowej męskiej sterylności w kukurydzy zostało dokładnie przebadane i opisane przez wielu autorów. Zidentyfikowano zarówno korzyści wynikające z wykorzystania tego zjawiska w produkcji nasiennej odmian mieszańcowych kukurydzy, jak również dostrzeżono zagrożenia z nim związane. Dzięki wykorzystaniu metod molekularnych, określenie typu cytoplazmy oraz obecności genów Rf , stało się mniej czasochłonne. Decydując się na wykorzystanie cytoplazmatyczno-genowej męskiej sterylności w produkcji nasiennej odmian mieszańcowych kukurydzy, warto korzystać z tych osiągnięć. Z uwagi na coraz większe znaczenie gospodarcze kukurydzy w Polsce oraz wiodącą pozycję krajowej hodowli, istnieje uzasadniona potrzeba ponownego podjęcia tej tematyki w nasiennictwie polskich odmian mieszańcowych.

Literatura

- Abidi, I., Ali, G., Dar, Z., Wani, S. H., Dar, S. A., Gazal, A. (2018). Genetic studies on CMS/FR system in maize (*Zea mays* L.) for hybrid production under temperate climate conditions. *Journal of Pharmacognosy and Phytochemistry* 7(3):1029-1034
- Adamczyk, J. (2005). Genetyczne podstawy hodowli kukurydzy. W: Górny A. G (red.) *Zarys Genetyki Zboż*. Tom 2. Pszenżyto, kukurydza i owies. Wyd. IGR-PAN, Poznań, 279-310
- Alfalahi, A. O., There, R. M., Mohammed, M. A., Abdullah, M. H., Dhannoon, O. M., Hussein, Z. T., Drej, M. M. (2019). Molecular discrimination of maize CMS type and genetic relationship using RAMs markers. *IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science* 388 (2019) 012043, DOI: <https://doi.org/10.1088/1755-1315/388/1/012043>
- Arakawa, T., Sugaya, H., Katsuyama, T., Honma, Y., Matsui, K., Matsuhira, H., Kuroda, Y., Kitazaki, K., Kubo, T. (2019). How did a duplicated gene copy evolve into a restorer-of-fertility gene in a plant? The case of *Oma1*. *R. Soc. open sci.* 6: 190853. DOI: <http://dx.doi.org/10.1098/rsos.190853>
- Bohra, A., Jhra, U. C., Adhimooolam, P., Bisht, D., Singh, N. P. (2016). Cytoplasmic male sterility (CMS) in hybrid breeding of field crops. *Plant Cell Rep.* 35: 967-993, DOI: <https://doi.org/10.1007/s00299-016-1949-3>
- Burns, H. A. (2017). Southern Corn Leaf Blight: A story worth retelling. *Agronomy Journal*, 109(4): 1-7
- Darrah, L. L., Zuber, M. S. (1986). 1985 United States farm maize germplasm base and commercial breeding strategies. *Crop. Sci.* 26: 1109-1113

- Dewey, R.E., Timothy, D.H., Levings, III C.S. (1987). A mitochondrial protein associated with cytoplasmic male sterility in the T cytoplasm of maize. *Proc. Natl. acad. Sci. USA*, 48, 5374-5378
- Doebley, J., Sisco, P. (1989). On the origin of maize male sterile cytoplasm. It is completely unimportant, that is why it is so interesting. *Maize Genet. Coop. Newslt.* 6: 147-148
- Duvick, D.N. (1959). The use of cytoplasmic male sterility in hybrid seed production. *Economic Botany* 13(3): 167-195
- Duvick, D.N. (1965). Cytoplasmic pollen sterility in corn. *Adv. Genet.* 13: 1-56
- Gabay-Laughnan, S., Chase, C.D., Ortega, V.M., Zhao, L. (2004). Molecular-genetic characterization of cms-S restorer-of-fertility alleles identified in Mexican maize and teosinte. *Genetics* 166: 959-970
- Gabay-Laughnan, S., Kuzmin, E. V., Monroe, J., Roark, L., Newton, K. J. (2009). Characterization of a novel thermosensitive restorer of fertility for cytoplasmic male sterility in maize. *Genetics* 182(1): 91-103
- Glab, N., Teste, M.-A., Slonimski, P. P. (1994). MRG1-1, a dominant allele that confers methomyl resistance in yeast expressing the cytoplasmic male sterility T-urf13 gene from maize. *Curr Genet* 26: 477-485
- Gregor, P., Matthews, D.E., York, D.W., Earle, E.D., Gracen, V.E. (1978). Southern corn leaf blight disease: studies on mitochondrial biochemistry and ultrastructure. *Mycopathologia*, 66, DOI: <https://doi.org/10.1007/BF00429601>
- Hu, Y. M., Tang, J. H., Yang, H., Xie, H. L., Lu, X. M., Niu, J. H., Chen, W. C. (2006). Identification and mapping of *Rf-1* an inhibitor of the *Rf5* restorer gene for Cms-C in maize (*Zea mays* L.) *Theor Appl Genet* 113: 357-360
- Ignjatović-Micić, D., Nikolić, A., Mladenović-Drinić, S., Vančetović, J., Lazić-Jančić, V. (2006). Identification of sterile cytoplasm (CMS) in maize by using specific mtDNA primers. *Genetika*, 38 (3): 227-233
- Karr, D. B., Karr, A. L., Strobel, G. A. (1975). The toxins of *Helminthosporium maydis* (Race T): A colorimetric determination of the toxins, their appearance in culture and in infected plants. *Plant Physiol* 55: 727-730
- Kempken, F., Pring, D. (1999). Plant breeding: male sterility in higher plants- fundamentals and applications. W: Esser K., Kadereit J. W., Lüttge U., Runge M. (red), *Progress in Botany*, vol. 60. Springer-Verlag, Berlin Heidelberg, s.: 139-166
- Kheyr-Pour, A., Gracen, V.E., Everett, H. L. (1981). Genetics of fertility restoration in the c-group of cytoplasmic male sterility in maize. *Genetics* 98: 379-388
- Kohls, S., Stamp, P., Messmer, R. (2010). Fine-mapping of RF4 a major restorer-of-fertility gene for c-type cytoplasmic male sterility in maize. *Bulletin SGPW/SSA*, No. 23: 18
- Królikowski, Z. (1963). Badania nad zjawiskiem męskiej niepłodności i liniami przywracającymi płodność u kukurydzy. *Biul. IHAR* 5-6: 125-130
- Li, J., Zhang, H., Si, X., Tian, Y., Chen, K., Liu, J., Chen, K., Gao, C. (2017). Generation of thermosensitive male-sterile maize by targeted knockout of the ZmTMS5 gene. *J. Genet. Genomics*, 44: 465-468, DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jgg.2017.02.002>
- Liu, F., Cui, X., Horner, H. T., Weiner, H., Schnable, P. S. (2001). Mitochondrial aldehyde dehydrogenase activity is required for male fertility in maize. *The Plant Cell*, 13: 1063-1078, DOI: <https://doi.org/10.1105/tpc.13.5.1063>
- Liu, Z., Peter, S. O., Long, M., Weingartner, U., Stamp, P., Kaeser, O. (2002). A PCR assay for rapid discrimination of sterile cytoplasm types in maize. *Crop Sci.* 42: 566-569
- Mackenzie, S. (2012). Male sterility and hybrid seed production. W: Altman A., Hasegawa P. M. (red) *Plant Biotechnology and Agriculture*; Academic Press, str.185-194, ISBN 9780123814661, DOI: <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-381466-1.00012-2>.
- Rhoads, D. M., Levings, C.S 3rd., Siedow, N. (1995). UR-F13, a ligand-gated, pore-forming receptor for T-toxin in the inner membrane of cms-T mitochondria. *J Bioenerg Biomembr.* 27(4):437-45
- Siedow, N., Rhoads, D. M., Ward, G. C., Levings, C. S. 3rd. (1995). The relationship between the mitochondrial gene T-urf13 and fungal pathotoxin sensitivity in maize. *Biochim Biophys, 1271*(1): 235-40
- Slisuchuk, G. I., Kozhukhova, N. E., Sivolap, Y. M. (2011). Molecular genetic analysis of maize mitochondrial regions associated with CMS. *Tsitologiya I Genetika*, 45 (3): 15-19
- Small, I. D., Earle, E. D., Escote-Carlson, L. J., Gabay-Laughnan, S., Laughnan, J. R., Leavey, C. J. (1988). A comparison of cytoplasmic revertants to fertility from different CMS-S maize sources. *Theor Appl Genet*, 76: 609-618
- Sofi, P.A., Rather, A.G., Wani, S. A. (2007). Genetic and molecular basis of cytoplasmic male sterility in maize. *Commun. Biometry Crop Sci*, 2(1): 49-60
- Sotchenko, V. S., Gorbacheva, A. G., Kosogorova, N. I. (2007). C-type cytoplasmic male sterility in corn. *Russian Agricultural Sciences*, 33(2): 83-86, DOI: <https://doi.org/10.3103/S1068367407020048>
- Su, A., Song, W., Shi, Z., Zhao, Y., Xing, J., Zhang, R., Li, C., Luo, M., Wang, J., Zhao, J. (2017). Exploring differentially expressed genes associated with fertility instability of S-type cytoplasmic male-sterility in maize by RNA-seq. *Journal of Integrative Agriculture*, 16(8): 1689-1699
- Tang, J. H., Liu, Z. H., Chen, W. C., Hu, Y. M., Ji, Q. H., Ji, L. Y. (2001). The SSR markers of the main restorer genes for CMS-C cytoplasmic male sterility in maize. *Scientia Agricultura Sinica*, 34: 592-596
- Tatum, L. A. (1971). Southern corn leaf blight. *Science* 171: 1113-1116
- Vinod, K. K. (2005). Cytoplasmic genetic male sterility in plants- a molecular perspective. Proceedings of the training programme on "Advances and Accomplishments in Heterosis Breeding", Tamil Nadu Agricultural University, Coimbatore, India
- Wise, R. P., Bronson, C. R., Schnable, P. S., Horner, H. T. (1999). The Genetics, pathology, and molecular biology of T-cytoplasm male sterility in maize. *Botany Publication and Papers*, 60.
- Wu, D. Oide, S., Zhang, N., Choi, M. Y., Turgeon, G. (2012). ChLae1 and ChVell regulate T-toxin production, virulence, oxidative stress response and development of the maize pathogen *Cochliobolus heterostrophus*. *PLoS Pathogens* 8(2): e1002542. DOI: <https://doi.org/10.1371/journal.ppat.1002542>
- Yi, H., Zhang, C., Li, Ch., Wang, J., Yu, T., Liu, Y., Cao, M. (2021). Identification and genetic analysis of two maize CMS-T mutants obtained from out-space-flighted seeds. *Genet Resour Crop Evol*, DOI: <https://doi.org/10.1007/s10722-021-01107-6>
- Zhang, Z., Zheng, Y. (2008). Identification of candidate genes associated with fertility restoration in maize S cytoplasmic male sterility. *Plant Mol Biol Rep*, 26: 60-71 DOI: <https://doi.org/10.1007/s11105-008-0023-x>

Wpływ czasu słodowania ziarna jęczmienia na jakość słodu

Impact of barley grain malting time on malt quality

Magdalena Wiśniewska 

Instytut Hodowli i Aklimatyzacji Roślin – Państwowy Instytut Badawczy, Radzików, 05-870 Błonie

✉ m.wisniewska@ihar.edu.pl

Celem prowadzonych badań była optymalizacja parametrów słodowania, uwzględniająca jakość browarną nowych odmian i rodów hodowlanych jęczmienia browarnego oraz zmieniające się wymagania słodowni, ukierunkowane na minimalizację naturalnych strat suchej substancji podczas przetwarzania ziarna na sód. Materiałem badawczym było ziarno 2 odmian (RGT Planet, Soldo) i 2 rodów browarnych (RAH 570/12, 119 R III/16) jęczmienia jarego, które pochodziło z jednego miejsca uprawy (ZD HAR Radzików). Wyrównane ziarno zostało poddane słodowaniu w okresie siedmiodniowym oraz skróconym sześciodniowym. Przy interpretacji wyników wzięto pod uwagę podstawowe parametry jakości słodu: ekstraktywność, odfermentowanie, siłę diastatyczną, liczbę Kolbacha oraz lepkość brzezki. Cechy te posłużyły do obliczenia kompleksowej wartości browarnej (Q). Uzyskane wartości wskaźnika Q, dla badanych genotypów, nie wykazały znaczących różnic uwarunkowanych długością słodowania. Istotny wpływ czasu słodowania oraz genotypu na wartość browarną jęczmienia stwierdzono na podstawie analizy statystycznej.

