

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

## Zależność plonu rodów pszenicy ozimej od stopnia porażenia przez *Stagonospora nodorum* i *Puccinia triticina* w zróżnicowanych warunkach polowych

### Dependence of yield of winter wheat strains on the degree of infection by *Stagonospora nodorum* and *Puccinia triticina* in different conditions of field experiments

Celem pracy była ocena wpływu porażenia septorią liści (*Stagonospora nodorum*) i rdzą brunatną (*Puccinia triticina*) na plon pszenicy ozimej w zróżnicowanych środowiskach agroklimatycznych. Ścisłe doświadczenia polowe z 49 obiektami pszenicy ozimej przeprowadzono w 3 miejscowościach: Grodkowice, Bąków i Smolice. Zbadano zmienność, genetyczne warunkowanie, stopień porażenia septorią liści, rdzą brunatną oraz wysokość plonu ziarna badanych form. Oceniono współzależność fenotypowo-genotypową pomiędzy septorią liści, rdzą brunatną i plonem ziarna. Przeprowadzono wieloczynnikową analizę wariancji do oceny wpływu środowisk i badanych chorób na plon ziarna pszenicy ozimej. Stwierdzono wysoce istotną dodatnią zależność pomiędzy odpornością na *S. nodorum* a plonem ziarna pszenicy ozimej. Analiza wieloczynnikowa ujawniła istotny wpływ miejscowości (czynnik środowiskowy), stopnia porażenia *S. nodorum* i *P. triticina* oraz niektórych interakcji pomiędzy tymi czynnikami na plon pszenicy ozimej.

**Słowa kluczowe:** analiza wieloczynnikowa, korelacje fenotypowe i genotypowe, plon ziarna pszenicy, *Puccinia triticina*, *Septoria nodorum*

The aim of this study was to estimate the influence of leaf septoria (*Stagonospora nodorum*) and leaf rust (*Puccinia triticina*) on yield of winter wheat in different conditions of cultivation. The precise field experiments with 49 objects of winter wheat were conducted in three locations: Grodkowice, Bąków and Smolice located in different environments. Variability and genetic determination (heritability) have been examined for degrees of infestation with leaf septoria, leaf rust and for grain yield. The genotypic and the phenotypic correlations have been estimated between leaf septoria, leaf rust and grain yield. Multivariate analysis revealed a significant effect of locality (environmental factor), severity of the *S. nodorum* and *P. triticina* infestations and some interactions between these factors on the yield of winter wheat.

**Key words:** genotypic correlation, grain yield, multivariate analysis, phenotypic correlation, *Puccinia triticina*, *Septoria nodorum*, winter wheat

## WSTĘP

Wysokość plonu zbóż, a w tym i pszenicy jest determinowana przez wiele czynników: mrozoodporność i przezimowanie, podatność na wyleganie, liczne choroby (mączniak, septoriozy, rdze, fuzariozy), szkodniki a także czynniki glebowo-klimatyczne. Każdy z tych czynników w warunkach niesprzyjających wzrostowi i rozwojowi zbóż może spowodować bardzo duże straty. Okazuje się, że spośród tych czynników choroby i szkodniki powodują na świecie bardzo duże straty, których wielkość szacuje się na około 27–42% plonów najważniejszych gatunków roślin uprawnych. Duża liczba chorób atakujących pszenicę oraz duża zmienność patotypów sprawia, że genetyka odporności na choroby jest dziedziną, w której prowadzone są intensywne badania. Obszerny przegląd literatury dotyczący badań nad septorią pszenicy i jęczmienia dokonał już w 1983 roku King (King, 1983). Szczegółowy opis genetycznych podstaw dziedziczenia septoriozy liści i rdzy brunatnej u pszenicy zamieszczony został w podręczniku „Zarys Genetyki Zbóż” (Górny i in., 2004). W Polsce prowadzi się liczne badania obejmujące ocenę zagrożenia porażeniem odmian uprawnych i rodów hodowlanych pszenicy przez *Stagonospora nodorum* i *Puccinia triticina* (Drzazga i in., 2006; Strzembicka i in., 2009; Weber i in., 2009; Czajowski i in., 2011; Ziemichód i in., 2011). Poszukuje się i wytwarza źródła odporności na te choroby (Chełkowski i in., 2005; Arseniuk i in., 2009). Rozwój nowoczesnych technik badawczych umożliwia lokalizację genów odpowiedzialnych za rozwój chorób (Czembor i in., 2007) oraz wytwarzanie materiałów wyjściowych odpornych na septorię liści (*Stagonospora nodorum*) (Arseniuk i in., 2009; Walczewski i in., 2011) oraz rdzę brunatną (*Puccinia triticina*) (Sejbuk i in., 2011).

