

WANDA KOCIUBA

Instytut Genetyki i Hodowli Roślin Akademia Rolnicza, Lublin

Ocena średnich i stabilności cech plonotwórczych w kolekcji genotypów pszenżyta ozimego (*X Triticosecale* Wittmack)

Estimation of average values and stability parameters for yielding features in collection of winter triticale (*X Triticosecale* Wittmack) genotypes

Materiał badawczy stanowiła populacja 565 odmian i rodów pszenżyta ozimego badanych w latach 1982–1990, w 4-letnim cyklu jednopowtórzeniowych doświadczeń polowych. Oszacowano parametry stabilności dla takich cech jak: wysokość roślin, liczba i masa ziarn z kłosa, masa 1000 ziarn oraz ogólna zawartość białka w ziarnie, według metodyki opracowanej przez Eberharta i Russela (1966). Każdy genotyp w przedstawionych badaniach oceniany był na podstawie średniej wartości cechy, współczynnika regresji (b_i) i średniego kwadratu odchył od regresji (S^2d_i). Reakcję genotypów w latach interpretowano poprzez regresję liniową analizowanych obiektów względem efektów środowiska, co przedstawiono w układzie współrzędnych określających średnie wartości genotypów (y_{ij}) i ich współczynniki regresji (b_i). Zastosowana analiza regresji pozwala na wybór genotypów, u których średnia wartość danej cechy w latach jest wysoka, zaś wartość tej cechy jest mało zmienna w latach uprawy. Badana populacja pszenżyta ozimego charakteryzuje się dużą różnorodnością genotypów, tak co do średnich wartości badanych cech, jak i reakcji na zmieniające się warunki pogodowe w latach. Cenne są zatem genotypy o wysokim i stabilnym poziomie ważnych cech plonotwórczych jak: masa ziarn z kłosa, MTZ czy zawartość białka w ziarnie. Mogą zatem stanowić cenny materiał wyjściowy dla hodowli odmian o wiernym plonie i dobrej jego jakości.

Słowa kluczowe: cechy plonotwórcze, pszenżyto ozime, stabilność, zmienność

The examined material consisted of a population of 565 varieties and strains of winter triticale analysed over the years 1982–1990 in a four-year-cycle of one-replicated field experiments. Stability parameters were established for the following features: plant height, number and weight of grain per spike, 1000 grain weight and total protein content in grain, in accordance with the methodology prepared by Eberhart and Russel (1966). Each genotype in the presented study was assessed on the basis of the average value of the feature, the regression coefficient (b_i), and the mean-square of deviation from regression (S^2d_i). The reaction of the genotypes over the years was interpreted by means of the linear regression of the analysed objects in relation to the environmental effects; it has been presented in the system of coordinates referring to the mean values of the genotypes (y_{ij}) and their regression coefficients (b_i). The applied analysis of regression enables the choice of genotypes in which the average value in years is high for a particular feature and does not change much in cultivation years. The examined population of winter triticale has been characterised by a great variety of genotypes, both in relation to the analysed features and to the reaction to changing weather conditions over the years of

study. The genotypes with a high and stable level of important features such as weight of grain per spike, weight of 1000 grains or protein content in grain prove to be valuable. Therefore they can become a precious starting material for breeding of varieties characterized by steady yield and good quality.

Key words: yielding features, winter triticale, stability, variability

WSTĘP

Hodowcy zainteresowani są poszukiwaniem genotypów stabilnych o szerokim zakresie możliwości adaptacyjnych, zwłaszcza dotyczących plonu i jego jakości. Stąd pożądane jest, aby ocena genotypu była wszechstronna, a więc powinna ujmować zarówno średni potencjał plonotwórczy, jak i stabilność cech plonotwórczych. W badaniach tego rodzaju szerokie zastosowanie znalazła metoda wykorzystująca regresję wartości fenotypowych cech poszczególnych genotypów względem indeksu środowiskowego. Za indeks środowiskowy przyjmuje się średnią obserwacji cechy ze wszystkich obiektów czyli średnie środowiskowe lub jej odchylenie od średniej ogólnej obliczonej dla danego eksperymentu (Finlay i Wilkinson, 1963; Allard i Bradshaw, 1964; Eberhard i Russell, 1966; Jowett, 1972; Dawidowski i in., 1983; Simmonds, 1987; Becker i Leon, 1988; Węgrzyn, 1989).

Celem pracy była ocena średniej wartości cech plonotwórczych oraz reakcja ich na zmieniające się warunki środowiskowe, w tym opracowaniu zmienne warunki pogodowe w latach.