Słowa kluczowe: białko, ekstraktywność, sód, wartość browarna, wskaźnik jakości Q

The aim of the research was to optimize the malting parameters, taking into account the brewing quality of new varieties and breeding lines of malting barley and the changing requirements of the malting house, aimed at minimizing the natural losses of dry substance during the processing of grain into malt. The research material was the grain of 2 varieties (RGT Planet, Soldo) and 2 brewing families (RAH 570/12, 119 R III/16) of spring barley, harvested in one year and located in the same climatic area (ZD HAR Radzików). The grain was malted over a seven-day period and a shortened six-day period. When interpreting the results, the basic parameters of malt quality were taken into account: extractability, fermentability, diastatic power, Kolbach index and wort viscosity. These features were used to calculate the comprehensive brewing value (Q). The obtained values of the Q index for the tested genotypes did not show any significant differences conditioned by the length of malting. A significant effect of malting time and genotype on the malting value of barley was found on the basis of statistical analysis.

Key words: protein, extractability, malt, brewing value, quality index Q

Wstęp

Jęczmień jest zbożem o wysokim i zróżnicowanym potencjale gospodarczym. W Polsce jego najważniejsze znaczenie gospodarcze związane jest z produkcją słodu. Niestety krajowa produkcja tego zboża pokrywa tylko w 50% zapotrzebowanie słodowni na ziarno, spełniające wymagania jakościowe stawiane przez browary. Tym bardziej słodownie dążą do ograniczenia naturalnych strat suchej substancji podczas przetwarzania ziarna na sód. Straty te wynoszą około 12%-14%, a wynikają z przemian skrobi oraz konieczności usunięcia kielków liścieniowych (Gąsiorowski 1997; Błażewicz i in., 2008; Zembold-Guła i in., 2009; Kunz, 2010). Jednym ze sposobów ograniczenia strat może być skrócenie czasu słodowania z zachowaniem wysokiej jakości słodu. Dotychczasowa siedmiodniowa metodyka słodowania, obejmująca łącznie czas namaczania ziarna i kielkowania, jest zgodna z Polską Normą oraz Europejską Unią Browarną i nadal obowiązuje w COBORU, gdzie prowadzona jest ocena przydatności słodowniczej ziarna jęczmienia browar-

nego nowych odmian wprowadzanych do uprawy. Jakość słodu uzależniona jest od wielu czynników, w tym jakości ziarna, przebiegu sezonu wegetacyjnego, zastosowanych zabiegów agrotechnicznych, jak również samego procesu słodowania. Ziarno jęczmienia browarnego powinno cechować się czystością i jednolitością odmianową, wysokim plonem z hektara, odpornością na choroby i stropy środowiskowe. Wymagania technologiczne słodowni dotyczą zawartości białka, energii kielkowania, zawartości β -glukanu oraz wyrównania. Jednocześnie bielmo ziarna, powinno mieć charakter mączysty, z luźno upakowaną strukturą skrobiową, gwarantującą szybsze osiągnięcie wymaganej wilgotności ziarna na poziomie 45% (Chandra i in., 1999). Ziarno o takiej strukturze jest też bardziej podatne na działanie enzymów w trakcie słodowania, niż ziarno zawierające więcej białka, o strukturze szklistej (Swanston i in., 2005). Wśród uprawianych obecnie w Polsce odmian jęczmienia browarnego brak jest genotypów, które ze względu na czas słodowania różniłyby się istotnie pod względem ekstraktywności lub pozostałych parametrów wartości browarnej (Zembold-

Guła i in., 2009). Z tego względu konieczne jest podjęcie badań mających na celu poszukiwanie nowych genotypów jęczmienia browarnego, wrażliwych na długość czasu słodowania ziarna. Prezentowane badania miały charakter pilotażowy, dlatego prowadzone były z wykorzystaniem nie tylko odmian, ale także nowych rodów jęczmienia.

Materiały i metody

W badaniach wykorzystano ziarno 2 odmian (RGT Planet i Soldo) oraz 2 rodów browarnych (119 R III/16, RAH 570/12) jęczmienia jarego. Materiał pochodził z jednego miejsca (ZD HAR Radzików) uprawy. Badaniami objęto: ziarno (masa 1000 ziarniaków, celność, zawartość białka ogólnego), sład (kruchość, zawartość białka ogólnego i rozpuszczalnego, ekstraktywność, liczba Kolbacha, siła diastatyczna), brzeczkę (lepkość, stopień ostatecznego odfermentowania, zawartość β -glukanu). Analizy przeprowadzono zgodnie z metodyką zawartą w Polskich Normach (PN-A-79083) i metodyce Europejskiej Unii Browarnej (EBC) (Analytica, 2005). Zastosowana technologia słodowania była zgodna z metodyką przyjętą przez EBC. Słody sześćcio- i siedmiodniowe otrzymano zgodnie z poniższym opisem. Ziarno jęczmienia zostało poddane frakcjonowaniu na sitach sortownika w celu wyodrębnienia ziarna o grubości powyżej 2,5 mm, zwanego ziarnem celnym. Proces słodowania przeprowadzono w warunkach mikrosłodowni: wilgotność około 95% i temperatura powietrza 12°C. Ziarno celne, w ilości 450 g, umieszczono w perforowanych koszyczkach i naprzemiennie poddawano moczeniu i przesychnaniu w warunkach słodowni. Łączny czas moczenia i przesychnania wynosił od 48 do 53 godzin, do uzyskania 45% wilgotności ziarna. Czas słodowania liczony był całościowo wraz z etapem moczenia i trwał 6 oraz 7 dni. W celu przerwania kiełkowania i utrwalenia zmian, które zaszły w trakcie słodowania, sład został poddany procesowi suszenia. Proces ten trwał 23 godziny. Pierwsze 18 godzin suszenia w 45°C doprowadziło do zaniku funkcji życiowych zarodka i ograniczyło procesy enzymatyczne. W drugim etapie temperatura została podwyższona do 80°C i utrzymana przez 4 godziny. Efektem suszenia było uzyskanie słodów o wilgotności poniżej 5%. Tak przygotowane słody pozbawiono ręcznie kiełków i poddano ocenie technologicznej. W celu kontroli poprawności wykonanej oceny technologicznej dołączono wzorzec sładu EBC o znanych wartościach poszczególnych parametrów wartości.

Ocena wartości browarnej została przeprowadzona według Molina-Cano (1997), z modyfikacjami dokonanymi przez COBORU (Kamińska-Klockiewicz, 2005). Genotypy jęczmienia oceniono na podstawie pięciu parametrów podstawowych: ekstraktywności, liczby Kolbacha, siły diastatycznej,

lepkości brzeczek i stopnia odfermentowania brzeczek. Każdy z powyższych parametrów, zgodnie z uzyskaną wartością, został zaklasyfikowany do jednej z klas jakościowych, wycenionych od 1 do 9, gdzie liczba 1 oznacza wartość najgorszą, a 9 najlepszą. Uzyskane klasy jakościowe wykorzystano do wyliczenia wskaźnika kompleksowej wartości Q, która jest sumą iloczynów tych klas i przypisanych im wag. Najistotniejszym parametrem jest ekstraktywność, która w 40% decyduje o końcowej wartości wskaźnika Q, zaś pozostałe parametry równo po 15%. W oparciu o wartość wskaźnika Q odmiany jęczmienia zaliczane są do jednej z sześciu kategorii browarnych.

Wszystkie analizy wykonano w dwóch powtórzeniach, a wyniki przedstawiono w przeliczeniu na suchą masę. Wyniki poddano ocenie statystycznej, wykorzystując do tego celu dwuczynnikową analizę wariancji według modelu efektów stałych i procedurę porównań wielokrotnych Tukeya-Kramera. Obliczenia statystyczne wykonano w programie Statistica w wersji 13.3 (TIBCO Software Inc., 2022).

Wyniki i dyskusja

Badany materiał charakteryzował się nieznanym zróżnicowaniem w obrębie cech analizowanych w ziarnie. Jedynie ilość białka, oznaczona w zakresie od 9,8% do 12,8%, odpowiednio dla odmiany RGT Planet oraz Soldo, charakteryzowała się zróżnicowaniem na poziomie 11%. Podobne ilości białka, w przedziale 11,6%-13,9% oznaczył zespół Boros i in. (2015), zaś niższym poziomem, od 9,8% do 10,8%, cechowały się genotypy browarne badane przez Wiśniewską i in. (2021), Dubis i in. (2012) oraz od 10,3% do 11,2% przez zespół Brazil i in. (2019). Cechy fizyczne analizowanych jęczmieni: średnia masa 1000 ziaren (MTZ) i celność wynosiły, odpowiednio 52,8 g i 96,7%. Najniższymi wartościami tych cech wyróżniało się ziarno rodu RAH 119 R III/16 (48,6 g; 91,3%), zaś najcięższa MTZ została oznaczona dla ziarna odmiany Soldo (57,1 g), a celność dla ziarna odmiany RGT Planet (99,1%). Uzyskane dla cech fizycznych wartości odpowiadały danym literaturowym (Gołębiewski i in., 2012, 2013; Boros i in., 2015; Brazil i in., 2019), jak również odpowiadały wymaganiom, które musi spełnić ziarno jęczmienia, żeby zostało poddane słodowaniu, czyli musi zawierać białko w przedziale od 9,5% do 11,5% oraz charakteryzować się wyrównaniem powyżej 90%. W tabeli 1 przedstawiono wyniki uzyskane dla podstawowych parametrów wartości browarnej: ekstraktywności sładu, liczby Kolbacha, siły diastatycznej sładu, lepkości brzeczek oraz stopnia ostatecznego odfermentowania brzeczek, które posłużyły do obliczenia wskaźnika jakości Q.

Tabela 1
Table 1Wyróżniki jakości browarnej ziarna jęczmienia i słodu
Indicators of brewing quality of grain barley and malt

Cecha Trait	Wartość średnia Mean value	Zakres Range	Zakres Range	Współczynnik zmienności Coefficient of variation [%]
		min.	max.	
Ziarno / grain				
Średnia masa 1000 ziaren Thousand kernel weight [g]	52,8	48,6	57,1	7
Celność Grain plumpness [%]	96,7	91,3	99,1	4
Białko Protein [%]	11,5	9,8	12,8	11
Słodowanie siedmiodniowe / seven-day malting				
Ekstraktywność Extractability [%]	82,5	80,9	85,3	2
Odfermentowanie Fermentability [%]	86,5	82,0	87,1	3
Liczba Kolbacha Kolbach index [%]	46,5	42,9	54,0	10
Lepkość brzezki Vort viscosity [mPa·s]	1,54	1,50	1,66	5
Siła diastatyczna Diastatic power [°WK]	304	253	325	12
Współczynnik Q Index Q	5,49	3,85	8,55	38
Kruchość słodu Malt friability [%]	89,3	83,4	92,0	4
β-glukan β-glucan [mg·l ⁻¹]	270,1	29,3	637,0	89
Słodowanie sześciodniowe / six-day malting				
Ekstraktywność Extractability [%]	82,9	81,7	85,9	1
Odfermentowanie Fermentability [%]	87,6	84,3	89,8	3
Liczba Kolbacha Kolbach index [%]	50,7	46,9	57,0	8
Lepkość brzezki Vort viscosity [mPa·s]	1,51	1,46	1,61	4
Siła diastatyczna Diastatic power [°WK]	266	223	308	13
Współczynnik Q Index Q	5,88	4,85	8,10	26
Kruchość słodu Malt friability [%]	66,6	53,3	82,4	17
β-glukan β-glucan [mg·l ⁻¹]	116,4	14,8	343,7	122

Wartość browarną jęczmienia oceniono także na podstawie kruchości słodu i zawartości β-glukanu w brzezce. Ze względu na istotny wpływ tych parametrów na przebieg całego procesu technologicznego słodowni oraz warzelni, zostały one włączone jako dodatkowe kryteria oceny jakościowej ziarna i słodu (Klockiewicz-Kamińska, 2005; Dubis i in., 2012; Brazil i in., 2019; Habschied i in., 2020). Porównując uzyskane dla badanych sładów średnie wartości parametrów podstawowych i dodatkowych zaobserwowano, że słady sześciodniowe charakteryzowały się lepszymi wartościami

odfermentowania (87,6%), liczby Kolbacha (50,7%), lepkości brzezki (1,51 mPa·s), zawartości β-glukanu (116,4 mg·l⁻¹) oraz nieznacznie ekstraktywności (82,9%) w odniesieniu do sładów siedmiodniowych (odpowiednio 86,5%, 46,5%, 1,54 mPa·s, 270,1 mg·l⁻¹, 82,5%). Z kolei pod względem wartości kruchości i siły diastatycznej słady sześciodniowe oceniono znacznie gorzej niż siedmiodniowe, co w ogólnej ocenie sześciodniowych sładów nie obniżyło ich jakości w porównaniu do sładów siedmiodniowych. Dłuższy czas słodowania i większe wartości dla siły diastatycznej

nej w swojej pracy prezentował także Brazil i in. (2019). Nieznaczące różnice w ekstraktywności sódów uzyskanych w czasie 4, 5 i 6 dni słodowania zaobserwował również Błażewicz i in. (2008) oraz Zembol-Guła i in. (2009). Błażewicz zwrócił uwagę na różnice w reakcji badanych genotypów na skrócenie czasu słodowania. Autor stwierdził,

że każda odmiana wymaga indywidualnego doboru czasu słodowania. Analizując, uzyskane w prezentowanej pracy wyniki można wysnuć podobne wnioski. Krótszy czas słodowania przyczynił się do poprawy parametrów podstawowych w odniesieniu do wszystkich sódów, co obrazują uzyskane klasy jakości (tab. 2).