Przeprowadzone badania wskazują na istotną rolę środowiska w rozprzestrzenianiu się i rozwoju chorób (Nieróbca i in., 2006; Jaczewska i in., 2009;). Wykorzystując matematyczne modelowanie prognozuje się zagrożenia roślin przez *Puccinia recondita* ROB ex DESM. f sp. *tritici* (Wójtowicz i in., 2009). Dokonany przegląd wyników badań wymienia opracowania matematyczne służące do oceny wpływu środowiska na rozwój objawów chorobowych wywołanych porażeniem pszenicy przez patogeny grzybowe.

W tym celu stosuje się funkcje regresji krokowej, logistycznej oraz innych modeli matematycznych. W tych eksperymentach, na podstawie oceny porażenia liści pszenicy ozimej uzyskanej z licznych lokalizacji, ocenia się wpływ wielu czynników biologicznych i agroklimatycznych (temperatury, opadu atmosferycznego, wilgotności powietrza) i wykorzystuje do modelowania rozwoju objawów chorobowych wywołanych porażeniem roślin przez grzyby.

Wykorzystując własne wyniki badań na tle dokonanego przeglądu wiedzy, jako cel niniejszej pracy przyjęto poznanie wpływu porażenia septorią liści (*Stagonospora nodorum*) i rdzą brunatną (*Puccinia triticina*) na plon pszenicy ozimej w zróżnicowanych środowiskach agroklimatycznych.

## MATERIAŁ I METODY

Przedmiotem badań była ocena wpływu porażenia chorobami rodów hodowlanych pszenicy ozimej badanych w ścisłych doświadczeniach polowych przeprowadzonych w 3 powtórzeniach na poletkach o pow. 10 m<sup>2</sup> metodą niekompletnych bloków w odmiennych warunkach ekogeograficznych w trzech miejscowościach: Smolicach (SMH), Bąkowie (BKH) i Grodkowicach (GRH) na plon ziarna. Na podstawie uzyskanych wyników podjęto ustalenia wzajemnych relacji pomiędzy stopniem porażenia septorią liści (*Stagonospora nodorum*) i rdzą brunatną (*Puccinia triticina*) oraz plonem ziarna, genetycznego uwarunkowania tych cech, zmienności wynikającej z lokalizacji w odmiennych środowiskach oraz oszacowanie wpływu różnych czynników na plon ziarna 46 obiektów pszenicy ozimej uzyskanych w programie hodowlanym realizowanym w HR Smolice oraz trzech odmian wzorcowych. Obejmowały one rody z doświadczenia przedwstępnego, a więc materiały hodowlane o wysokim stopniu tożsamości i jednolitości odmianowej, z których najlepsze trafiają do doświadczeń wstępnych i dalej do rejestrowych. Na tym etapie spotykają się rody z różnych kierunków, czyli z programów krzyżowań mających na celu wprowadzenie zimotrwałości, odporności na choroby i wyleganie oraz wartości technologicznej ziarna. Pochodzą również z krzyżowań z formami bardzo krótkimi, czy z programu wyprowadzania odmian z linii DH. Ostatecznym jednak kryterium selekcji jest plon i dobry poziom wszystkich pozostałych ważnych parametrów. W okresie wegetacji wykonano obserwacje porażenia chorobami (skala 1–9), po zbiorach oznaczono plon ziarna z poletka (przy 15% H<sub>2</sub>O). Odnotowano również opady, temperaturę powietrza oraz nawożenie. Jako zmienne ilościowe objaśniane przyjęto: stopień porażenia *Stagonospora nodorum* (septoria liści) i *Puccinia triticina* (rdza brunatna) a zmienne objaśniające — klasyfikujące: obiekty i miejscowości. Do obliczeń wykorzystano Procedurę GLM w SAS. W tym celu wykonano analizy statystyczne, które obejmowały analizę wariancji dla plonu i cech obserwowanych w czasie wegetacji. Następnie z wydzielonych w analizie wariancji składników, tj.: średnich kwadratów zmienności genotypowej, zmienności błędów obliczono współczynniki zmienności genetycznej CV(%), genetycznego uwarunkowania (*H*) jako stopnia powtarzalności. Korelacje fenotypowe (*rP*) wyznaczono jako współczynniki korelacji prostej ze średnich cech dla badanych genotypów a współczynniki korelacji genotypowych (*rG*) jako współczynniki korelacji prostej pomiędzy nieobserwowalnymi efektami genotypowymi. Zestaw danych zawierający wartości, które wzrastają lub opadają w stałym tempie przedstawiono na wykresach regresji liniowej w postaci najlepiej dopasowanej linii prostej. Dla tego typu linii trendu jest używane równanie liniowe służące do obliczania dopasowania linii metodą najmniejszych kwadratów wg wzoru:  $y = mx + b$ ; gdzie *m* to nachylenie, a *b* to punkt przecięcia.

