

ANALIZA STABILNOŚCI PŁONOWANIA WYBRANYCH ODMIAN ZIEMNIAKA (*SOLANUM TUBEROSUM* L.) NA GLEBIE LEKKIEJ

JOANNA JANKOWSKA¹, MILENA PIETRASZKO, BARBARA LUTOMIRSKA

*Zakład Agronomii Ziemiaka, Instytut Hodowli i Aklimatyzacji Roślin – Państwowy Instytut Badawczy,
ul. Szaniawskiego 15, 05-140 Jadwisin*

Synopsis. Oceniono interakcję genotyp-środowisko i stabilność plonowania odmian ziemniaka. Analizę wykonano na podstawie danych uzyskanych w ramach Porejstrowego Doświadczalnictwa Odmianowego w latach 2006–2010. Badaniami objęto 21 odmian ziemniaka. W Instytucie Hodowli i Aklimatyzacji Roślin w Jadwisinie prowadzono ściśle doświadczenia polowe, na glebie pseudo-bielicowej, w technologii standardowej z zachowaniem zbliżonego poziomu zabiegów agrotechnicznych w latach badań. Analizę stabilności wykonano w oparciu o model mieszany Sheffégo-Calińskiego oraz regresji łącznej Calińskiego-Kaczmarczyka, przy pomocy programu Sergen 4. W wyniku przeprowadzonej analizy stwierdzono, interakcję genotyp – lata uprawy odmian ziemniaka. Wyróżniono 3 odmiany: Glada, Korona, Roxana – plonujące w sposób stabilny. Wysokość plonowania tych odmian nie wykazuje interakcji ze zmiennymi warunkami charakteryzującymi kolejne lata badań. Pozostałe odmiany uznano za niestabilne, wykazujące interakcję ze środowiskiem. Do rejonów o niekorzystnych warunkach uprawy spośród przebadanych zaleca się odmianę późną Investor.

Słowa kluczowe: interakcja genotyp-środowisko, stabilność, plonowanie, ziemniak

WSTĘP

Rolnicy potrzebują odmian ziemniaka odpornych na choroby i szkodniki, o wysokim potencjale plonotwórczym. Ważne jest, aby roślina była stabilna w zmiennych warunkach środowiskowych. Podstawową przyczyną różnic w plonowaniu odmian ziemniaka jest interakcja genotyp-środowisko. Zaledwie kilka prac podejmuje temat stabilności plonowania odmian ziemniaka [Flis 2014, Mańkowski 2003]. Więcej informacji możemy uzyskać z literatury poświęconej tematyce ziemniaka słodkiego (*Ipomoea batatas* (L. Poir.) [Adebola i in. 2013, Laurie i Booyse M. 2015, Mcharom i Ndolo 2013]).

Interakcja genotypowo-środowiskowa jest odpowiedzią genotypu na zmieniające się warunki środowiska, a zarazem bardzo ważną informacją dla hodowców i producentów ziemniaka. Stabilność w latach badań jest dobrym źródłem informacji o odmianach ziemniaka. Rozróżniamy dwa rodzaje stabilności: biologiczną – występuje gdy odmiany wykazują tendencję do utrzymania stałego np.: plonu niezależnie od warunków środowiskowych oraz rolniczą – gdy wielkość plonu danej odmiany zmienia się proporcjonalnie do przeciętnej reakcji wszystkich odmian określonej na podstawie średniej środowiskowej [Becker i Léon 1988, Mądry i Rajfura 2003, Mohammadi i in. 2007, 2008].

Celem niniejszych badań była analiza stabilności i ocena interakcji genotyp-środowisko plonowania wybranych odmian ziemniaka w zmiennych warunkach uprawy na glebie lekkiej piaszczystej w centralnej Polsce.