Tabela 2
Table 2

Klasy jakości i ranking genotypów jęczmienia jarego pod względem wartości browarnej
Malting quality categories and ranking of spring barley genotypes

Genotyp Genotype	Cecha / Trait					Q	Kategoria wartości browarnej Malting quality category
	Ekstraktywność Extractability [%]	Odfementowanie Fermentability [%]	Liczba Kolbacha Kolbach index [%]	Lepkość brzezki Wort viscosity [mPa·s]	Siła diastatyczna Diastatic power [°WK]		
Słodowanie siedmiodniowe / six-day malting							
119 R III/16	3 ^b	9 ^c	6 ^f	7 ^{cd}	4 ^{de}	4,95	średnia do dobrej
RAH 570/12	1 ^{cd}	9 ^c	8 ^{ef}	6 ^c	6 ^{bcd}	4,60	
SOLDO	1 ^d	6 ^c	7 ^f	3 ^a	9 ^{ab}	3,85	średnia
RGT PLANET	9 ^a	9 ^{ab}	9 ^b	7 ^{cd}	8 ^a	8,55	bardzo dobra
Słodowanie sześciodniowe / six-day malting							
119 R III/16	2 ^{bc}	9 ^{ab}	9 ^{cd}	7 ^{de}	2 ^c	4,85	Średnia do dobrej
RAH 570/12	2 ^{bc}	9 ^b	9 ^c	7 ^{cd}	4 ^{de}	5,15	
SOLDO	3 ^{bc}	9 ^d	9 ^{de}	4 ^b	7 ^{abc}	5,40	
RGT PLANET	9 ^a	9 ^a	9 ^a	8 ^c	5 ^{cd}	8,10	bardzo dobra

Wartości w kolumnach opatrzone różnymi literami różnią się istotnie przy $p \leq 0,05$ / Values in the columns with different letters differ significantly at $p \leq 0,05$

Wyjątek stanowił ród 119 R III/16, którego sód siedmiodniowy cechował się wyższą ekstraktywnością i wartością siły diastatycznej w porównaniu do sódów sześciodniowych. Jest to istotna informacja, gdyż wraz ze wzrostem ekstraktywności wzrasta wydajność warzelnia, co przekłada się na ilość i jakość piwa, wyprodukowanego z jednostki masy ziarna. Z tego względu ekstraktywność jest najważniejszym parametrem browarnym, którego wartość w 40% kształtuje wielkość wskaźnika Q, a tym samym kategorię wartości browarnej jęczmienia. W przypadku rodu 119 R III/16 zaobserwowane różnice pomiędzy sódami sześci- i siedmiodniowymi nie wpłynęły na jego kategorię wartości browarnej. W każdym przypadku była to kategoria średnia do dobrej, chociaż wartość wskaźnika Q była wyższa w przypadku sódów siedmiodniowych (4,95 vs. 4,85). W przypadku odmiany Soldo efektem krótszego czasu słodowania była poprawa kategorii wartości browarnej ze średniej do średnia do dobrej, odpowiednio w odniesieniu do sódów siedmio- i sześciodniowych. Mimo poprawy parametrów warto-

ści browarnej skrócenie czasu słodowania ziarna jęczmienia nie wpłynęło znacząco na poprawę jego przydatności słodowniczej. Parametry użytkowe otrzymanych sódów mieściły się w przedziałach wartości normatywnych, a główny parametr ekstraktywność nie uległ istotnym zmianom. Na podstawie oceny Molina-Cano, powszechnie stosowanej w określaniu wartości słodowniczej surowca można stwierdzić, iż czas 6 dni słodowania nie jest jeszcze czasem optymalnym i należy prowadzić dalsze badania w tym zakresie. Analiza dwuczynnikowa wartości technologicznej sódów sześci- i siedmiodniowych (tab. 3) wykazała istotny wpływ czasu słodowania oraz genotypu na poszczególne parametry wartości browarnej. Z wyjątkiem lepkości brzezki, w odniesieniu do każdego parametru jakości zaobserwowano istotną interakcję pomiędzy genotypem i czasem słodowania. Sód produkowany w okresie sześciodniowym charakteryzował się lepszą wartością browarną aniżeli ten produkowany w sposób tradycyjny, siedmiodniowy. Otrzymane wyniki oceny technologicznej dwóch typów sódów wskazują na

możliwość dalszego skracania czasu słodowania. Optymalizacja tego procesu pozwoliłaby efektywnie poprawić ekonomikę produkcji słodu, jak rów-

niez jego jakość oraz dostosować technologię otrzymywania słodu do aktualnych wymagań słodowni.

Tabela 3
Table 3

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

Cecha Trait	Genotyp [G] Genotype [G]		Czas słodowania [T] Malting time [T]		Interakcja [GxT] Interaction [GxT]	
	MS	F	MS	F	MS	F
Ekstraktywność Extractability [%]	15,7	473**	0,6	18**	0,5	14**
Liczba Kolbacha Kolbach index [%]	86,36	264,6**	68,63	210,3**	2,78	8,5**
Lepkość brzezki Vort viscosity [mPa·s]	0,02164	203,7**	0,00526	49,5**	NS	NS
Siła diastatyczna Diastatic power [°WK]	5218	44,53**	5814	49,61**	506	4,32*
Kruchość Malt friability [%]	140,32	239,6**	2055,72	3510,1**	183,1	312,6**
β-glukan β-glucan [mg·l ⁻¹]	170455,0	236499,8**	95223,7	132119,2**	13321,9	18483,6**

Istotne odpowiednio dla poziomu P=0,05* lub P=0,01** / Significant at levels P=0,05* and P=0,01**, respectively;

NS – nieistotne / NS – not significant;

MS – średnia kwadratów odchyleń / MS – mean square

Wnioski

1. Badane genotypy jęczmienia cechowały się nieznacznym zróżnicowaniem pod względem cech fizycznych ziarna i większości analizowanych parametrów wartości browarnej.
2. Zaobserwowano istotny wpływ genotypu (G), czasu słodowania (T) oraz interakcji G×T na

analizowane parametry technologiczne słodu i przygotowanych z nich brzeczek.

3. Wyniki oceny technologicznej otrzymanych sładów, wskazują na możliwość kontynuacji podjętych badań, których spodziewanym efektem będzie poprawa ekonomiki produkcji słodu, jak również jego jakości.

Literatura

- Analytica-EBC. 2005. Edition EBC Analysis Committee. Hans Carl Getränke-Fachverlag, Nürnberg, ISBN 3-418-00759-7.
- Błażewicz J., Liszewski M., Zembold A. 2008. Wpływ czasu słodowania ziarna wybranych odmian jęczmienia browarnego na wydajność ekstraktu. *Fragmenta Agronomica XXV*, 1: 97.
- Boros D., Fraś A., Gołębiowska K., Gołębiowski D., Paczkowska O., Wiśniewska M. 2015. Wartość odżywcza i właściwości prozdrowotne ziarna odmian zbóż i nasion rzepaku zalecanych do uprawy w Polsce. *Monografie i Rozprawy Naukowe IHAR – PIB*, 49: 1-119.
- Brazil C., Francielly de Oliveira D., Duarte R.A., Galo J.M., Lucchetta L., da Costa dos Santos E., Hashimoto E.H. 2019. B-glucanase addition in brewing malt produced by reduced time of germination. *Brazilian Archives of Biology and Technology*, 62: e19180315.
- Chandra G.S., Proudlove M.O., Baxter E.D. 1999. The structure of barley endosperm – an important determinant of malt modification. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 79: 37-46.
- Dubis B., Hłasko-Nasalska A., Hulanicki P. 2012. Yield and malting quality of spring barley cultivar prestige depending on nitrogen fertilization. *Acta Scientiarum Polonorum. Agricultura*, 11 (3): 45-46.
- Gąsiorowski H. 1997. Jęczmień – chemia i technologia. PWRiL, Poznań.
- Gołębiowski 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 przedrejestrowych w 2011 roku. *Biuletyn IHAR*, 263:19-31.
- Gołębiowski D., Gołębiowska K., Fraś A., Boros D., Burek J., Mańkowski D.R., 2013. Ocena zróżnicowania genotypowego i środowiskowego cech wartości browarnej rodów jęczmienia jarego z doświadczeń przedrejestrowych z roku 2012. *Biuletyn IHAR* 268: 47-58.
- Habschied K., Lalić A., Horvat D., Mastanjević K., Lukinac J., Jukić M., Krstanović V. 2020. B-glucan degradation during malting of different purpose barley varieties. *Fermentation*, 6: 21.
- Klockiewicz-Kamińska E. 2005. Metoda oceny wartości browarnej i klasyfikacja jakościowa odmian jęczmienia. *COBORU*, 80: 3-15.
- Kunze W. 2010. *Technology Brewing and Malting*. 4th 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. *Fragmenta Agronomica*, 28: 40-49.
- 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.

- Noworolnik K. 2014. Plonowanie i jakość ziarna jęczmienia jarego browarnego w zależności od wybranych czynników agrotechnicznych. *Studia i raporty IUNG – PIB*, 41 (15): 129-146.
- Polska Norma PN-A-79083. Słód browarny. Metody badań. 1998.
- Swanston J.S., Ellis R.P., Rubio A. 2005. Effects on grain and malting quality of genes altering barley starch composition. *Journal of Cereal Science*. 22, 265-273.
- Wiśniewska M., Fraś A., Dmoch A. 2021. Variability of selected quantitative traits in new spring barley genotypes. *Plant Breeding and Seed Science*, 82, 19-30.
- Zembold-Guła A., Błażewicz J., Liszewski M. 2009. Malting time of brewing barley grain as a factor modifying the quality of pilsner type malt. *Journal Central European Agriculture*. 10 (4): 341-346.

Profil chemiczny ziarna jęczmienia jako wskaźnik wartości użytkowej

Chemical profile of barley grain as an indicator of value in use

Magdalena Wiśniewska 

Instytut Hodowli i Aklimatyzacji Roślin – Państwowy Instytut Badawczy, Radzików, 05-870 Błonie

✉ m.wisniewska@ihar.edu.pl

Celem prowadzonych badań było określenie zależności pomiędzy składnikami chemicznymi ziarna jęczmienia, a jego wartością użytkową. W badaniach wykorzystano ziarno 2 odmian (Soldo i Planet) i 2 rodzin (STH 3.368 i STH 3.1491) jęczmienia jarego, które pochodziło z jednego miejsca i roku uprawy (ZD HAR Radzików). W materiale badawczym oznaczono zawartość związków odżywczych i bioaktywnych oraz dokonano pomiaru lepkości wodnego ekstraktu ziarna (WEV), zastosowanego jako miara właściwości funkcjonalnych jęczmienia. Dodatkowo, badane genotypy poddano słodowaniu i ocenie browarnej. Otrzymane wyniki umożliwiły ocenę materiału roślinnego pod kątem jego wykorzystania oraz wpływu genotypu na badane cechy. Odmianę Planet można rekomendować jako bardzo dobry jęczmień browarny, podobnie jak ród STH 3.1491, cechujący się niską lepkością wodnego ekstraktu ziarna i małą zawartością związków fenolowych (TPC), frakcji rozpuszczalnej arabinoksylianów (S-AX) oraz β -glukanu (BG). Ponadto uzyskano wysoką istotną korelację pomiędzy WEV, a sumą β -glukanu i frakcji rozpuszczalnej arabinoksylianów ($r = 0,995^{**}$). Zawartość białka, lipidów, ligniny, błonnika oraz związków fenolowych i frakcji rozpuszczalnej arabinoksylianów była istotnie uwarunkowana genotypem.

Słowa kluczowe: β -glukan, błonnik pokarmowy, składniki odżywcze, wskaźnik jakości Q, związki fenolowe

The aim of the research was to determine the relationship between the chemical components of barley grain and its use value. Material for the study comprised on the grain of 2 varieties (Soldo and Planet) and 2 families (STH 3.368 and STH 3.1491) of spring barley, harvested in one year and located in the same climatic area (ZD HAR Radzików). In the research material the content of nutrients and bioactive compounds was determined as well as the viscosity of the water extract (WEV) of grain, used as an indicator of the functional properties of barley. In addition, the researched genotypes were subjected to malting and brewing evaluation. The obtained results made it possible to evaluate the plant material in terms of its use and the influence of the genotype on analyzed traits. The Planet variety can be recommended as a very good malting barley, similarly to the STH 3.1491 family, characterized by a low viscosity of the aqueous grain extract and a low content of phenolic compounds (TPC), soluble fraction of arabinoxylans (S-AX) and β -glucan (BG). In addition, a high significant correlation was obtained between WEV and the sum of β -glucan and soluble fraction of arabinoxylans ($r = 0.995^{**}$). The content protein, lipids, lignin, fiber, phenolic compounds and soluble fraction of arabinoxylans was significantly conditioned by the genotype.