Dla ujawnienia wpływu czynników agroklimatycznych na plon pszenicy przeprowadzono analizę wieloczynnikową, której celem było poznanie zależności pomiędzy różnymi czynnikami środowiska czyli miejscowościami, które różniły się typem gleby, sumą opadu atmosferycznego, sumą temperatur, stopniem porażenia septorią liści (*Stagonospora nodorum*) i rdzą brunatną (*Puccinia triticina*) czyli niekontrolowanymi

zmiennymi losowymi jak i subiektywnymi czyli deterministycznymi zmiennymi kontrolowanymi czynnikami środowiska np. poziomem nawożenia a plonem pszenicy ozimej.

Zastosowana analiza wariancji (wiele czynników objaśniających i jedna cecha mierzona — objaśniana — plon ziarna) tworzy model analizy pozwalający wyjaśnić istotność wpływu kontrolowanych czynników na przebieg eksperymentu (Frątczak i in., 2005). Działanie takiego modelu możemy prześledzić na przykładzie 2 czynników A i B badając ich wpływ na badaną cechę.

Mamy wówczas do czynienia z modelem klasyfikacji dwuczynnikowej:

$$x_{ijk} = m + a_i + b_j + (ab)_{ij} + e_{ijk}$$

gdzie:  $x_{ijk}$  jest wartością zmiennej zależnej (obserwacją uzyskaną z eksperymentu) i oznacza  $k$ -ty pomiar dla  $i$ -tego poziomu czynnika A oraz  $j$ -tego poziomu czynnika B,

$m$  — jest średnią ogólną,

$a_i$  — jest efektem głównym  $i$ -tego poziomu czynnika A,

$b_j$  — jest efektem głównym  $j$ -tego poziomu czynnika B,

$(ab)_{ij}$  — jest efektem współdziałania (interakcji)  $i$ -tego poziomu czynnika A z  $j$ -tym poziomem czynnika B, i mówi nam, jaki wpływ jednego czynnika zależy od poziomów drugiego czynnika.

Jeżeli pozostaje on taki sam, to nie ma żadnej interakcji. W przeciwnym wypadku między dwoma czynnikami zachodzi interakcja, gdzie  $e_{ijk}$  jest losowym błędem doświadczalnym o rozkładzie normalnym ze średnią równą zeru i wariancją  $s^2$ . (Sokołowski, 2010).

## WYNIKI BADAŃ

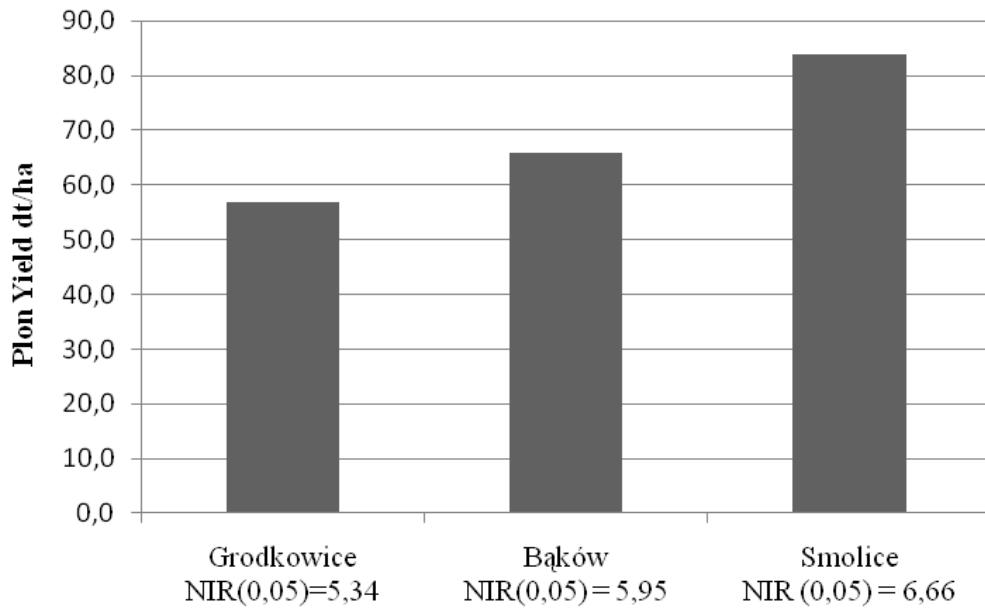
W tabeli 1 przedstawiono warunki agroklimatyczne w trzech miejscowościach: Grodkowice, Smolice i Bąków. Widoczne jest wyraźne zróżnicowanie pomiędzy miejscowościami w ilości opadów (najwyższe opady odnotowano w GRH, najniższe w SMH) oraz sumach temperatur dodatnich w okresie wegetacji (najwyższa w SMH).