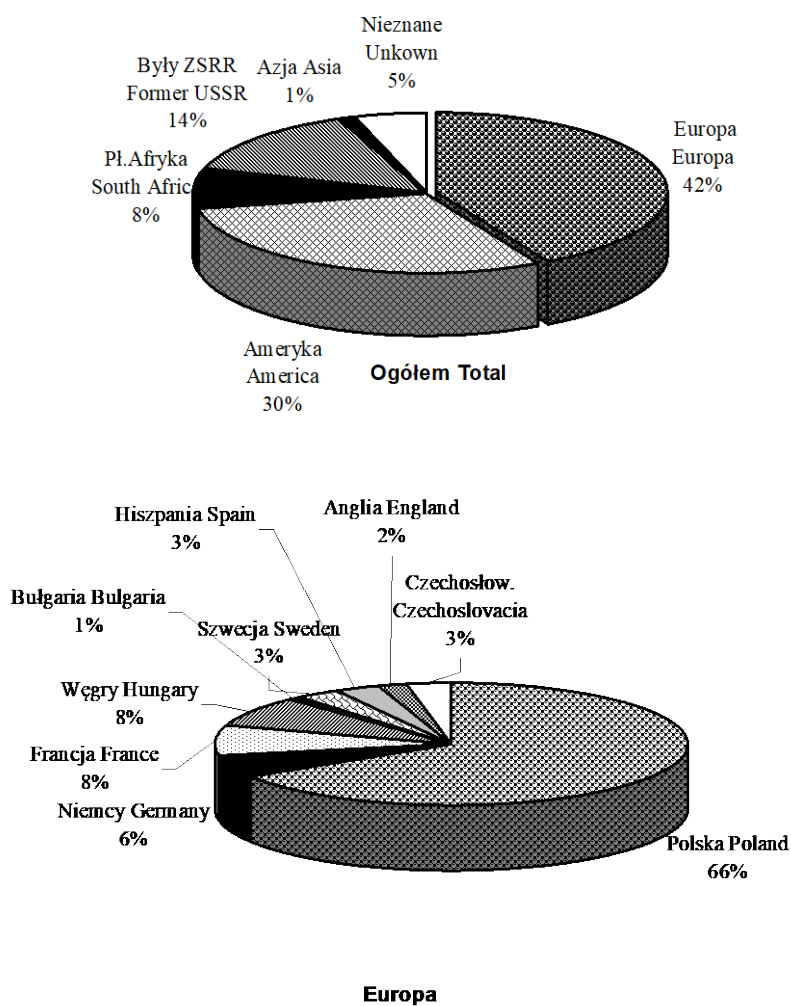
MATERIAŁ I METODY

Materiał badawczy stanowiły odmiany i rody hodowlane heksaploidalnego pszenżyta ozimego (*X Triticosecale* Wittmack) pochodzące z różnych rejonów geograficznych świata (rys. 1)

Analizowane genotypy pszenżyta ozimego pochodziły z krajowych i zagranicznych ośrodków hodowli pszenżyta, jak również ze światowych banków genów, otrzymane drogą wymiany międzynarodowej. Ze względu na szeroko rozwinięte prace hodowlane nad pszenżytem w Polsce, znaczny udział badanych genotypów heksaploidalnego pszenżyta ozimego stanowiły materiały krajowe (26,5% ogółem, a w odniesieniu do krajów europejskich 66%, (rys. 1). Ogółem badano 565 obiektów w latach 1982–1990, co przedstawiono w tabeli 1 podając liczebność badanych form w 4-letnim cyklu badań.

Tabela 1

Liczba badanych genotypów w latach Number of the examined genotypes in the years			
Lata badań Years	Liczba genotypów Number of genotypes	Lata badań Years	Liczba genotypów Number of genotypes
1982–1985	40	1985–1988	42
1983–1986	279	1986–1989	12
1984–1987	132	1987–1990	60
Ogółem Total			565



Rys. 1. Procentowy udział badanych genotypów w zależności od pochodzenia geograficznego
Fig. 1. Percentage of the examined genotypes depending on the geographic origin

Wszystkie analizowane obiekty pszenżyta ozimego wysiewane były w jednopowtórzeniowych doświadczeniach polowych, zakładanych na glebie brunatnej o podłożu lessowym, w Rolniczym Zakładzie Doświadczalnym w Czesławicach k/Nałęczowa, woj. lubelskie. Badane formy wysiewano na poletkach o powierzchni 2 m², na których stosowano siew ręczny, przy rozstawie rzędów 20 cm i odległości roślin w rzędzie 1,5 do