Key words: β -glucan, dietary fiber, nutrients, quality index Q, phenolic compounds

Wstęp

Jęczmień to jedno z najwcześniej udomowionych zbóż, które przez bardzo długi okres odgrywało ważną rolę w żywieniu człowieka w wielu częściach świata. W każdym miejscu uprawy jęczmień wykorzystywany było jako surowiec do produkcji pożywienia lub paszy dla zwierząt. Z czasem człowiek nauczył się wytwarzać z niego napoje. Wraz z rozprzestrzenianiem się uprawy pszenicy i ryżu znaczenie jęczmienia zmalało. Obecnie obserwowany jest wzrost zainteresowania jęczmieniem z uwagi na wysoką zawartość błonnika pokarmowego, w tym β -glukanu oraz innych związków bioaktywnych, zwłaszcza o charakterze przeciwutleniającym. Związki te korzystnie oddziałują na organizm i zapobiegają wielu chorobom żywieniowo – zależnym, takim jak hiperlipidemia, cukrzyca, choroba niedokrwienna serca, czy niektórym chorobom nowotworowym (Idehen i in., 2017). Z tego względu jęczmień traktowany jest jako dobry surowiec do produkcji

żywności funkcjonalnej (Pejcz i in., 2017). Produkcja światowa jęczmienia w około 65% znajduje swoje przeznaczenia w przemyśle paszowym, blisko 33% wykorzystywane jest do produkcji siodu, a tylko 2-3% jest przeznaczone na cele żywieniowe (Sullivan i in., 2013). Na cele paszowe można uprawiać wszystkie odmiany jęczmienia, a podstawowym kryterium, w tym przypadku jest plon. Niezależnie jednak od wielkości plonu, każdy kierunek wykorzystania jęczmienia ma swoje wymagania jakościowe. Jednym z nich jest ilość białka, która w przemyśle browarnym powinna mieścić się w zakresie 9,5%-11,5% (Klockiewicz-Kamińska, 2005; Kunz, 2010). W żywieniu ludzi i zwierząt istotna jest również jakość białka, o której decyduje przede wszystkim zawartość aminokwasów niezbędnych (egzogennych) (Boros i in., 2015; Wiśniewska i in., 2020). Kolejna cecha, mająca wpływ na wykorzystanie jęczmienia to kompleks związków stanowiących błonnik pokarmowy. Zaliczane są w jego poczet nieskrobiowe polisacharydy, w tym arabinoksyliny i β -glukan, oli-

gosacharydy, lignina oraz związki towarzyszące w postaci substancji fenolowych (Jones, 2010). Błonnik pokarmowy jest pożądanym składnikiem codziennej diety człowieka, dlatego poszukiwane są genotypy jęczmienia o jak największym udziale jego komponentów, zwłaszcza β -glukanu i związków fenolowych. W żywieniu zwierząt przeciwnie, błonnik traktowany jest jako substancja antyżywniowa, ponieważ przyczynia się do obniżenia parametrów tuczu. Z kolei przemysł browarny i słodowniczy przyjmuje ziarno jęczmienia o małej zawartości β -glukanu i związków fenolowych, gdyż przyczyniają się do obniżenia wydajności słodowni oraz browaru. Znajomość zawartości substancji odżywczych, prozdrowotnych i antyżywniowych ma ogromne znaczenia dla właściwego wykorzystania istniejących odmian jęczmienia oraz nowych, tworzonych przez hodowców. W związku z tym, celem podjętych badań było określenie zależności pomiędzy składnikami fizyko-chemicznymi ziarna jęczmienia, a jego wartością użytkową.

Material i metody

W badaniach wykorzystano ziarno 2 odmian (Soldo i RGT Planet) oraz 2 rodów (STH 3.368, STH 3.1491) jęczmienia jarego, uprawianego w Radzikowie w 2017 roku. Zakres prac wykonanych w powyższym materiale obejmował analizę cech fizycznych i profilu chemicznego ziarna oraz ocenę jego wartości browarnej. Dodatkowo dokonano pomiaru lepkości wodnego ekstraktu ziarna (WEV), będącego wskaźnikiem jego właściwości funkcjonalnych (Boros i in., 2015). Oznaczenie zawartości związków odżywczych, bioaktywnych oraz ocenę wartości browarnej przeprowadzono metodami standardowymi, zgodnymi z obowiązującymi normami. Masę 1000 ziarniaków oznaczono za pomocą licznika ziaren, odliczając 500 ziaren jęczmienia, które następnie zważono, a uzyskaną masę przeliczono na masę 1000 ziarniaków. Celność ziarna oznaczono zgodnie z metodyką EBC 3.11 (Analytica – EBC, 2005). Zawartość białka analizowano metodą Kjeldahla (AOAC 955.04), zaś metodami grawimetrycznymi oznaczono zawartość popiołu (AOAC 923.03) oraz lipidów ogółem (wg Marchello i in., 1971). Ilość skrobi przyswajalnej (AACC 76-13) i β -glukanu (BG) (AACC 32-23) oznaczona została z wykorzystaniem zestawów Megazyme. Błonnik pokarmowy (DF) oznaczono metodą enzymatyczno-chemiczną (AACC 32-25), jako sumę nieskrobiowych polisacharydów (NSP) i ligniny. Zawartość nieskrobiowych polisacharydów oznaczono metodą chromatografii gazowej według Englysta i Cummingsa (1984). Lignina oraz inne nierozpuszczalne pozostałości zostały oznaczone grawimetrycznie, według metody opisanej przez Theandera i Westerlunda (1986). Spektrofotometrycznie oznaczono poziom związków fenolowych (TPC)

(Naczki i in., 1998), wykorzystując do tego reagent Folina-Ciocalteu i przedstawiając wyniki jako ekwiwalent miligramów kwasu galusowego (GAE) na g suchej masy próby. Słodowanie i ocena wartości browarnej zostały przeprowadzone według Molina-Cano (1997), zgodnie z metodyką Europejskiej Unii Browarnej (Analytica – EBC, 2005) i modyfikacjami dokonanymi przez COBORU (Kamińska-Klockiewicz, 2005). Genotypy jęczmienia oceniono na podstawie pięciu parametrów podstawowych: ekstraktywności, liczby Kolbacha, siły diastatycznej, lepkości brzezki i stopnia odfermentowania brzezki. Parametry te wykorzystano do wyliczenia wskaźnika kompleksowej wartości Q, która jest sumą iloczynów tych cech i przypisanych im wag. Wszystkie analizy chemiczne wykonano w dwóch powtórzeniach, a wyniki wyrażono w % suchej masy. Wyniki poddano ocenie statystycznej, wykorzystując do tego celu jednoczynnikową analizę wariancji według modelu stałego i procedurę porównań wielokrotnych Tukeya-Kramera. Obliczenia statystyczne wykonano w programie Statistica w wersji 13.3 (TIBCO Software Inc., 2022).

Wyniki i dyskusja

Zawartość składników odżywczych i bioaktywnych oznaczona w badanym materiale, cechowała się istotnym zróżnicowaniem w odniesieniu do zawartości lipidów, białka (Tab. 1), ligniny Klasona, frakcji rozpuszczalnej nieskrobiowych polisacharydów (S-NSP) i błonnika pokarmowego (DF) (Tab. 2). Analiza wariancji otrzymanych wyników, wykazała również istotny wpływ genotypu na cechy fizyczne, tj. masę 1000 ziarniaków (MTZ) i celność ziarna. Średnie wartości celności ziarna i MTZ wynosiły, odpowiednio 94,8% i 51,7% i odpowiadały wynikom literaturowym (Ploch i in., 2005; Gołębiowski i in., 2014; Boros i in., 2015; Śmiałowski i in., 2017). Wysoka celność świadczy o dobrym wypełnieniu ziarna skrobią i wiąże się z wysoką masą 1000 ziaren, co potwierdziły wyniki uzyskane w prezentowanej pracy. Ziarno rodu STH 3.1491 cechowało się największym udziałem ziarna celnego (95,2%) i największą zawartością skrobi (57,1%). Z kolei ziarno STH 3.368 o najmniejszej celności (93,4%) i MTZ (49,0%) było najbogatsze w białko (9,7%) spośród wszystkich badanych jęczmieni.

Ocena podstawowego składu chemicznego, tj. białka, skrobi, lipidów i składników mineralnych, składających się na sumę substancji odżywczych, jest pierwszym wskaźnikiem umożliwiającym określenie wartości pokarmowej zbóż. Główne składniki odżywcze ziarna jęczmienia występują w ilościach, odpowiednio od 51% do 64% skrobia; od 9,6% do 13,3% białko, od 2,6% do 3,2% lipidy oraz od 1,9% do 2,5% związki mineralne (Svihus i Gullord, 2002; Boros i in., 2015; Wiśniewska i in., 2020; Panizo-Casado i in., 2020). Rola tych

Tabela 1
Table 1Charakterystyka cech fizyko-chemicznych ziarna jęczmienia
Characteristics of physical and chemical properties of barley grain

Genotyp Genotype	MTZ [g]	Celność Plumpness [%]	Białko Protein [%]	Skrobia Starch [%]	Lipidy Lipids [%]	Popiół Ash [%]	SNC [%]
SOLDO	55,5 ^a	95,1 ^a	9,4 ^b	55,2 ^a	3,5 ^a	2,6 ^a	70,6 ^a
RGT PLANET	50,5 ^{bc}	95,3 ^a	9,4 ^b	53,9 ^a	3,1 ^b	2,5 ^a	69,0 ^a
STH 3.368	49,0 ^c	93,4 ^b	9,7 ^a	55,1 ^a	3,1 ^b	2,5 ^a	70,4 ^a
STH 3.1491	51,8 ^b	95,2 ^a	9,0 ^c	57,1 ^a	3,2 ^b	2,5 ^a	71,9 ^a
Statystyka F F-statistic	112,8**	13,8*	85,7**	2,50 ns	18,21**	2,3 ns	1,87 ns

MTZ – masa 1000 ziaren / 1000 kernel weight; SNC – suma składników odżywczych / sum of nutrients

* – istotne dla p = 0,05 / significant at p = 0,05; ** – istotne dla p = 0,01 / significant at p = 0,01; ns – nieistotne / not significant

Wartości w kolumnach opatrzone różnymi literami różnią się istotnie przy p ≤ 0,05 / Values in the columns with different letters differ significantly at p ≤ 0,05

Tabela 2
Table 2Charakterystyka błonnika pokarmowego ziarna jęczmienia
Characteristics of the dietary fiber of barley grain

Genotyp Genotype	Lignina Lignin [%]	I-NSP [%]	S-NSP [%]	NSP [%]	DF [%]
SOLDO	4,4 ^b	9,7 ^a	5,1 ^a	14,8 ^a	19,2 ^a
RGT PLANET	4,7 ^a	9,2 ^a	5,1 ^a	14,3 ^{ab}	19,0 ^a
STH 3.368	4,8 ^a	9,2 ^a	4,4 ^a	13,6 ^b	18,5 ^a
STH 3.1491	3,7 ^c	9,3 ^a	5,1 ^a	14,3 ^{ab}	18,0 ^a
Statystyka F F-statistic	151,63**	1,652 ns	6,773*	6,11 ns	6,63*

I-NSP – nierozpuszczalna frakcja polisacharydów nie skrobiowych / insoluble non-starch polysaccharide fractions; S-NSP – rozpuszczalna frakcja polisacharydów nie skrobiowych / soluble non-starch polysaccharides fraction; NSP – nieskrobiowe polisacharydy / non-starch polysaccharides; DF – błonnik pokarmowy / dietary fiber;

* – istotne dla p = 0,05 / significant at p = 0,05; ** – istotne dla p = 0,01 / significant at p = 0,01; ns – nieistotne / not significant

Wartości w kolumnach opatrzone różnymi literami różnią się istotnie przy p ≤ 0,05 / Values in the columns with different letters differ significantly at p ≤ 0,05

związków w żywieniu jest niezwykle istotna, gdyż są one źródłem energii niezbędnej do utrzymania procesów życiowych i aktywności życiowej. Średnie ilości związków mineralnych i lipidów oznaczono na poziomie, odpowiednio 2,5% i 3,2%. Najwięcej tych związków oznaczono w ziarnie odmiany Soldo, odpowiednio 2,6% i 3,5%, a najmniej w ziarnie rodu STH 3.368 (2,5% i 3,1%). Zmienność badanych cech była mała, w związku z czym nie zawsze można było zaobserwować zależności pomiędzy analizowanymi cechami czy genotypami. Nieznaczne różnice w sumie składników odżywczych były wynikiem różnej zawartości skrobi w ziarnie badanych genotypów. Skrajne wartości sumy składników odżywczych oznaczono dla ziarna odmiany RGT Planet (69,0%) oraz rodu STH 3.1491 (71,9%). Najistotniejszym związkiem bioaktywnym, ze względu na ilość, jak również charakter składników go tworzących, jest błonnik pokarmowy. W badaniach oznaczono go jako sumę nieskrobiowych polisacharydów i ligniny Klasona (Tab. 2.) Średnia zawartość błonnika dla badanych genotypów wyniosła 18,7%. Wartość ta w ponad 25% uwarunkowana był zawarto-

ścią ligniny. Najmniejsze ilości DF oraz ligniny zmierzono w ziarnie rodu STH 3.1491 (odpowiednio 18,0%; 3,7%), najwięcej DF zawierało ziarno odmiany Soldo (19,2%), a ligniny – rodu STH 3.368 (4,8%). Uzyskane wyniki odpowiadały zawartościom prezentowanym przez Svihus i Gullord, (2002), Boros i wsp. (2015), Wiśniewską i wsp. (2021). Średnia zawartość nieskrobiowych polisacharydów wyniosła 14,3%, w zakresie od 13,6% (ród STH 3.368) do 14,8% (odmiana Soldo). Nieskrobiowe polisacharydy ze względu na swoje właściwości chemiczne i fizjologiczne analizowano z podziałem na frakcję rozpuszczalną (S-NSP) i nierozpuszczalną (I-NSP). Frakcja rozpuszczalna w ziarnie jęczmienia stanowiła ponad 34% całkowitej ilości NSP, a najmniej oznaczono jej w ziarnie rodu STH 3.368 (4,4%). W pozostałym materiale zawartość tych związków była na podobnym poziomie – 5,1%. W ziarnie jęczmienia nieskrobiowe polisacharydy występują najliczniej w postaci arabinoksylianów (AX) oraz β-glukanu (BG). Wiśniewska i wsp. (2021) analizowali 23 genotypy jęczmienia pod względem zawartości tych nieskrobiowych polisacharydów.