Tabela 1

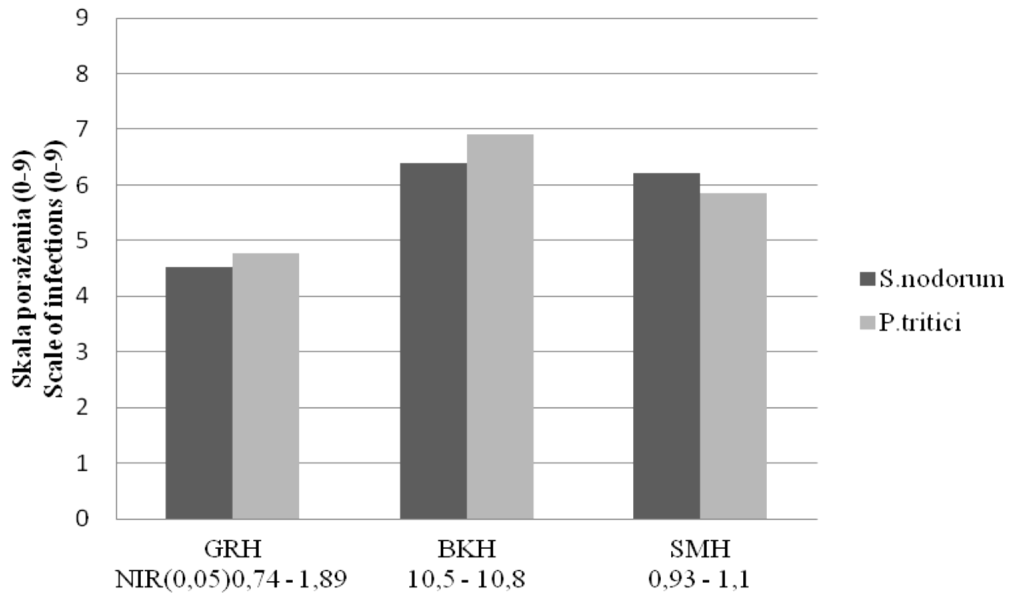
**Warunki agroklimatyczne w miejscowościach**  
**Agro-climatic circumstances in the locations**

Miejscowość Location	Typ gleby Type of soil	NPK The fertilization	Temp. stycznia January temp.	Temp. minim. Min. temperature	Temp. lipca Temperature of July	Suma temperatur Sum of temperature	Suma opadów w okresie wegetacji Precipitation in vegetable period
Bąków	3	252	-9,5	-26,5	17,7	86,1	741,6
Grodkowice	1	180	-6,5	-22,5	21,2	84,7	954,1
Smolice	2	249	-6,5	-21,6	35,3	105,4	615,5

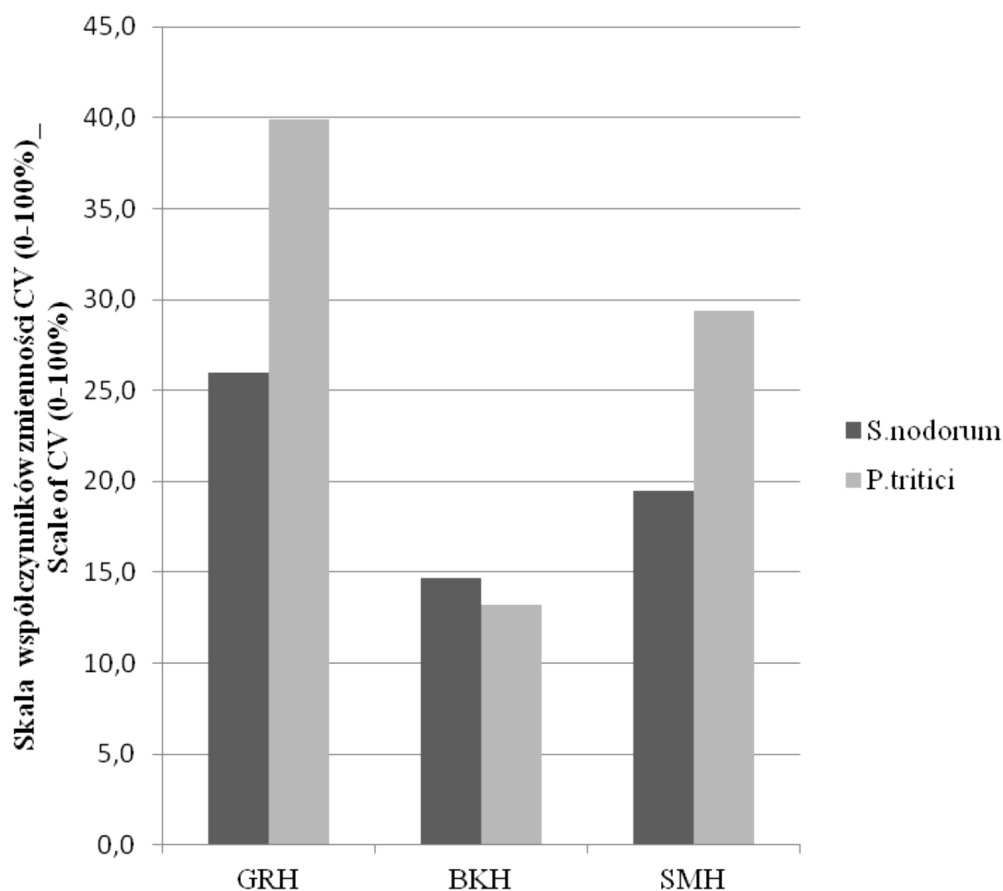
Również poziom nawożenia dostosowano do typów gleby. Badane obiekty plonowały stosownie do warunków glebowo-klimatycznych, najwyższy plon ziarna uzyskano w Smolicach (83,4 dt/ha), a najniższy w Grodkowicach (56,2 dt/ha) (rys. 1).