2 cm. Na każdym poletku wysiewano po 625 ziarn. Ziarno do wysiewu pochodziło z własnej reprodukcji uzyskanej w wyniku izolowania roślin, ze względu na częściową obcopylność pszenżyta. Do pomiarów biometrycznych przeznaczono rośliny w stadium dojrzałości pełnej. Corocznie wybierano po 20 roślin ze środkowych rzędów poletka, typowych dla każdego obiektu. Ujmując sumarycznie, w czteroletnim cyklu badań dokonano pomiarów 80 roślin dla każdego genotypu. Przedstawione wyniki dotyczą pomiarów ważniejszych cech plonotwórczych jak: wysokość roślin, liczba i masa ziarn z kłosa głównego, MTZ oraz dodatkowo podano zawartość białka w ziarnie.

Wstępne opracowanie statystyczne przeprowadzono za pomocą analizy wariancji dla poszczególnych cech na podstawie modelu losowego dla dwukierunkowej klasyfikacji (lata $\times$ genotypy). W odniesieniu do wszystkich cech stwierdzono istotne zróżnicowanie badanego materiału przy $\alpha = 0,05$. Oszacowano parametry stabilności według metodyki opracowanej przez Eberharta i Russela (1966), a także wcześniejszego opracowania Finlaya i Wilkinsona (1963). Przyjęto następujący model Eberharta i Russela:

$$Y_{ij} = \mu_i + b_i I_j + \delta_{ij}$$

gdzie:

Y_{ij} — jest średnią i -tego genotypu w j -tym środowisku

($i = 1, 2, \dots, v$; $j = 1, 2, \dots, n$)

μ_i — jest średnią i -tego genotypu ze wszystkich środowisk

b_i — współczynnik regresji, który mierzy reakcję cechy i -tego genotypu na zróżnicowane warunki środowiska

δ_{ij} — odchylenie od regresji i -tego genotypu w j -tym środowisku

I_j — indeks środowiskowy, czyli różnica między średnią wszystkich genotypów w j -tym środowisku, a ogólną średnią dla całego eksperymentu.

Pod pojęciem „środowisko” przyjęto w niniejszym opracowaniu lata badań, traktując je jako zróżnicowane układy warunków pogodowych. Reakcję genotypów w latach interpretowano za pomocą regresji liniowej analizowanych obiektów względem efektów środowiska, co przedstawiono na rysunkach w układzie współrzędnych określających średnie wartości genotypów (y_{ij}) i ich współczynniki regresji (b_i). Wartość współczynników regresji powinna rozkładać się wokół średniej $b = 1$. Odmiana o stabilnym poziomie określonej cechy, w małym stopniu reagująca na czynniki środowiska ma nachylenie linii regresji łagodne ($b < 1$), a silnie reagująca, niestabilna ma nachylenie linii regresji strome ($b > 1$).