Uzyskali oni następujące zakresy zawartości arabinoksylianów ogółem (5,0%-7,3%), ich frakcji rozpuszczalnej (0,5%-0,7%) i nierozpuszczalnej (4,5%-6,7%) oraz β -glukanu (3,5%-7,3%). Podobne ilości BG prezentował w swojej pracy Nishantha i wsp. (2018), a ilości AX przedstawiła Boros i wsp. (2015). Uzyskane przez nas zawartości arabinoksylianów, β -glukanu, związków fenolowych oraz lepkości wodnych ekstraktów ziarna (WEV) zaprezentowano w tabeli 3. Otrzymane wyniki odpowiadają zakresom literaturowym i mają podobny udział poszczególnych frakcji AX w ogólnej ich ilości. Arabinoksyliany w ziarnie jęczmienia występują przede wszystkim jako frakcja nie-

rozpuszczalna (I-AX), która stanowi około 90% całkowitej ilości arabinoksylianów. Najmniej T-AX i BG zawierało ziarno odmiany RGT Planet oraz rodu STH 3.1491. Badane jęczmienienie charakteryzowały się istotnym zróżnicowaniem pod względem zawartości frakcji rozpuszczalnej arabinoksylianów, którą oznaczono w przedziale 0,46% (STH 3.368) - 0,63% (Soldo). Wiadomym jest, że podstawowe działanie funkcjonalne produktów zbożowych związane jest z właściwościami arabinoksylianów i β -glukanu, które są zdolne do tworzenia lepkich roztworów w przewodzie pokarmowym. Liczne badania prezentowane w literaturze potwierdzają zależność występującą pomiędzy

Tabela 3
Table 3

Składniki ziarna warunkujące lepkość wodnego ekstraktu oraz wartość browarną jęczmienia
Grain components determining viscosity of water extract and brewing value of barley

Genotyp Genotype	I-AX	S-AX	T-AX	BG	BG + S-AX	WEV	TPC	Q	Kategoria wartości browarnej Malting quality category
SOLDO	5,0 ^a	0,6 ^a	5,6 ^a	4,4 ^a	5,0 ^a	2,2 ^a	2,4 ^a	3,65	średnia
RGT PLANET	4,8 ^a	0,6 ^{ab}	5,4 ^a	4,3 ^a	4,9 ^a	2,1 ^b	2,5 ^a	8,70	bardzo dobra
STH 3.368	5,0 ^a	0,5 ^c	5,5 ^a	4,4 ^a	4,9 ^a	2,0 ^b	2,5 ^a	6,50	dobra
STH 3.1491	4,8 ^a	0,6 ^b	5,4 ^a	4,3 ^a	4,8 ^a	1,9 ^b	2,3 ^a	7,90	dobra do bardzo dobra
Statystyka F F-statistic	1,49 ns	38,850**	1,73 ns	3,22 ns	5,30 ns	24,32**	6,58*		

I-AX – nierozpuszczalna frakcja arabinoksylianów / insoluble arabinoxylans fraction, S-AX – rozpuszczalna frakcja arabinoksylianów / soluble arabinoxylans fractions; T-AX – arabinoksyliany / total arabinoxylans; BG – β -glukan / β -glucan; WEV – lepkość wodnego ekstraktu / water extract viscosity; TPC – całkowita zawartość związków fenolowych / total phenolic content; Q – wskaźnik jakości browarnej / quality index * – istotne dla $p = 0,05$ / significant at $p = 0,05$; ** – istotne dla $p = 0,01$ / significant at $p = 0,01$; ns – nieistotne / not significant
Wartości w kolumnach opatrzone różnymi literami różnią się istotnie przy $p \leq 0,05$ / Values in the columns with different letters differ significantly at $p \leq 0,05$

lepkością wodnego ekstraktu ziarna, a zawartością nieskrobiowych polisacharydów (Lazaridou i in., 2004; Carpita i in., 2011; Boros i in., 2015; Wiśniewska i in., 2021). Pomiar lepkości może być więc wykorzystany jako narzędzie do oznaczania zawartości wymienionych polisacharydów w ziarnie. Związki te są niepożądane w przemyśle browarnym, ponieważ obniżają wydajność ekstraktu, zwiększają lepkość brzeczki i odpowiadają za tworzenie się zmętnień w piwie. W przemyśle paszowym także są niemiłe widzianym składnikiem ziarna jęczmienia, obniżającym strawność białka. Jęczmienienie o dużej zawartości arabinoksylianów i β -glukanu znajdują, jednak zastosowanie w produkcji żywności funkcjonalnej, ponieważ związki te zapobiegają wielu chorobom żywieniowo-zależnym, jak również korzystnie oddziałują na układ pokarmowy. W prezentowanych badaniach najniższą wartość WEV uzyskano dla rodu STH 3.1491 (1,95 mPa·s), który jednocześnie zawierał najmniej β -glukanu i rozpuszczalnych arabinoksylianów. Lepkość wodnych ekstraktów ziarna rodu STH 3.368 oraz odmiany Soldo, okazała się, odpowiednio jedną z najniższych (1,99 mPa·s) i najwyższych (2,16 mPa·s), co prawdopodobnie

powiązane był z zawartością frakcji rozpuszczalnej arabinoksylianów.

Potwierdzeniem zależności występującej pomiędzy WEV i zawartością nieskrobiowych polisacharydów była istotna korelacja, uzyskana dla sumy zawartości S-AX i BG z WEV ($r = 0,995$; $p = 0,05$). Omawiana lepkość WE oraz kolejna analizowana cecha – zawartość związków fenolowych (TPC), były istotnie zróżnicowane w obrębie badanych genotypów. Związki fenolowe ze względu na swój gorzki smak pogarszają smakowitość paszy, a w browarach tworzą z białkiem niepożądane zmętnienia koloidowe. Z perspektywy żywienia człowieka są nieocenione, ponieważ wykazują właściwości przeciwutleniające. W badanym materiale ich zróżnicowanie było nieznaczne, w zakresie 2,3 mg GAE/g – 2,5 mg GAE/g, odpowiednio dla ziarna STH 3.1491 i STH 3.368. Uzyskane wyniki są zgodne z uzyskanymi przez Abdel-Aal i Choo (2014), Lahouar i wsp. (2017), Panizo-Casado i wsp. (2020). Wyniki oceny browarnej były zbieżne z oceną składu chemicznego ziarna jęczmienia, na podstawie której wytypowano ród STH3.1491, jako jęczmień spełniający w najwyższym stopniu wymagania browarne

i żywieniowe. W ocenie browarnej został zaklasyfikowany do kategorii browarnej dobrej do bardzo dobrej. Drugi z rodów STH 3.368, z największą pośród analizowanych genotypów, zawartością białka i jednocześnie z najniższym udziałem nieskrobiowych polisacharydów, w tym również ich frakcji rozpuszczalnej oraz najmniejszą lepkością można polecać jako surowiec do produkcji pasz. W ocenie browarnej ród ten zaklasyfikowano do kategorii browarnej średniej.

Wnioski

- 1) Analiza wariancji otrzymanych wyników wykazała istotny wpływ genotypu na masę 1000 ziarniaków, celność ziarna, zawartość białka, lipidów, ligniny, frakcji rozpuszczalnej nieskrobiowych polisacharydów, w tym również rozpuszczalnych arabinoksylianów, błonnika oraz związków fenolowych i poziom lepkości wodnego ekstraktu ziarna.
- 2) Na podstawie uzyskanych wyników można stwierdzić, iż ziarno rodu STH 3.1491, spełnia w najwyższym stopniu kryteria wymagane dla jęczmion browarnych, tzn.: cechuje się najwyższą zawartością skrobi przyswajalnej oraz niską białka, związków fenolowych i nieskrobiowych polisacharydów.
- 3) Profil chemiczny ziarna rodu STH 3,368 (wysoka zawartość białka, niski poziom nieskrobiowych polisacharydów, w tym i ich frakcji rozpuszczalnej oraz związków fenolowych) wskazuje na możliwość wykorzystania w żywieniu zwierząt.
- 4) Lepkość wodnego ekstraktu ziarna (WEV), wykorzystana w badaniach jako wskaźnik jego właściwości funkcjonalnych, może stanowić pomocne narzędzie w ocenie wartości użytkowej jęczmienia.

Literatura

- AACC. 2011. American Association of Cereal Chemists, Approved Methods of Analysis, 11th Ed. St. Paul, MN, USA.
- Abdel-Aal E. M., Choo T. M. 2014. Differences in compositional properties of a hullless barley cultivar grown in 23 environments in eastern Canada. *Canadian Journal of Plant Science*, 94, 807 – 815.
- Analytica – EBC, 2005. Edition EBC Analysis Committee. Hans Carl Getränke-Fachverlag, Nürnberg, ISBN 3-418-00759-7.
- AOAC. 2007. Association of Official Analytical Chemists, Official Methods of Analysis, 18th Ed. Gaithersburg, MD
- Boros D., Fraś A., Gołębiwska K., Gołębiwski D., Paczkowska O., Wiśniewska M. 2015. Wartość odżywcza i właściwości prozdrowotne ziarna odmian zbóż i nasion rzepaku zalecanych do uprawy w Polsce. *Monografie i Rozprawy Naukowe IHAR-PIB*, 49, 1 - 119.
- Caprita R., Caprita A., Cretescu I., Julean C. 2011a. Influence of temperature on the extractability of polysaccharides in barley. *Animal Science and Biotechnologies*, 44, 2, 81 - 84.
- Caprita A., Caprita R., Simulescu V. O., Drehe R. M. 2011b. Water extract viscosities correlated with soluble dietary fiber molecular weight in cereals. *Journal of Agroalimentary Processes and Technologies*, 17, 3, 242 - 245
- Englyst H. N., Cummings J. H. 1984. Simplified method for the measurement of total non-starch polysaccharides in plant foods by gas-liquid chromatography of constituent sugars as alditol acetates. *Analyst*, 109, 937 - 942.
- Gołębiwski D., Kamińska B., Burek J., Boros D. 2014. Wpływ genotypu i miejscowości na cechy determinujące wartość browarną ziarna nowych linii jęczmienia jarego. *Biul. IHAR* 274, 3 – 14.
- Idehen E., Tang Y., Sang S. 2017. Bioactive phytochemicals in barley. *Journal of Food and Drug Analysis*, 25, 1, 148 – 161.
- Jones J. M. 2010. Dietary fiber's co-passengers: is it the fibre or the co-passengers? Part 5. In: *Dietary fibre: News frontiers for food and health*. (Eds. J.W. van der Kamp, J.M. Jones, B.V. McCleary and D.L. Topping), Wageningen Academic Publishers, Pp.:365 -378.
- Klockiewicz - Kamińska E. 2005. Metoda oceny wartości browarnej i klasyfikacja jakościowa odmian jęczmienia. *COBORU*, 80, 3 - 15.
- Kunze W. 2010. *Technology Brewing and Malting*. 4th updated edition. VLB Berlin. ISBN 978-3-921690-64-2.
- Lahouar L., Ghrair F., El Arem A., Medimagh S., El Felah M., Salemd H. B., Achour L. 2017. Biochemical composition and nutritional evaluation of barley rihane (*Hordeum vulgare* L.). *African Journal of Traditional, Complementary and Alternative Medicines*, 14, 310 - 317.
- Lazaridou A., Biliaderis C.G. 2004. Cyrogelation of cereal β - glucans: Structure and molecule size effects. *Food Hydrocolloids*, 18, 933 – 947.
- Marchello J.A., Dryden F.D., Hala W.H. 1971. Bovine serum lipids. I. The influence of added animal fat on the ration. *Journal of Animal Science*, 32, 1008-1015.
- 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.
- Naczka M., Amarowicz R., Sullivan A., Shahidi F. 1998. Current research developments on polyphenolics of rapeseed/Canova: a review. *Food Chemistry*, 62, 489-502.
- Nishantha M. D. L. C., Zhao X., Jeewani D. C., Bian J., Nie X., Weining S. 2018. Direct comparison of β -glucan content in wild and cultivated barley. *International Journal of Food Properties*, 21,1, 2218 – 2228.
- Panizo-Casado M., Déniz-Expósito P., Rodríguez-Galdón B., Afonso-Morales D., Ríos-Mesa D., Díaz-Romero C., Rodríguez-Rodríguez E.M., 2020. The chemical composition of barley grain (*Hordeum vulgare* L.) landraces from the Canary Islands. *Journal of Food Science*, Vol. 85, Issue 6: 1725 – 1734. DOI: <https://doi.org/10.1111/1750-3841.15144>
- Pejcz E., Czaja A., Wojciechowicz-Budzisz A., Gil Z., Spychaj R. 2017. The potential of naked barley sourdough to improve the quality and dietary fibre content of barley enriched wheat bread. *Journal of Cereal Science*, 77, 97 - 101.
- Ploch M., Cyran M., Kasztelowicz K., Boros D., Burek J. 2005. Zmienność i współzależność cech jakości jęczmienia browarnego ze zbioru w 2004 roku. *Biul. IHAR*, 235, 155 – 162.