Rys. 1. Plon ziarna pszenicy ozimej w trzech miejscowościach  
 Fig. 1. Yield of winter wheat in three locations



Rys. 2. Średnie porażenie septorią liści i rdzą brunatną w trzech miejscowościach  
 Fig. 2. The average degree of infestation with the leaf septoria and leaf rust diseases in three locations



Rys. 3. Współczynniki zmienności genetycznej CV(%) dla septorii liści i rdzy brunatnej w trzech miejscowościach

Fig. 3. Coefficient of variability for leaf septoria and leaf rust in three locations

Podobnie duże różnice pod względem zmienności porażenia septorią liści i rdzą brunatną zaobserwowano w poszczególnych miejscowościach (rys. 2 i 3). Natomiast zbliżoną wartością w trzech miejscowościach charakteryzowały się współczynniki genetycznego uwarunkowania dla plonu oraz septorii i rdzy (rys. 4). Wskazuje to na wysoką stabilność genetyczną badanych rodów, i na to, że w odmiennych warunkach środowiska, zróżnicowanych pod względem klimatycznym i glebowym oraz sposobem uprawy uszeregowanie obiektów będzie zbliżone. Tabela 2 przedstawia średnie wartości z 3 miejscowości: plonu (dt/ha), zmienności genotypowej  $CV_g$  (%) i współczynniki genetycznego uwarunkowania  $H$ . Na podstawie wykonanych analiz statystycznych stwierdzono wysoką zmienność genetyczną stopnia odporności na rdzę  $CV_g = 35,7\%$ , mniejszą odporności na septorię  $CV_g = 32,9\%$  i najmniejszą dla plonu  $CV_g = 16,6\%$ . Współczynniki genetycznego uwarunkowania były wysokie dla septorii liści i rdzy

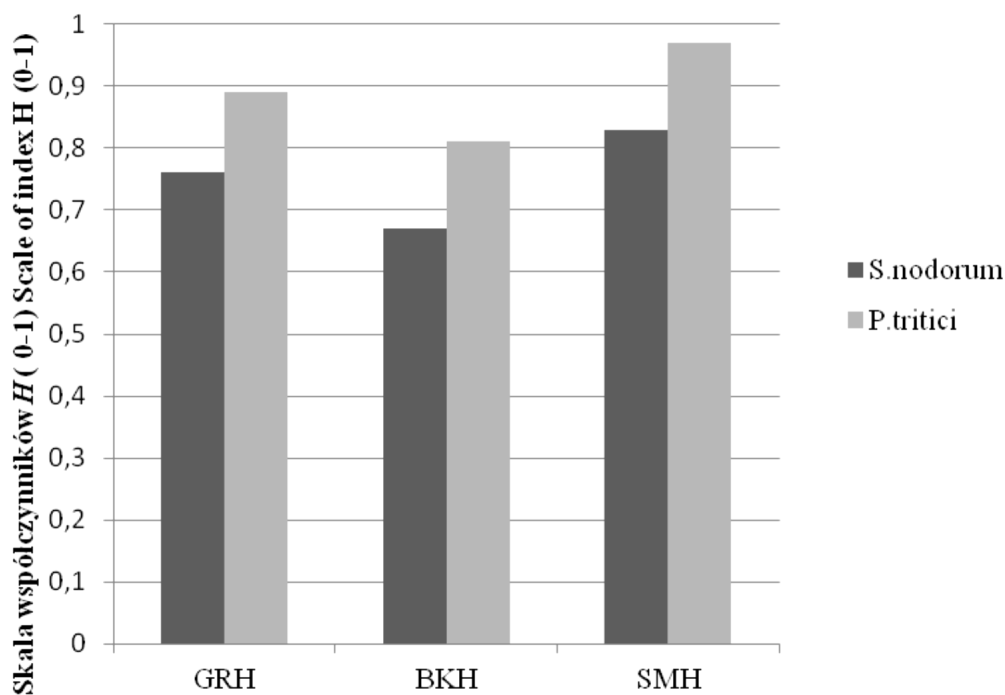
brunatnej  $H = 0,86$ , nieznacznie niższy dla plonu  $H = 0,75$ . Można by zatem wysnuć wniosek, że wpływ środowiska na wysokość plonu, stopień porażenia septorią liści i rdzą brunatną okazał się niewielki. Jednak przeprowadzona szczegółowa analiza wyników uzyskanych z trzech miejscowości pozwoliła zaobserwować duże różnice w plonach, jak i w porażeniu chorobami.