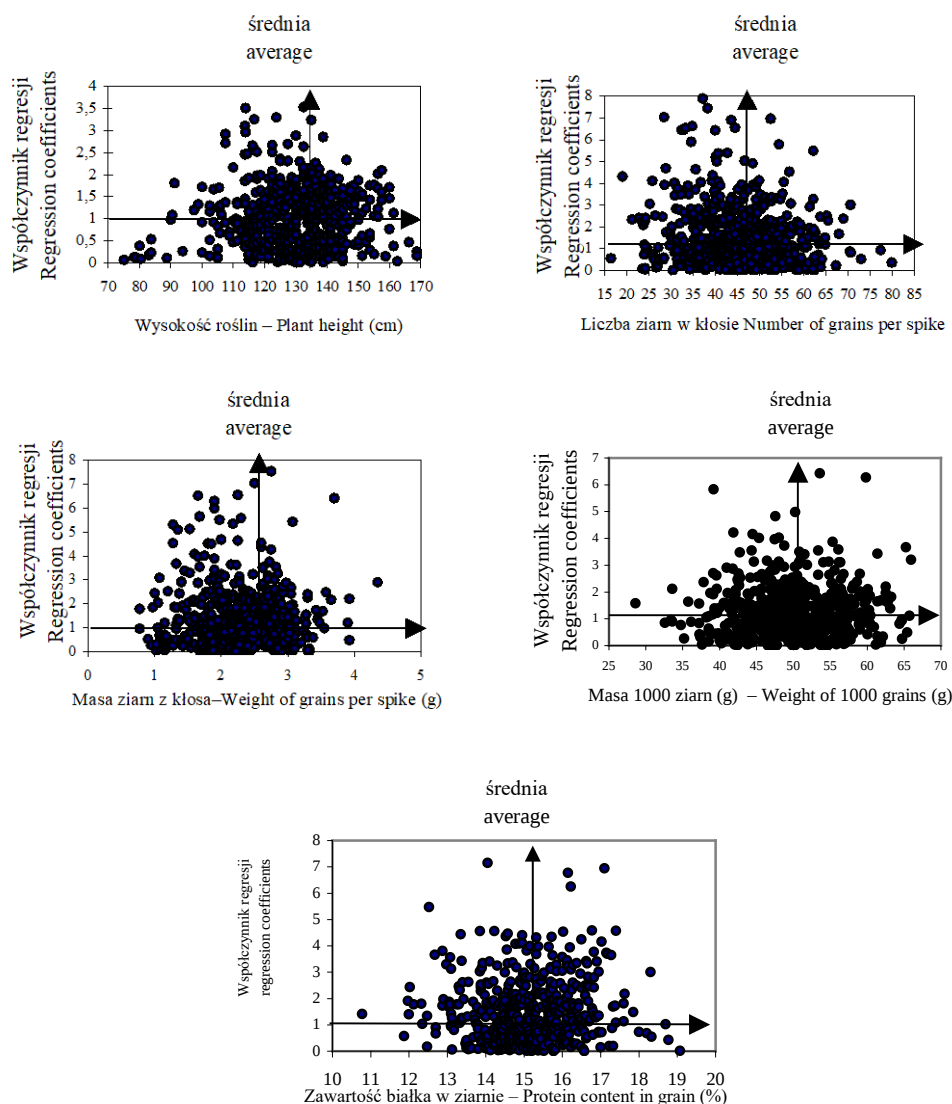
Eberhart i Russell (1966) wprowadzili ponadto drugi parametr stabilności, a mianowicie średni kwadrat odchyleń od regresji ($S^2 d_{ij}$). Każdy genotyp w przedstawionym opracowaniu oceniany był zatem, na podstawie średniej wartości cechy, współczynnika regresji (b_i) i średniego kwadratu odchyleń od regresji ($S^2 d_i$).

WYNIKI I DYSKUSJA

W badaniach własnych stwierdzono istotny wpływ lat i interakcji genotyp $\times$ lata na poziom badanych cech pszenżyta ozimego. Głównym czynnikiem różnicującym środo-

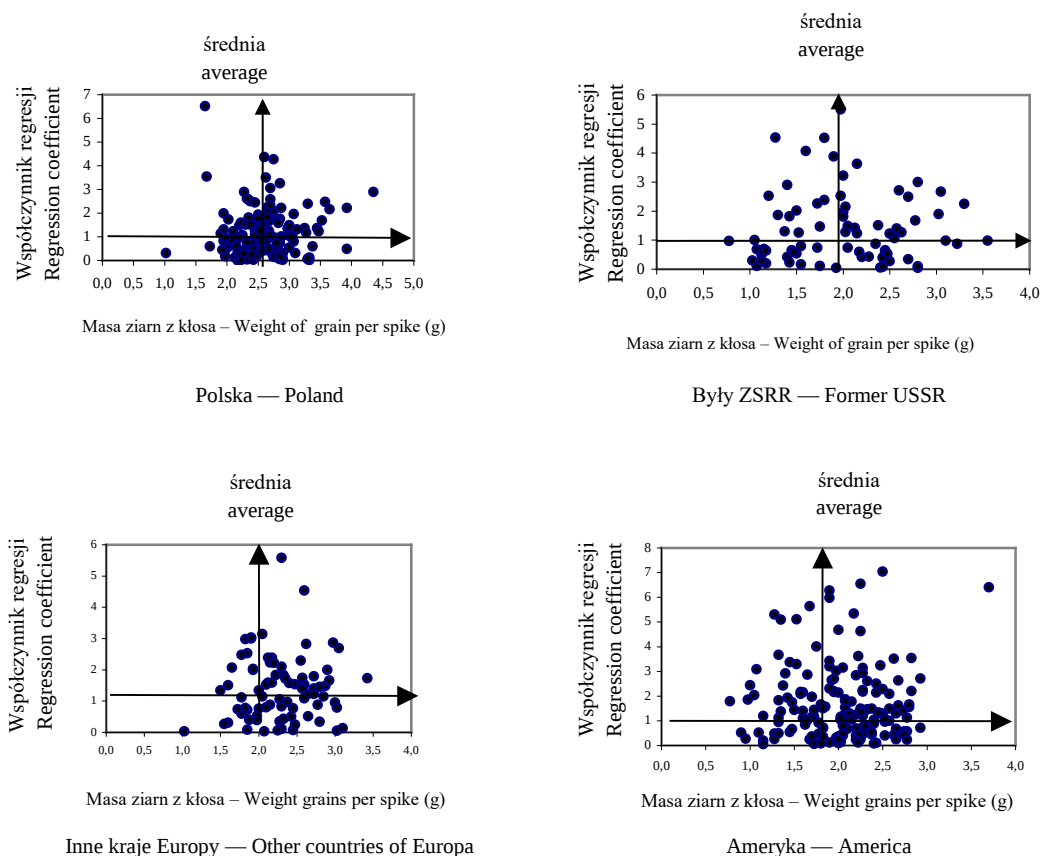
wisko w prezentowanej pracy były warunki atmosferyczne w poszczególnych latach badań.