- Sullivan P., Arendt E., Gallagher E. 2013. The increasing use of barley and barley by-products in the production of healthier baked goods. *Trends in Food Science & Technology*, 29, 2, 124 - 134.
- Svihus B., Gullord M., 2002. Effect of chemical content and physical characteristics on nutritional value of wheat, barley and oats for poultry. *Animal Feed Science and Technology*, 102, 71 – 92.
- Śmiałowski T., Cieplicka A., Mańkowski D. R. 2017. Jedno i wielozmienna charakterystyka rodów jęczmienia jarego (*Hordeum vulgare* L.) wyhodowanych w HR Smolice i badanych w zespołowych doświadczeniach hodowlanych w roku 2016. *Biul. IHAR* 282, 63 – 78.
- Theander O., Westerlund E.A. 1986. Studies on dietary fibre. 3. Improved procedures for analysis of dietary fibre. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 34(2), 330-336.
- TIBCO Software Inc. 2017. Statistica (data analysis software system), version 13. <http://statistica.io>
- Wiśniewska M., Boros D., Zych J. 2020. Wartość pokarmowa wybranych mieszanek zbóż jarych z roślinami bobowatymi grubonasiennymi. *Biul. IHAR*, 289, 51-62.
- Wiśniewska M., Fraś A., Dmoch A. 2021. Variability of selected quantitative traits in new spring barley genotypes. *Plant Breeding and Seed Science*, 82, 19-30.

Mgr Tadeusz Rydzewski (1925-2022)

Zastępca Dyrektora ds. Hodowli w Zakładzie Doświadczalnym w Strzelcach w latach 1970-1990



Na zdjęciu: Dyrektor Tadeusz Rydzewski wraz z żoną Olgą

W wieku 97 lat, 19 października 2022 roku, zmarł śp. **mgr Tadeusz Rydzewski**, wieloletni hodowca roślin uprawnych, Zastępca Dyrektora ds. Hodowli Roślin w Zakładzie Doświadczalnym Instytutu Hodowli i Aklimatyzacji Roślin w Strzelcach k/Kutna w latach 1970-1990.

Pan mgr Tadeusz Rydzewski urodził się w 1925 roku w gospodarstwie rolnym niedaleko Łomży.

Po wojnie zdał maturę i ukończył studia rolnicze. Wybór rolnictwa, jako kierunku studiów był konsekwencją jego wychowania w rodzinnym gospodarstwie rolnym. Podjął naukę w Wyższej Szkole Gospodarstwa Wiejskiego w Cieszynie i na Wydziale Rolniczym Uniwersytetu Jagiellońskiego w Krakowie w latach 1946-1951. Ze względu na braki kadrowe i obowiązujący w tamtych latach nakaz pracy (Dz.U. 1950 nr 10 poz. 107), mgr Jan Rydzewski podjął pracę w Wyższej Szkole Rolniczej Olsztyn-Kortowo (1952-1955). Żeby nie tracić kontaktu z nauką, a przy tym zdobyć doświadczenie i praktykę związał się z hodowlą roślin w Stacji Hodowli Roślin w Modzurowie k. Raciborza (1955-1970). Po dziesięciu latach wytrwałych prac polowych i laboratoryjnych zarejestrowane zostały cztery odmiany buraków pastewnych: Goliat Poly, Tytan Poly, Cyklop Poly, Rekord Poly, których był autorem i współautorem. Po piętnastu latach pracy w Modzurowie, przez następne dwadzieścia lat (1970-1990) pracował w Zakładzie Doświadczalnym IHAR w Strzelcach k/Kutna, gdzie jako zastępca dyrektora ds. hodowli roślin kierował pracami hodowlanymi roślin uprawnych.

Osiągnięcia pracy hodowlanej – autor i współautor 35 odmian rolniczych, w tym: dziesięciu odmian pszenicy ozimej (najbardziej znana – Jawa, rekordzistka plonowania), jednej odmiany pszenicy jarej, trzech odmian jęczmienia jarego (w tym, jęczmień jary wielorzędowy Klimek), czternastu odmian owsa (w tym odmiany Płatek), trzech odmian bobiku oraz czterech odmian buraka pastewnego typu Poly o zmienionym genomie.

Po przejściu na emeryturę razem z żoną Olgą, zamieszkał w Pszczynie. Tutaj założył hurtownię Nasion Traw, w której przepracował przez następne 20 lat. Uzasadnieniem do założenia tej firmy była wcześniejsza praca w Zakładzie Uprawy Łąk i Pastwisk w Wyższej Szkole Rolniczej w Olsztynie.

Mgr Tadeusz Rydzewski był żołnierzem AK ps. 'Czupurny', w trakcie wojny został aresztowany i trafił do obozu koncentracyjnego KL Stutthof. Udało mu się uciec z Marszu Śmierci.

Odznaczony: Krzyżem Oświęcimskim, Krzyżem Kawalerskim, Złotym Krzyżem Zasługi oraz Medalem Zasłużony dla Rolnictwa.

Mgr Tadeusz Rydzewski całe swoje życie związany był z rolnictwem. Zawsze uśmiechnięty, bardzo energiczny. Swoje wspomnienia spisywał i dzielił się nimi z innymi. Angażował się w projekty, które miały na celu przybliżenie historii Marszu Śmierci.

Strzelce, 2022

Zygmunt Nita

Organizacja Banku Patogenów Roślin w Instytucie Ochrony Roślin – PIB w Poznaniu

Organization of the Collection of Plant Pathogens

Maria Rataj-Guranowska

Instytut Ochrony Roślin – Państwowy Instytut Badawczy, Bank Patogenów Roślin i Badania ich Bioróżnorodności

W 1994 r. Instytut Ochrony Roślin otrzymał dotację Ministerstwa Rolnictwa na zorganizowanie Kolekcji Patogenów Roślin. Celem projektu było utworzenie centralnej polskiej kolekcji grzybów, bakterii i wirusów chorobotwórczych charakterystycznych dla roślin rolniczych, gleb i klimatu w Polsce. Do 1996 r. zaadaptowano dwa pomieszczenia: pomieszczenie danych podstawowych oraz pomieszczenie identyfikacji i dostępu. Zamówiono aparaturę naukową, środki chemiczne, meble i książki. W ciągu dwóch kolejnych lat wyremontowano i wyposażono pozostałe pomieszczenia. Każdy patogen zachowywano dwiema uzupełniającymi się metodami, głównie przez liofilizację i zamrażanie w ciekłym azocie. Do 2016 roku zebrano 1748 kultur grzybów chorobotwórczych i 192 szczepy bakterii.

In 1994 The Institute of Plant Protection received the subsidy of Ministry of Agriculture to organize the Collection of plant pathogens. The aim of the project was to settle the central Polish collection of fungi, bacteria and viruses pathogenic and characteristic to agricultural plants, soils and climate in Poland. Up to 1996 two rooms were adapted: the room of the basic data and the identification and access room. Scientific equipment, chemicals, furniture and books have been ordered. In the period of two following years the rest of the rooms were renovated and equipped. Each pathogen has been conserved by means of two complementary methods, mainly by the freeze-drying and freezing in the liquid nitrogen. Till 2016, 1748 cultures of pathogenic fungi and 192 strains of bacteria have been collected.

Wstęp

W 1994 roku Ministerstwo Rolnictwa i Gospodarki Żywnościowej (MRiGŻ) powołało Bank Patogenów Roślin (BPR) do zorganizowania go w Instytucie Ochrony Roślin (IOR) w Poznaniu, kierowanym przez prof. dr hab. Stefana Pruszyńskiego. Decyzja ta została podjęta w odpowiedzi na potrzeby, hodowców uzyskania odmian roślin uprawnych o zwiększonej odporności na patogeny, a także pracowników ochrony roślin testujących nowe pestycydy oraz genetyków i biotechnologów. Nowoutworzona placówka na utworzenie, organizację i prowadzenie BPR i w nim Kolekcji mikroorganizmów patogenicznych dla roślin, otrzymała dotację z MRiGŻ w ramach programu „Zasoby genowe roślin uprawnych”. Także IOR miał wspierać finansowo BPR. Było to duże wyróżnienie dla Instytutu, który o przyznanie dotacji konkurował z kilkoma instytutami. O wyborze IOR-u zadecydował fakt długoletniego istnienia w nim trzech zakładów: Mykologii, Wirusologii i Bakteriologii. Otrzymane fundusze byłyby wystarczające dla wybudowania nowego budynku. Jednak zadecydowano, że zostaną one częściowo rozdzielone między w/w zakłady mikrobiologiczne, które w zamian za to a te w zamian za to będą dostarczać patogeny do Kolekcji.

W październiku 1994 roku powołano mnie na stanowisko kierownika BPR; miałam już wówczas stopień doktora habilitowanego. Organizacja BPR wymagała interdyscyplinarnej wiedzy z zakresu nie tylko mikrobiologii, ale także biochemii oraz fizyki. Dysponowałam taką wiedzą, gdyż ukoń-

czyłam na Uniwersytecie Warszawskim studia biologiczne ze specjalizacją z botaniki w zakresie fizjologii roślin. Swoją pracę naukową rozpoczęłam w Instytucie Genetyki Roślin PAN w Poznaniu. Tam obroniłam pracę doktorską, wykonywaną pod kierunkiem prof. dr hab. Karola Mańki. Jej tematyka dotyczyła zagadnień z pogranicza genetyki roślin i mykologii. Habilitacją zakończyłam pewien etap prac naukowych, które prowadziłam w IGR PAN. Dotyczyła ona charakterystyki grzybów rodzaju *Fusarium* metodami niekonwencjonalnymi. Jeszcze jako pracownica IGR PAN, zostałam delegowana na koszt IOR-u przez jego dyrektora do Commonwealth Mycological Institute (CMI) w Egham w Wielkiej Brytanii, w celu zdobycia podstawowej wiedzy o organizacji największej kolekcji mykologicznej w Europie. Był to istotny wkład prof. Pruszyńskiego w organizację kolekcji.

Praca w IOR miała być dla mnie przede wszystkim służbą publiczną, wykonywaną w instytucie branżowym wśród nowych ludzi. Nie oznaczało to jednak rezygnacji z pracy naukowej. Entuzjastycznie i z nadzieją na sukces myślałam o nowym wyzwaniu. Wraz ze mną pracę w IOR podjęła mgr Iwona Walkowiak-Cagara, która przeszła do Instytutu również z IGR PAN.

W latach 1994-2016 zaplanowałam, nadzorowałam adaptację pomieszczeń i zorganizowałam wraz z uformowanym zespołem Kolekcję mikroorganizmów patogenicznych dla roślin. Całością BPR kierowałam do przejścia na emeryturę, czyli do końca 2016 roku.

Rozplanowanie pomieszczeń, ich adaptacja i remont (1994–1996)

Kiedy rozpoczynałam pracę w IOR, lokalizacja Banku nie była jeszcze ustalona. Na siedzibę BPR wybrano ostatecznie parter budynku 6. Wcześniej mieściły się tam magazyny chemikaliów i materiałów budowlanych; stan pomieszczeń był bardzo zły (Rys. 1). Wyziewy chemikaliów spowodowały wykruszenie się wykładzin podłogowych, a zardzewiałe drzwi uniemożliwiały wejście do pomieszczeń. Plany przebudowy od pomysłu do realizacji nowej jednostki wykonane zostały bez pomocy architekta lub choćby inżyniera.