Tabela 2

Średnie wyniki oceny chorób i plonowania oraz parametry statystyczne badanych rodów pszenicy ozimej

The average of results of diseases of *Septoria nodorum*, *Puccinia triticina* and yield, and statistical parameters of investigated varieties of winter wheat

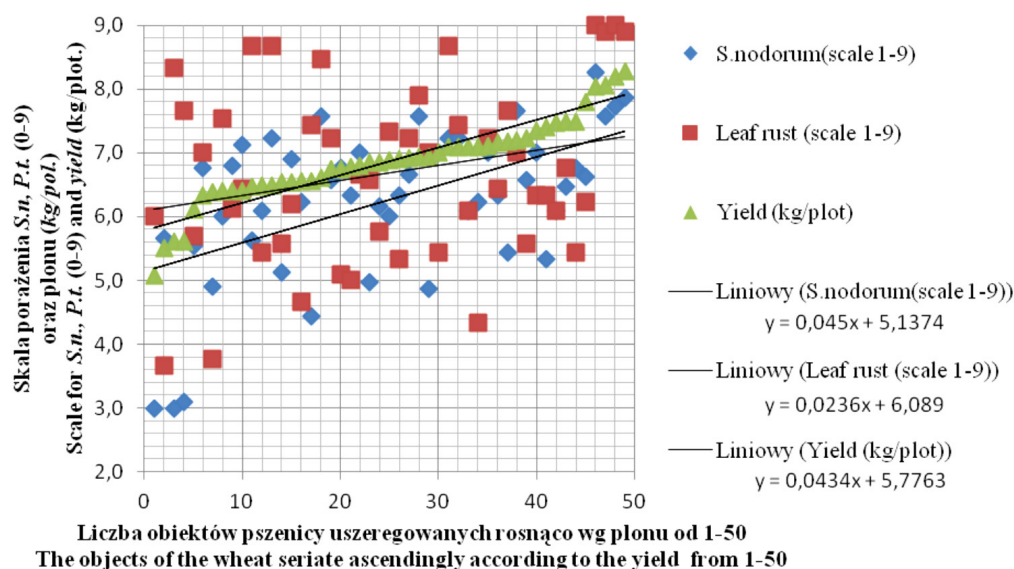
Cechy Traits	Średnia Average	CV % Coefficient of variability	H Heritability	Błąd stand. S.E. (H)
Septoria liści Septoria leaf (%)	6,26	32,93	0,8612	0,067
Rdza brunatna Leaf rust (%)	6,68	35,66	0,8579	0,067
Plon ziarna Yield (dt/ha)	72,42	16,39	,7519	0,068



Rys. 4. Współczynniki genetycznego uwarunkowania ( $H$ ) septorii liści i rdzy brunatnej w trzech miejscowościach

Fig. 4. Heritability coefficients for leaf septoria and leaf rust in three locations

Interesująca jest wzajemna relacja pomiędzy porażeniem chorobami a plonem ziarna. Przedstawiona na rys. 5 liniowa regresja pomiędzy plonem a septorią liści i rdzą brunatną wskazuje, że plon pszenicy proporcjonalnie wzrastał wraz z lepszą odpornością na omawiane choroby. Wyraźnie zbliżoną rosnącą tendencję wskazuje linia wykreślona dla zależności septorii i plonu (rys. 5).



Rys. 5. Wykres trendu liniowego między plonem pszenicy ozimej a stopniem porażenia przez *Septoria nodorum* i *Puccinia triticina*

Fig. 5. The graph of the linear trend *S. nodorum* and *P. triticina* in relation to yield of grain of wheat

Tabela 3

**Korelacje fenotypowe i genotypowe pomiędzy 3 cechami**  
**Phenotypic and genotypic coefficients of correlation between the traits**

Cechy Traits	Jedn. miary Name	1	2	3
Septoria liści Septoria leaf	(%)		0,24	0,64**
Rdza brunatna Leaf rust	„	0,30*		0,31*
Plon ziarna Yield	(dt/ha)	0,67**	0,44**	

\*, \*\* Istotne dla P = 0,05 lub P = 0,01

\*, \*\*Significant at P = 0.05 and P = 0.01

Korelacje fenotypowe (rP) powyżej diagonalnej; Phenotypic(rP) correlations of above diagonal

Korelacje genotypowe (rG) poniżej diagonalnej; Genotypical (rG) correlations of below diagonal