Na rysunku 2 przedstawiono rozkłady genotypów w zależności od współczynnika regresji i średnich wartości badanych cech.



Rys. 2. Rozkład 565 genotypów pszenżyta ozimego w zależności od średniej i współczynnika regresji dla wysokości roślin, liczby i masy ziarn z kłosa, masy 1000 ziarn oraz zawartości białka w ziarnie
Fig. 2. Distribution of 565 triticale genotypes depending on mean and regression coefficient for plant height, number and weight of grains per spike, weight of 1000 grains and protein content in grain

Linie poziomą wyznaczono dla współczynnika regresji $b_i = 1,0$, zaś linię pionową wyprowadzono dla średniej ogólnej obliczonej dla badanej populacji pszenżyta ozimego. Z hodowlanego punktu widzenia najbardziej interesujące są genotypy, dla których średnie wartości badanych cech są wysokie np. dla liczby i masy ziarn z kłosa, czy masy 1000 ziarn oraz zawartości białka w ziarnie, czyli powyżej średniej ogólnej dla całej badanej populacji, natomiast wartość współczynnika regresji powinna być poniżej 1,0.

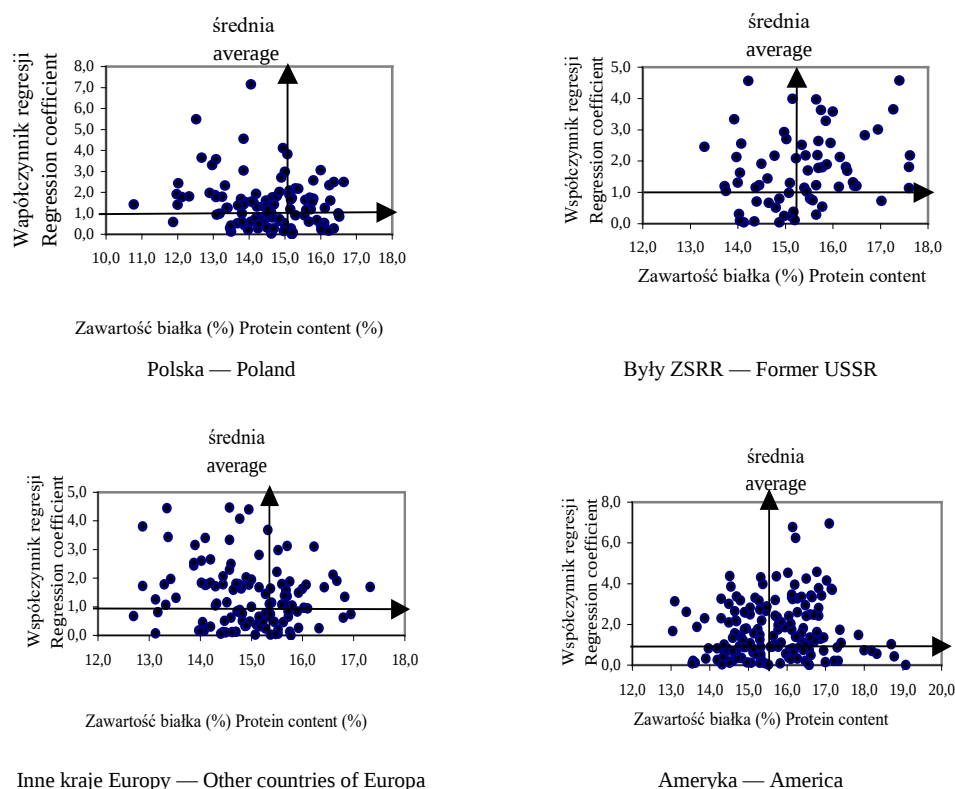


Rys. 3. Rozkład badanych genotypów pszenżyta ozimego o różnym pochodzeniu w zależności od średniej i współczynnika regresji dla masy ziarn z kłosa
Fig. 3. Distribution of the examined genotypes of winter triticale with different origin depending on average and regression coefficient for weight of grain per spike