Rys. 1. Pomieszczenie Banku Patogenów Roślin i Badań ich Bioróżnorodności przed remontem (Fot. M. Rataj-Guranowska)

Fig. 1. Room of the Bank of Plant Pathogens and Research on Plant Biodiversity before renovation (Photo M. Rataj-Guranowska)

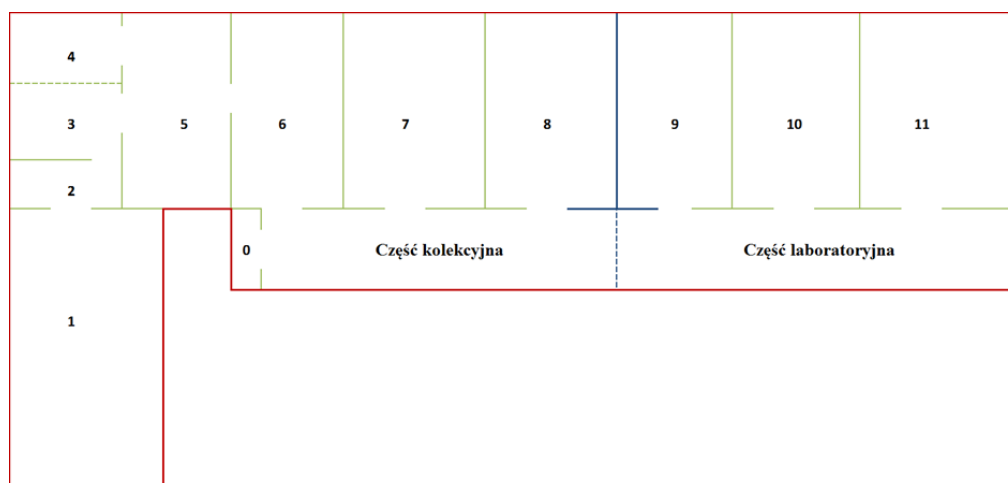
Pracownicy BPR stali przed prawdziwym wyzwaniem stworzenia centralnej, polskiej kolekcji patogenów specyficznych dla naszych roślin uprawnych – gospodarzy tychże patogenów, specyficznych także dla klimatu i gleb naszego obszaru geograficznego.

Tworzona od podstaw kolekcja miała uzupełniać zbiory przechowywane w kolekcjach Europy Zachodniej, w których na ogół brakowało patogenów z Europy Środkowej.

W pierwszym okresie – od 1994 do lutego 1996 roku – urządzono dwa pomieszczenia: pokój do identyfikacji grzybów oraz gabinet – bazę danych, a także zaplanowano lokalizację pozostałych pomieszczeń. W budynku wyróżniono dwie części: tzw. ściśle kolekcyjną (pomieszczenia 0-8, w tym duże pomieszczenie 1 na kolekcję) i laboratoryjną (pomieszczenia 9-11) patrz Rys. 2.

W części laboratoryjnej zaplanowano pożywkarnię i myjnię z wydzieloną za przepierzeniem częścią sterylizacyjną, w której miał stać niewielki autoklaw i aparat Kocha, a także pomieszczenie do liofilizacji oraz pokój socjalny. Ten ostatni był szczególnie potrzebny w BPR, gdyż we wszystkich pokojach laboratoryjnych krążyły zarodniki grzybów. Część kolekcyjną miały stanowić: pokój bazy danych – gabinet kierownika, pokój taksonomiczny, pokój hodowlany z lodówkami, termostatai oraz dużą komorą hodowlaną, pokój dla dwóch asystentów oraz dwie przeszczepialnie i pokój kolekcyjny – największy ze wszystkich, oddzielony od przeszczepialni małą śluzą z lampą UV.

Przeprowadzany etapami remont oraz podstawowa organizacja BPR trwały do 1999 roku.



Rys. 2. Rozplanowanie pomieszczeń w Banku Patogenów Roślin. Ozaczenia pomieszczeń: 0, magazyn; 1, pokój kolekcyjny; 2, śluza; 3 i 4, przeszczepialnie; 5, pokój mikroskopowy; 6, pokój hodowlany; 7, pokój identyfikacji, 8, gabinet kierownika; 9, pokój socjalny; 10, pokój do liofilizacji; 11, pożywkarnia.

Fig. 2. Layout of rooms in the Plant Pathogens Bank. Room designations: 0, warehouse; 1, collection room; 2, airlock; 3 and 4, transplant rooms; 5, Microscope room; 6, breeding room; 7, identification room, 8, manager's office; 9, social room; 10, lyophilization room; 11, the feeder room.

Zakup aparatury, drobnego sprzętu, chemikaliów, mebli i książek

Dużo czasu poświęcono na zakup aparatury dla czterech pracowni: Mykologii, Wirusologii, Bakteriologii i dla BPR. Do 1996 roku dla BPR zakupiono mikroskopy marki Olympus, trzy komory z nawiewem sterylnym, zamrażarkę do -85°C (Revco), jedną dużą komorę hodowlaną (Meyert), i komorę do termicznej sterylizacji szkła oraz autoklaw. Ponadto, zakupiono wiele drobnego sprzętu laboratoryjnego, odczynników, zwłaszcza standardowych pożywek z firmy Difco, a także meble, głównie laboratoryjne.

Najważniejszymi sprzętami zakupionymi do BPR były komory do pracy sterylnej oraz palniki Fire Boy, które można było wyłączać w trakcie wielogodzinnej pracy, dzięki czemu nie dochodziło do nagrzania się komory. Bardzo udany okazał się również zakup buteleczek (próbówek) uniwersalnych (Fisons) z zakrętkami i płaskim dnem,

o pojemności 25 ml. Luźne zakręcanie zakrętek umożliwiało oddychanie kultur. Pod zakrętkami umieszczano papierowe kraczki chroniące przed rozkruszkami. Buteleczki – po 25 sztuk – ustawiano na podstawkach, co bardzo ułatwiało wyszukiwanie i przenoszenie prób. Do dziś w pokoju kolekcyjnym, na metalowych półkach, w buteleczkach pod olejem (lub wodą) przechowuje się całą kolekcję przyżyciową patogenów (Rys. 3).

Zakład wyposażono również w meble i podstawowe książki. Sporo starych, obcojęzycznych kluczy mykologicznych, użyczonych przez prof. Karola Mańkę i już nieosiągalnych na rynku, skserowały pracownice Banku. Zbiór ten jest stale uzupełniany nowymi wydawnictwami, głównie anglojęzycznymi. Nowoczesne urządzenia zapewniły wysoki standard pracy, niedostępny wcześniej, a także niespotykany w tamtych latach w innych placówkach.



Rys. 3. Kolekcja grzybów patogenicznych przechowywanych w butelkach uniwersalnych pod olejem mineralnym (Fot. A. Pukacka)

Fig. 3. A collection of pathogenic fungi stored in universal bottles under mineral oil (Photo A. Pukacka)

W lutym 1996 roku nastąpiło uroczyste otwarcie BPR w obecności pracowników IOR i Ministerstwa.

Po 1996 roku zakupiono komputery, kolejne dwa mikroskopy (Olympus) (Rys. 4) oraz binokular (Olympus), komorę do termicznej sterylizacji, autoklaw oraz aparat Kocha. W latach 2007–2012, kiedy dyrektorem Instytutu był prof. dr hab. Marek Mrówczyński, zakupiono komory termostatowe do kilku pomieszczeń. Wspomniane zakupy były konieczne ze względu na zapewnienie odpowiednich warunków do przechowywania grzybów i bakterii kwarantannowych. Placówka musiała otrzymać zezwolenie na przechowywanie tych organizmów i odpowiednio zaadaptować pomieszczenia w całym Banku. BPR jako pierwszy w IOR

uzyskał prawa do przechowywania patogenów kwarantannowych. Obecnie patogeny te są przechowywane w Centrum Badań Organizmów Kwarantannowych, Inwazyjnych i Genetycznie Zmodyfikowanych IOR-PIB.

Do ważniejszych sprzętów zakupionych w dalszych latach działalności BPR należy zaliczyć komorę do pracy sterylnej klasy II Esco z filtrami na wejściu i wyjściu, a także zamrażarkę niskotemperaturową New Brunswick Scientific U101 Innova I (Rys. 5). Jest to specjalna komora mająca zabezpieczenie na wypadek awarii prądu. W razie awarii przez trzy doby utrzymuje się pożądana temperatura, bowiem w płaszczu komory wytwarza się skroplony dwutlenek węgla. Zakup aparatu okazał się niezbędny po łącznie dziewięć-



Rys. 4. Mikroskop Olympus (Fot. J. Wojczyńska)
Fig. 4. Olympus microscope (Photo J. Wojczyńska)

ciu awariach wspomnianej wcześniej zamrażarki Revco, chłodzącej do -85°C . Kupiono także generator prądu; szczególnie przydatny podczas awarii prądu.

Gromadzenie patogenów

Od 1996 roku zaczęto gromadzić kultury grzybów i bakterii do późniejszego opracowania. Pochodziły one z mojej kolekcji zawodowej oraz od kilku innych fitopatologów. Już w 1996 roku zgromadzono 700 kultur, z czego do 1997 roku potwierdzono identyfikację połowy kultur. W następnych latach rozpoczęto izolacje patogenów z chorych roślin. Przez kilka lat próby były dostarczane przez terenowe oddziały Wojewódzkich Inspektoratów Ochrony Roślin i Nasiennictwa (WIORiN). Każdego roku wybierano grupę roślin do zbioru. Były to, kolejno: rośliny okopowe i korzeniowe, cebulowe, bobowate, zboża i iglaste. Dopiero w latach późniejszych chore rośliny zbierali pracownicy Kolekcji. Były to porażone rośliny ze wszystkich grup, z naciskiem na grupę wybraną w danym roku.

W 1997 roku ustalono zasady rozprowadzania patogenów drogą wymiany i sprzedaży. Cenę jednego izolatu ustalono na 200 zł i do dzisiaj nie uległa ona zmianie.

Opracowano następujące metody przechowywania i konserwacji patogenów: liofilizację, przechowywanie pod olejem mineralnym i mrożenie w 10-procentowym glicerolu w -85°C . Dopiero w 2000 roku wprowadzono metodę mrożenia w ciekłym azocie w -196°C . Aparaturę do tego celu zakupiono z funduszy 5. Europejskiego Programu Ramowego, do realizacji którego zostałam zaproszona jako specjalista analizy zgodności wegetatywnej grzybów. Ustalono, że każdą kulturę należy zabezpieczyć co najmniej dwiema uzupełniającymi się metodami (Rys. 6).



Rys. 5. Zamrażarka niskotemperaturowa New Brunswick Scientific U101 Innova I (Fot. J. Wojczyńska)
Fig. 5. New Brunswick Scientific U101 Innova I low-temperature freezer (Photo J. Wojczyńska)

W kolekcji stale rozszerza się zbiory grzybów i bakterii, rozwija metody konserwacji, izoluje, identyfikuje, konserwuje, odnawia i rozprowadza patogeny. Po paru latach zrezygnowano z kolekcjonowania wirusów, ponieważ tą grupą patogenów zajmuje się Pracownia Wirusologii działająca w Instytucie.

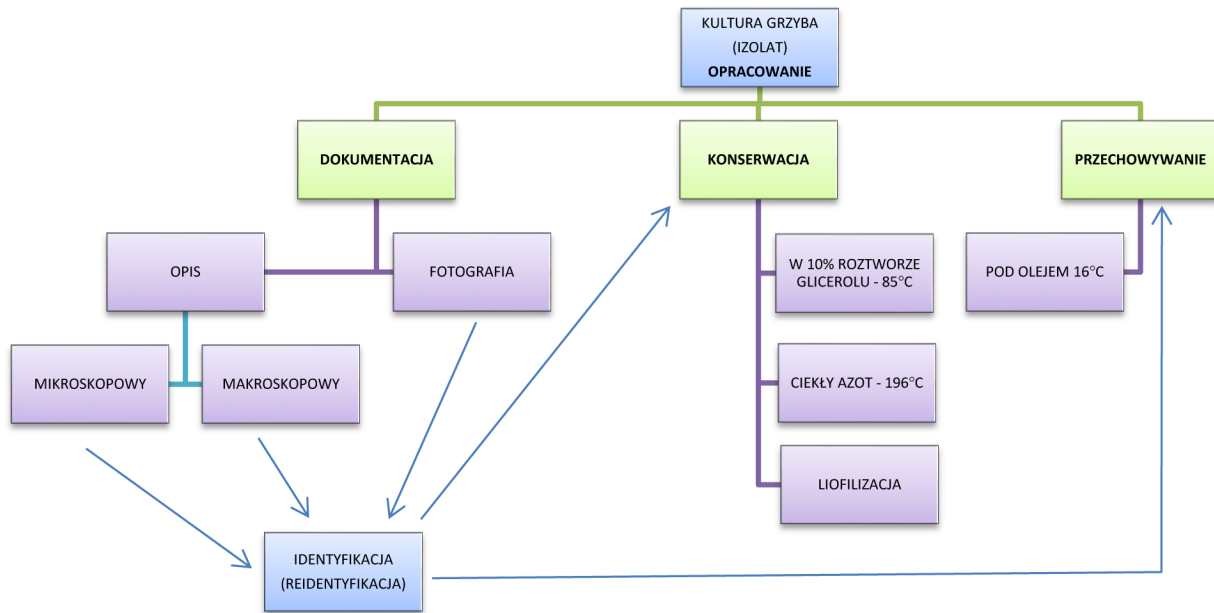
O szczegółowej działalności BPR pisano wielokrotnie, m.in. w broszurze na temat metod przechowywania i konserwacji patogenów stosowanych w kolekcji. W 2014 roku nazwę Banku Patogenów Roślin zmieniono na Bank Patogenów Roślin i Badania ich Bioróżnorodności.