Spostrzeżenie to potwierdza macierz korelacji pomiędzy septorią liści i rdzą brunatną a plonem ziarna (tab. 3). Współczynniki korelacji fenotypowych i genotypowych pomiędzy



septorią liści, rdzą brunatną a plonem okazały się dodatnie i istotne. Stwierdzono wyższe współczynniki korelacji fenotypowej, jak i genotypowej pomiędzy septorią liści a plonem  $rP = 0,64^{**}$ , a  $rG = 0,67^{**}$  niż pomiędzy rdzą brunatną a plonem  $RP = 0,31^*$ ,  $rG = 0,44^{**}$  (tab. 3). Słabą korelacją charakteryzowała się współzależność pomiędzy septorią liści a rdzą brunatną  $rP = 0,24$ , co potwierdza że cechy te są niezależne od siebie (tab. 3). Na tej podstawie można przypuszczać, że podatność badanych obiektów pszenicy ozimej na obie choroby objawia się odmiennie, silniej odporne na septorię okazywały się równocześnie mniej odporne na rdzę brunatną i odwrotnie. Silne porażenie obydwoma patogenami nie występuje razem w jednym terminie, objawy pojawiają się w terminach kolejno następujących po sobie. Zjawisko to wynika stąd, że inne systemy genetyczne są odpowiedzialne za odporność na septorię liści a inne za odporność na rdzę brunatną oraz inna jest etiologia obu patogenów. Jeżeli jednak wystąpi silne porażenie badanych obiektów septorią liści a potem rdzą brunatną, to pomimo iż wpływa ono na plon niezależnie, jego szkodliwe działanie sumuje się.

Tabela 4

**Analiza wariancji oceny wpływu wybranych czynników objaśniających ich wpływ na plon  
(model liniowy)**  
**Analysis of variance for estimations of selected factors explanatory their of the influence on the yield  
(the linear model)**

Zródło zmienności Source of variance	Liczba stopni swobody DF	Suma kwadratów SS	Średnia kwadratów MS	Wart. F Test „F”	Pr > F
Model	57	265,96	4,70	24,37	<0,001
Błąd — Error	87	17,16	0,19		
Razem — Total	146	285,13			
Miejscowości Location	2	191,81	95,90	497,18	<0,001
Odmiany Cultivars	48	62,17	1,29	6,72	<0,001
Septoria liści Septoria leaf	1	1,648	1,64	8,55	0,004
Rdza brunatna Leaf rust	1	7,528	7,52	39,03	<0,001
Interakcje w tym: — Interactions in:					
Sept. liści × Rdza brunatna S. leaf × Leaf rust	1	2,35	2,35	12,19	0,0007
Septoria liści × miejscowości S. leaf × Location	2	1,19	0,59	3,10	0,0501
Rdza brunatna × miejscowości Leaf rust × Location	2	1,25	0,62	3,25	0,0436

W celu ujawnienia wpływu zespołu czynników na plon pszenicy przeprowadzono analizę wieloczynnikową (tab. 4). Uzyskane wyniki potwierdziły wcześniejsze spostrzeżenia, że na wysokość plonu ziarna pszenicy ozimej istotnie wpływały warunki klimatyczno-glebowe miejscowości (typ gleb, wysokość nawożenia, temperatura i opady), czynnik genetyczny (badane obiekty) oraz stopień porażenia septorią liści i rdzą brunatną. (tab. 4). Istotną rolę w kształtowaniu plenności wykazuje interakcja działania patogenów

septorii liści z rdzą brunatną, oznacza to, że działanie obu patogenów krzyżuje się a w efekcie sumuje negatywne skutki (tab. 4). Brak lub niska interakcja pomiędzy septorią liści i rdzą brunatną a miejscowościami oznacza, że działania tych czynników nie krzyżują się. Jeżeli jednak choroby pszenicy wywołane przez te patogeny wystąpiły, nie były one uzależnione od specyficznych warunków przyrodniczo-glebowych i klimatycznych w badanych miejscowościach. Zjawisko to oznacza, że siła odporności na choroby powodowane przez *Stagonospora nodorum* i *Puccinia triticina* badanych rodów i odmian pszenicy w większym stopniu zależała od jej właściwości genetycznych, tzn. wprowadzonych genów odporności, niż stymulującego działania czynników zewnętrznych.

#### WNIOSKI

1. Przeprowadzona analiza wyników plonowania rodów i odmian pszenicy ozimej wykazała, iż istotną rolę w kształtowaniu jego wysokości odgrywa zróżnicowane pod względem glebowym i przyrodniczym środowisko, właściwości genetyczne oraz współdziałania zachodzące pomiędzy tymi czynnikami. Stwierdzono istotny wpływ miejscowości, genotypów, porażenia septorią liści i rdzą brunatną na plon ziarna pszenicy ozimej. Nie bez znaczenia pozostaje również interakcja pomiędzy septorią liści i rdzą brunatną, która, pomimo niezależnego wpływu badanych czynników chorobotwórczych, powoduje sumujące się skutki ich działania.
2. Spośród czynników będących przedmiotem badań stwierdzono większą proporcjonalną zależność plonowania ziarna ocenianych obiektów pszenicy ozimej od poziomu ich odporności na septorię liści.
3. Wzrastający wpływ chorób na plon ziarna pszenicy ozimej, a zwłaszcza septorii liści, powinien mobilizować hodowców do poprawy odporności selekcyonowanych materiałów hodowlanych pszenicy.