Wartość współczynnika regresji poniżej 1,0 wskazuje na stabilność danego genotypu, czyli w tym przypadku genotyp ma wartość danej cechy podobną w dobrych i gorszych środowiskach. Wartość współczynnika regresji wyraźnie większa od jedności oznacza, że genotyp taki bardziej reaguje na „środowisko”.

W badanej populacji odmian pszenżyta ozimego, jak widać z przedstawionych rozkładów występują genotypy, które odznaczają się odpowiednio wysokimi lub niskimi średnimi wartościami każdej analizowanej cechy oraz relatywnie małymi lub dużymi współczynnikami regresji (b_i). Z uwagi na to, iż badania kolekcyjne prowadzone są w określonych warunkach środowiska (lata badań) interesujące będą takie odmiany, które niezależnie od warunków pogody będą miały zawsze wysoki i stabilny poziom określonej cechy plonotwórczej.

Na rysunku 3 przedstawiono rozkład masy ziarn z kłosa w zależności od średniej i współczynnika regresji dla genotypów z ważniejszych rejonów pochodzenia analizowanych obiektów pszenżyta. Większość rodów i odmian krajowych ma wartość masy ziarn z kłosa powyżej średniej i współczynnik regresji poniżej 1,0.



Rys. 4. Rozkład badanych genotypów pszenżyta ozimego o różnym pochodzeniu w zależności od średniej i współczynnika regresji dla zawartości białka w ziarnie
Fig. 4. Distribution of the examined genotypes of winter triticale of different origin depending on average and regression coefficient for protein content in grain

Mniej korzystny rozkład tych parametrów jest dla obiektów pochodzących z byłego terenu ZSSR. Znaczna część genotypów pochodzących z Ameryki wykazuje w naszych

warunkach mniejszą stabilność pod względem masy ziarn kłosa (rys. 3), zaś pod względem zawartości białka w ziarnie większość z nich ma wartości powyżej średniej i współczynnik regresji poniżej 1,0 (rys. 4) Warto nadmienić, iż przydatność dla rolnictwa odmian stabilnych jest w literaturze dyskutowana. Odmiana stabilna nie reaguje, bądź w małym stopniu reaguje na zmiany warunków środowiska, biorąc pod uwagę plon oznaczałoby to, że taka odmiana plonuje na zbliżonym poziomie niezależnie czy warunki środowiska są dobre, czy gorsze. Przy testowaniu odmian o wysokim potencjale plonotwórczym, zwłaszcza do rejonów o wysokim poziomie agrotechniki, najbardziej interesujące byłyby odmiany reagujące zwiększonym poziomem plonowania na lepsze „środowiska” np. podwyższenie dawki nawożenia, nawadnianie itp., a więc odmiany labilne (Pietrzykowski i in., 1996; Finlay i Wilkinson, 1963; Jowett, 1972; Hill, 1975; Josephides, 1993). Natomiast w przypadku badań kolekcyjnych zawsze będą interesujące genotypy o wysokim i stabilnym poziomie przydatnej dla hodowcy cechy, o czym wspomniano wcześniej.

W tabeli 2 podano przykładowo obiekty stabilne i niestabilne, czyli o niskich i wysokich parametrach stabilności dla masy ziarn z kłosa. Wybrane obiekty mają średnią tej cechy powyżej średniej ogólnej, genotypy stabilne szeroko adaptujące się w warunkach naszego kraju. Natomiast genotypy niestabilne w dużym stopniu i nieregularnie reagują na zmianę czynników pogodowych, pomimo wysokiej masy ziarn z kłosa. Dwa różne aspekty stabilności wyrażone przez współczynnik regresji b_i i średni kwadrat odchyłeń od regresji nie są ze sobą skorelowane (Becker, 1981; Pietrzykowski i in., 1996). Oznacza to, że genotyp o określonej przeciętnej stabilności mierzonej za pomocą współczynnika regresji b_i może być przewidywany w reakcji na środowisko ($S^2d_i \approx 0$), oraz ta reakcja może być nieprzewidywalna ($S^2d_i > 0$). Tę zależność można odnieść również do przykładów przedstawionych w tabeli 2.