Już w roku 1999 rozpoczęto opracowywanie katalogu kolekcji, który po pierwszej edycji w postaci książki wydanej w 2000 roku jest aktualnie dostępny dla wszystkich zainteresowanych w wersji elektronicznej na stronie IOR-PIB: <http://bankpat.expertus.com.pl/search/>.

Do 2017 roku w Banku Patogenów Roślin i Badania ich Bioróżnorodności było 1 748 izolatów grzybów i 192 kolonie bakterii.

Rada programowa

5 listopada 1996 roku dyrektor IOR-u, prof. Stefan Pruszyński, po uzgodnieniu z Ministerstwem Rolnictwa i Gospodarki Żywnościowej, powołał Radę Programową Banku Patogenów Roślin. Na pierwszym posiedzeniu, 14 listopada, powołano następujących członków Rady, którzy w owym czasie posiadali co najmniej stopień doktora habilitowanego: kierowniczkę BPR Marię Rataj-Guranowską, dyrektora IOR-u Stefana Pruszyńskiego, wicedyrektora Departamentu Produkcji Rolniczej MRiGŻ Bożenę Nowicką oraz Włodzimierza Doruchowskiego, Zofię Fiedorow, Halinę Kurzawińską, Ewę Łojkowską, Małgorzatę Mańkę, Joannę Marcinkowską, Stefana Martyniuka, Leszka Orlikowskiego, Czesława Sadowskiego



Rys. 6. Schemat postępowania z grzybami patogenicznymi
Fig. 6. Scheme of dealing with pathogenic fungi

i Piotra Sobiczewskiego. Przewodniczącą Rady została Zofia Fiedorow. Rada była zawsze organem społecznym, zatwierdzającym harmonogram corocznych prac, opiniującym coroczne sprawozdania, a także organem doradczym i pomocniczym w rozwiązywaniu bieżących problemów, nawet pomagającym uzyskać dodatkowe fundusze. Zbiierała się na ogół raz w roku i w zmienianym składzie trwa do dzisiaj. Jednak od 2016 roku w jej skład wchodziło tylko: prof. dr hab. Małgorzata Mańka – od 30 października 2002 roku przewodnicząca, dr hab. Agnieszka Jemiołkowska, prof. dr hab. Halina Kurzawińska, prof. dr hab. Piotr Łakomy, dr hab. Krzysztof Matkowski, prof. dr hab. Henryk Pośpieszny, prof. dr hab. Maria Rataj-Guranowska i prof. dr hab. Halina Wiśniewska.

Pracownicy

W pierwszych latach działalności w BPR pracowały ze mną dwie osoby: mgr inż. Iwona Walkowiak-Cygara i mgr inż. Ilona Peroutka, a od 1997 doszły mgr Maria Pasternak i Krystyna Przywalska. Ogromne zasługi dla BPR miała mgr Anna Pukacka, która w latach 1999–2015 prowadziła kolekcję przyżyciową patogenów. W 2004 do zespołu dołączyła mgr inż. Małgorzata Tyrakowska; w 2006 roku doświadczony mykolog dr inż. Sylwia Stępniewska-Jarosz; w 2007 roku mgr inż. Natalia Łukaszewska-Skrzypniak, a w 2008 roku bakteriolog dr Katarzyna Sadowska. Te cztery ostatnie pracownice pracują w BPR do dzisiaj. Zatrudniona w 2015 roku biolog molekularna mgr Marzena Lewandowska pracowała tylko rok, a jej miejsce zajęła w 2016 roku mgr Jagoda Wojczyńska. Stworzenie bardzo dobrego zespołu nie było jednak łatwe. Praca w BPR jest wymagająca. Nauka identyfikacji najtrudniejszej ponoć taksono-

micznej grupy – grzybów mikroskopowych – trwa minimum trzy lata. Pracowników jest za mało, aby w zadowalającym stopniu łączyć pracę w kolekcji z pracą naukową. Jednak udało się nam eksperymentować, publikować i popularyzować wiedzę na temat metod przechowywania patogenów oraz metody zgodności wegetatywnej w ramach Sekcji Genetyki Polskiego Towarzystwa Fitopatologicznego. Ponadto, przez trzy lata prowadziliśmy zajęcia dla studentów Poznańskiego Uniwersytetu Przyrodniczego.

Publikacje

Spośród wielu opracowań opublikowanych przez pracowników BPR warto zwrócić uwagę na zeszyty „Kompedium symptomów chorób roślin oraz morfologii ich sprawców” pod moją redakcją, które wydawane są corocznie od 2001 roku (Rys. 7). W 2012 roku wydrukowano zbiór kompendiów pod tym samym tytułem, a w 2015 roku angielską wersję zbioru. Publikacje te cieszą



Rys. 7. Kompedium symptomów chorób roślin i morfologii ich sprawców (Fot. A. Pukacka)
Fig. 7. Compendium of symptoms of plant diseases and morphology of their perpetrators (Photo A. Pukacka)

się ogromnym powodzeniem w kraju i za granicą. Dla wielu fitopatologów i mykologów to jakby pierwszy polski „klucz” do oznaczania grzybów patogenicznych. Jest źródłem wiedzy oraz pomocą nie tylko dla początkujących fitopatologów. Bar-

dzo ceniony jest przez pracowników (WIORiN-ów) oraz studentów. Poza mną, autorami Kompendium byli: dr Sylwia Stępniewska-Jarosz, dr Katarzyna Sadowska, mgr Anna Pukacka, mgr inż. Natalia Łukaszewska-Skrzypniak (Rys. 8).



Rys. 8. Zespół Banku Patogenów Roślin i Badania ich Bioróżnorodności. Od lewej: dr K. Sadowska, prof. dr hab. M. Rataj-Guranowska, mgr N. Łukaszewska-Skrzypniak, dr S. Stępniewska-Jarosz, mgr A. Pukacka, mgr M. Tyrakowska (Fot. R. Gwiazdowski)
Fig. 8. The team of the Plant Pathogens Bank and Research on their Biodiversity. From the left: PhD K. Sadowska, Professor M. Rataj-Guranowska, MA N. Łukaszewska-Skrzypniak, PhD S. Stępniewska-Jarosz, MA A. Pukacka, MA M. Tyrakowska (Photo R. Gwiazdowski)



LISTA RECENZENTÓW — 2022
LIST OF REVIEWERS—2022

Imię i nazwisko Recenzenta Reviewer first and last name	Afiliacja Affiliation
Artyszak Arkadiusz	Szkoła Główna Gospodarstwa Wiejskiego w Warszawie Instytut Rolnictwa Katedra Agronomii
Chojnicki Józef	Szkoła Główna Gospodarstwa Wiejskiego w Warszawie Instytut Rolnictwa Katedra Gleboznawstwa
Cieplicka Anna	Hodowla Roślin Smolice Sp. z o. o. Grupa IHAR Oddział Bąków
Faligowska Agnieszka	Uniwersytet Przyrodniczy w Poznaniu Wydział Rolnictwa i Bioinżynierii Katedra Agronomii
Gambuś Halina	Uniwersytet Rolniczy w Krakowie Wydział Technologii Żywności Katedra Technologii Węglowodanów i Przetwórstwa Zbóż
Janicka Maria	Szkoła Główna Gospodarstwa Wiejskiego w Warszawie Instytut Rolnictwa Katedra Agronomii
Łyszczarz Roman	Politechnika Bydgoska Wydział Rolnictwa i Biotechnologii
Majewska Katarzyna Małgorzata	Uniwersytet Warmińsko-Mazurski w Olsztynie Wydział Nauki o Żywności Katedra Przetwórstwa i Chemii Surowców Roślinnych
Niedziela Agnieszka	Instytut Hodowli i Aklimatyzacji Roślin – Państwowy Instytut Badawczy w Radzikowie Zakład Biochemii i Biotechnologii
Piechota Urszula	Instytut Hodowli i Aklimatyzacji Roślin – Państwowy Instytut Badawczy w Radzikowie Zakład Biologii Stosowanej
Prusiński Janusz	Politechnika Bydgoska Wydział Rolnictwa i Biotechnologii Katedra Agronomii.
Rogacki Janusz	Hodowla Roślin Smolice Sp. z o. o. Grupa IHAR
Szafrańska Anna	Instytut Biotechnologii Przemysłu Rolno-Spożywczego im. Prof. Wacława Dąbrowskiego – Państwowy Instytut Badawczy Zakład Przetwórstwa Zbóż i Piekarstwa
Tomaszewski Bartosz	Instytut Hodowli i Aklimatyzacji Roślin – Państwowy Instytut Badawczy w Radzikowie Krajowe Centrum Roślinnych Zasobów Genowych Ogród Botaniczny w Bydgoszczy
Tratwał Anna	Instytut Ochrony Roślin – Państwowy Instytut Badawczy w Poznaniu Zakład Monitorowania i Sygnalizacji Agrofağów



SPIS TREŚCI
TABLE OF CONTENTS

Autor / Tytuł Author / Title	Strony / Pages	
	od / from	do / to
SYLWIA JĘDZURA, ANNA SZAFRAŃSKA, PRZEMYSŁAW MATYSIK Ocena jakości technologicznej rodów pszenicy jarej na potrzeby programu hodowlanego Assessing the spring wheat quality for breeding program purpose	3	12
ELŻBIETA MAŁUSZYŃSKA, DARIUSZ R. MAŃKOWSKI Wartość siewna kwalifikowanego materiału siewnego pszenicy ozimej (<i>Triticum aestivum</i> L. subsp. <i>aestivum</i>) przechowywanego w magazynie nasiennym Seed sowing value of certified seed of winter wheat stored in storehouse	13	20
DANUTA MARTYNIAK, GRZEGORZ ŻUREK Rożnik przerośnięty (<i>Silphium perfoliatum</i> L.) perspektywy wykorzystania na biogaz i paszę Cup plant (<i>Silphium perfoliatum</i> L.) prospects for use for biogas and feed	21	26
URSZULA PIECHOTA, GRZEGORZ CZAJOWSKI, PAWEŁ CZEMBOR Ocena odporności odmian miejscowych jęczmienia jarego na mączniaka prawdziwego (<i>Blumeria graminis</i> f.sp. <i>hordei</i>) Evaluation of the spring barley landraces resistance to powdery mildew (<i>Blumeria graminis</i> f.sp. <i>hordei</i>)	27	30
DANUTA MARTYNIAK, BARBARA WIEWIÓRA, GRZEGORZ ŻUREK Wpływ bioodpadu z pofermentu biogazowni na plonowanie biomasy oraz skład chemiczny traw wieloletnich Influence of bio-waste from digestate of biogas plant on yielding and chemical composition of biomass of perennial grasses	31	37
ANNA FRAŚ Wpływ dodatku otrąb na wybrane właściwości reologiczne ciasta pszenżytniego oraz cechy pieczywa Impact of bran addition on selected rheological properties of triticale dough and on characteristics of breads	39	44
MONIKA ŻUREK Rys historyczny badań nad cytoplazmatyczno-genową męską sterylnością w kukurydzy (<i>Zea mays</i> L.) Historical outline of research on cytoplasmic-genic male sterility in maize (<i>Zea mays</i> L.)	45	50
MAGDALENA WIŚNIEWSKA Wpływ czasu słodowania ziarna jęczmienia na jakość słodu Impact of barley grain malting time on malt quality	51	56
MAGDALENA WIŚNIEWSKA Profil chemiczny ziarna jęczmienia jako wskaźnik wartości użytkowej Chemical profile of barley grain as an indicator of value in use	57	62
ZYGMUNT NITA Wspomnienie: Mgr Tadeusz Rydzewski (1925-2022) Memories - Mgr Tadeusz Rydzewski (1925-2022)	63	64
MARIA RATAJ-GURANOWSKA Organizacja Banku Patogenów Roślin w Instytucie Ochrony Roślin – PIB w Poznaniu Organization of the Collection of Plant Pathogens	65	70
Lista Recenzentów — 2022 List of Reviewers — 2022	71	