#### LITERATURA

- Arseniuk A., Ziemichód M., Żołudziejewicz Ł. 2009. Wykorzystanie linii DH pszenicy i pszenżyta w podnoszeniu odporności na *Stagonospora nodorum*. Streszczenia prac. Konferencja Nauka dla Hodowli Roślin Uprawnych. Zakopane 2009: 198.
- Chełkowski J., Stępień Ł., Strzembicka A. 2005. Ocena podatności pszenicy ozimej na rdzę brunatną oraz poszukiwanie źródeł odporności Acta Agrobotanica Vol. 58, z. 1: 143 — 152.
- Czajowski G., Strzembicka A., Karska K. 2011. Wirulencja populacji *Puccinia triticina* sprawcy rdzy brunatnej pszenicy i pszenżyta. Konferencja Nauka dla Hodowli i Nasiennictwa Roślin Uprawnych. Streszczenia prac. Konferencja Nauka dla Hodowli i Nasiennictwa Roślin Uprawnych. Zakopane 2011: 161.
- Czembor P. Cz., Radecka M., Arseniuk E. 2007. Mapowanie molekularne odporności na septoriozę paskowaną liści (*Mycosphaerella graminicola*) w odmianie pszenicy ozimej Liwilla. Streszczenia prac. Konferencja Nauka dla Hodowli Roślin Uprawnych. Zakopane 2007: 139.
- Drzazga T., Krajewski P. 2006. Analiza zależności plonu od wybranych cech użytkowych na podstawie doświadczeń hodowlanych z pszenicą ozimą. Biul. IHAR 240/241: 5 — 11.
- Frątczak E., Pęczkowski M., Sienkiewicz K., Skaskiewicz K. 2005. Statystyka od podstaw z systemem SAS. Szkoła Główna Handlowa w Warszawie, Analiza wariancji: 125 — 146.
- Górny A., Kubicka H., Nawracała J. 2004. Zarys Genetyki Zbóż. Tom 1. Jęczmień, pszenica i żyto: 268 — 273.
- Jaczewska-Kalicka A. 2009. Zmienność nasilenia rozwoju chorób grzybowych pszenicy ozimej w latach 2001–2005. Postępy w Ochronie Roślin 46 (1): 453 — 460.

- King J. E. 1983. A review of *Septoria* diseases of wheat and barley. *Ann. Appl. Biol.* 103: 345 — 373.
- Nieróbca A., Horoszkiewicz-Janka J. 2006. Wpływ warunków pogodowych na występowanie grzybów patogenicznych w uprawie pszenicy ozimej. *Postępy w Ochronie Roślin*, 46 (2): 576 — 579.
- Sejbuk K., Czembor P. Cz. 2011. Wprowadzanie genów odporności *Lr46-Yr29* na rdzę brunatną i żółtą do pszenicy jarej Raweta z użyciem markerów molekularnych. Konferencja Nauka dla Hodowli i Nasiennictwa Roślin Uprawnych. Zakopane 2011: 158.
- Sokołowski A. 2010. Estymacja i testowanie hipotez. *Statistica w badaniach naukowych i nauczaniu statystyki*. Kraków. StatSoft: 25 — 60.
- Strzembicka A, Czajowski G. 2009. Wirulencja populacji rdzy brunatnej *Puccinia triticina* w Polsce. Streszczenia prac. Konferencja Nauka dla Hodowli Roślin Uprawnych. Zakopane 2009. Zakopane 2009: 191.
- Walczewski J., Arseniuk E. 2011. Wykorzystanie techniki podwojonych haploidów do podniesienia odporności pszenicy ozimej na *Stagonospora nodorum*. Konferencja Nauka dla Hodowli i Nasiennictwa Roślin Uprawnych. Zakopane 2011: 140.
- Weber R., Zalewski D. 2009. Zmienność porażenia liści odmian pszenicy ozimej na dolnym Śląsku przez grzyby z rodzaju *septaria*. *Postępy w Ochronie Roślin*, 49 (1) 2009: 296 — 300.
- Wójtowicz A., Wójtowicz M. 2009. Matematyczne modelowanie zagrożenia roślin przez *Puccinia recondita* ROB. Ex DESM. f sp. *tritici*. *Postępy Nauk Rolniczych* nr 5/6: 69 — 75.
- Ziemichód M., Arseniuk E. 2011. Występowanie nekrotroficznych patogenów zbóż (*Stagonospora* spp., *Septoria tritici*) w różnych rejonach geograficznych kraju oraz zmienność ich patogeniczności . 2011. Konferencja Nauka dla Hodowli i Nasiennictwa Roślin Uprawnych. Streszczenia prac. Zakopane 2011: 16.