Tabela 2

Wybrane przykładowo genotypy o wysokich i niskich parametrach stabilności dla masy ziarn z kłosa
Examples of genotypes with high and low parameters of stability for weight of grain per spike

Ród Strain	Kraj pochodzenia Origin	Masa ziarn z kłosa (g) w kolejnych latach badań Weight of grain per spike in years				Średnia dla odmiany Average for cultivar	Średnia dla populacji Average for population	bi	S ² di
		I	II	III	IV				
		stabilne stable							
VIR 49936	UKR	2,6	2,6	2,7	2,9	2,7	2,56	0,337	0,087
CZR-516	POL	2,8	2,8	2,9	2,9	2,85	2,56	0,088	0,087
MAH 7226/855	POL	2,8	2,8	3	3	2,9	2,7	0,027	0,040
0-1-1-5 (T504xT847)	FRA	2,9	2,9	2,8	2,6	2,8	2,56	0,337	0,087
niestabilne unstable									
CZR-151	POL	3,1	3,5	4,8	6	4,3	2,56	2,898	1,184
6221 M51M	ZAF	4,1	2,2	2,2	3,9	3,1	2,1	1,662	3,803
UC-108	USA	5	1,2	1,4	1,3	2,2	2,1	3,613	6,593
A-617	CAN	0,7	5	2,6	0,7	2,25	2,1	6,544	6,268

Przykładem niestabilności dla poziomu masy ziarn z kłosa może być krajowy ród CZR-151, który mimo bardzo wysokiej średniej (4,3 g), znacznie przewyższającej średnią dla populacji (2,56 g), miał prawie dwukrotnie większe wartości tej cechy w kolejnych latach badań (wahania od 3,1 g do 6,0 g). Stąd obliczony współczynnik regresji ($b_i = 2,898$) i średni kwadrat odchyłeń od regresji ($S^2d_i = 1,184$) są wysokie dla tego rodu. Znacznie większe różnice w poziomie masy ziarn z kłosa w kolejnych latach badań odnotowano dla kanadyjskiego rodu A-617. Średnia wartość masy ziarn z kłosa wahała się od 0,7g do 5,0 g w zależności od roku, toteż współczynnik regresji ($b_i = 6,544$) jest wysoki jak i średni kwadrat odchyłeń od regresji ($S^2d_i = 6,268$). Wartość masy ziarn z kłosa dla rodów, podanych w tabeli 2 jako stabilne, jest mało zróżnicowana w latach badań. Stąd niskie wartości i współczynników regresji i średniego kwadratu odchyłeń od regresji. Podane tu przykłady świadczą również o tym, że dysponowanie jedynie średnią wartością cechy jest niewystarczające przy wyborze materiału wyjściowego do lokalnych programów hodowlanych. Analiza regresji może w takich przypadkach dostarczyć dodatkowych kryteriów oceny, ułatwiających opis i klasyfikację zmienności genetycznej pod względem reakcji na warunki środowiska w latach, która może być wykorzystana do oceny materiału hodowlanego na różnych etapach hodowli. W pracach dotyczących analizy interakcji genotypowo-środowiskowej podkreśla się istotną wysoką interakcję genotypów z latami, znacznie przewyższającą wariancję genotypów z miejscowościami (Feyerherm i in., 1984; Simmonds, 1987; Celiński i in., 1988; Drozd, 1990; Szwed-Urbaś, 1993; Fox, i in., 1990; Kent, 1990; Mohamed i in., 1990; Pfeiffer i in., 1990; Royo i in., 1990; Riede i in., 1990; Boujenna i in., 1998; Kore i Ayiecho, 1998).

WNIOSKI

1. Zastosowana analiza regresji łącznej ułatwia wybór genotypów, u których wartość danej cechy jest mało zmienna w latach uprawy. Badana populacja pszenżyta ozimego charakteryzuje się dużą różnorodnością genotypów co do wartości badanych cech jak i reakcji na zmieniające się warunki pogodowe w latach.
2. Krajowe rody i odmiany pszenżyta charakteryzują się na ogół wyższym poziomem cech plonotwórczych w porównaniu do odmian pochodzących z innych rejonów świata. Jednak w każdej grupie pochodzeniowej można znaleźć genotypy przydatne do krajowego programu hodowli, a zwłaszcza w celu poprawienia cech jakościowych ziarna.
3. Biorąc jednak pod uwagę dużą zmienność badanych cech rolniczych oraz występujące interakcje genotypu ze środowiskiem, wskazana jest zatem ocena materiałów wyjściowych w warunkach klimatycznych, w których hodowla ma być prowadzona.

LITERATURA

- Allard R. W., Bredshaw A. D. 1964. Implication of Genotype-Environmental Interactions in Applied Plant Breeding. *Crop Science*, 4, 5: 503 — 508.
- Becker H. C., Leon J. 1988. Stability analysis in plant breeding. *Plant Breeding*, 101: 1 — 23.

- Boujenna A., Ramos J. M., Yanez J. A., Garcia del Moral L. F. 1998. Ear formation in Triticale in relation to genotype and environment. *Proceedings 4th International Triticale Symp.*, Canada: 296 — 299.
- Caliński T., Czajka S. T., Kaczmarek Z. 1988. Analiza wyników serii doświadczeń z odmianami pszenicy ozimej wykonywanych w Polsce w latach 1982–1985. *Biuletyn Oceny Odmian*, 20: 63 — 90.
- Dawidowski J., Dmochowski K., Pilarczyk W. 1983. Metody statystyczne w ocenie odmian roślin uprawnych. *Praktyka i postulaty zmian*. *Biuletyn Oceny Odmian*, X, 1 (15): 5 — 27.
- Drozd D. 1990. Dziedziczenie niektórych cech użytkowych pszenicy jarej ze szczególnym uwzględnieniem interakcji genotypowo-środowiskowej. *Zesz. Nauk. AR Wrocław, Rozprawy Nr 79*.
- Eberhard S. A., Russell W. A. 1966. Stability Parameters for Comparing Varieties. *Crop Science*, 6: 36 — 40.
- Feyerherm A. M., Pauslen G. M., Sebaugh J. L. 1984. Contribution of Genetic Improvement to Recent Wheat Yield Increases in the U.S. *Agron. J.* 3: 29.
- Finlay K. W., Wilkinson G. N. 1963. The analysis of adaptation in Plant Breeding Programme. *Austr. J. Agric. Res.*, 14: 742 — 754.
- Fox P. N., Skovmand B., Thompson B. K., Braun H. J., Cormier R. 1990. Yield and adaptation of hexaploid spring triticale. *Euphytica*, 47: 57 — 64.
- Hill J.: 1975. Genotype-environment interactions — a challenge for plant breeding. *J. Agric. Sci. Camb.*, 85: 477 — 493.
- Josephides C. M. 1993. Analysis of adaptation of barley, triticale, durum and bread wheat under Mediterranean conditions. *Euphytica*, 65: 1 — 8.
- Jowett D. 1972. Yield Stability Parameters for Sorghum in East Africa. *Crop Science*, 12, 3: 314 — 317.
- Kent M. Eskridge. 1990. Selection of stable cultivars using a safety first rule. *Crop Sci.* 30: 369 — 374.
- Kore W. A. O., Ayiecho P. O. 1998. Stability of yield and yield components in Triticale. *Proceedings 4th Int. Triticale Symp.*, Canada, 2: 134 — 136.
- Mohamed Ch., Taliaferro C. M., Mc New R. W. 1990. Genotype — Environment Interaction of Bermudagrass Forage Yields. *Crop Science*, 30: 49 — 53.
- Pfeiffer W. H., Fox P. N. 1990. Adaptation of triticale. *Proceedings of the Second Inter. Triticale Symp.*, Brazil: 126 — 135.
- Pietrzykowski R., Mądry W., Warzecha R. 1996. Analiza stabilności i przystosowania genotypów do środowisk na podstawie serii doświadczeń wielokrotnych z kukurydzą. *Biul. IHAR*, 200: 33 — 39.
- Riede C. R., Campos L. A. C., Fonseca N. S. 1990. Phenotypic yield stability of triticale and wheat in the State of Parana, Brazil. *Proceedings of the Second Int. Triticale Symp.*, Brazil: 79 — 83.
- Royo C., Romagosa, Rodriguez A. 1990. Comparative adaptation of triticale and spring wheat in Spain. *Proceedings of the Second Inter. Triticale Symp.*, Brazil: 593 — 597.
- Simmonds N. W.: 1987. *Podstawy hodowli roślin*. PWRiL, Warszawa.
- Szwed-Urbaś K. 1993. Zmienności ważniejszych cech użytkowych jarej pszenicy twardej z uwzględnieniem interakcji genotypowo-środowiskowej. *Rozprawa habilitacyjna*. Wyd. AR Lublin.
- Węgrzyn S. 1989. Wyznaczanie wartości cech mierzalnych w warunkach interakcji genotypowo-środowiskowej. *Zesz. Probl. PNR*, 382: 51 — 60.