¹ Adres do korespondencji – *Corresponding address*: j.jankowska@edu

MATERIAŁ I METODY

Analizę stabilności wykonano na podstawie danych dotyczących plonów odmian ziemniaka uzyskanych w ramach Porejestrowego Doświadczalnictwa Odmianowego (PDO) w latach 2006–2010. W Instytucie Hodowli i Aklimatyzacji Roślin w Jadwisinie (52°45' N, 21°63' E) prowadzono ściśle doświadczenia polowe, zgodnie z metodyką przyjętą dla PDO [Lenartowicz 2013]. W kolejnych latach badań uwzględniono około 45 odmian różnych grup wczesności w trzech powtórzeniach polowych. Badania prowadzono w stałych warunkach glebowych, zachowując bardzo zbliżony poziom zabiegów agrotechnicznych. Bulwy odmian bardzo wczesnych i wczesnych podkiełkowały przez okres 6 tygodni przed sadzeniem. Zachowano stały termin sadzenia dla wszystkich grup wczesności. Zbiory odmian kolejnych wczesności przeprowadzono po uzyskaniu pełni dojrzałości przez rośliny, podczas których oceniano wysokość uzyskanego plonu, zgodnie z metodyką opracowaną w Instytucie Hodowli i Aklimatyzacji Roślin [Roztropowicz 1999].

Do oceny interakcji genotypowo-środowiskowej wybrano 21 odmian (tab. 1), które partowały się we wszystkich pięciu latach doświadczenia. Piętnaście z wytypowanych od-

Tabela 1. Charakterystyka odmian badanych w doświadczeniach
Table 1. Characteristics of cultivars investigated in experiments

Nr odmiany Cultivar No.	Odmiana Cultivar	Grupa wczesności Maturity group	Pochodzenie Origin of breeding	Rok rejestracji The year of registration
1	Denar	Bardzo wczesne Very early	HZ Zamarte	1999
2	Lord		HZ Zamarte	1999
3	Korona	Wczesne Early	HZ Zamarte	2002
4	Owacja		PMHZ Strzekęcino	2006
5	Vineta		Europlant, Niemcy	1999
6	Adam*	Średnio wczesne Middle early	HR Szyldak	2005
7	Bartek		HZ Zamarte	2003
8	Cekin		PMHZ Strzekęcino	2004
9	Elanda		HZ Zamarte	2005
10	Głada*		PMHZ Strzekęcino	1994
11	Pasat*		PMHZ Strzekęcino	2002
12	Satina		SaKa Pflanz, Niemcy	2000
13	Tajfun		PMHZ Strzekęcino	2004
14	Roxana	Średnio późne Middle late	Europlant, Niemcy	2005
15	Syrena		PMHZ Strzekęcino	2002
16	Zeus		HR Szyldak	2000
17	Hinga*	Późne Late	PMHZ Strzekęcino	1996
18	Inwestor*		PMHZ Strzekęcino	2005
19	Pokusa*		PMHZ Strzekęcino	2006
20	Rudawa*		HZ Zamarte	2002
21	Ślęza*		HZ Zamarte	2003

*– skrobiowe – starch

mian uwzględnia Charakterystyka Krajowego Rejestru Odmian Ziemniaka [Nowacki 2014a]. Sześć poddanych analizie odmian: Denar, Vineta, Lord, Satina, Owacja, Tajfun, znajdują się w czołówce najpopularniejszych uprawianych odmian ziemniaka w Polsce [Nowacki 2014b]. W związku z powyższym stanowią znaczący udział w powierzchni plantacji nasiennych [Sere-mak-Bulge 2014].

W okresie prowadzonych badań warunki pogodowe były zróżnicowane, zestawiono w tabeli 2: średnią temperaturę powietrza oraz sumę opadów. Prezentowane dane pochodziły z miejscowego punktu meteorologicznego obsługiwane przez Stację Pogodową Campbell zlokalizowaną ok. 4 km od pola doświadczalnego.

Tabela 2. Warunki meteorologiczne w okresie wegetacji w latach 2006–2010

Table 2. Meteorological conditions during growing season in the years 2006–2010

Rok Year	Temperatura – Temperature (°C)					Opady – Rainfall (mm)				
	V	VI	VII	VIII	IX	V	VI	VII	VIII	IX
2006	12,8	15,9	21,9	17,0	14,9	50,4	50,9	9,2	156,1	11,5
2007	12,9	17,7	17,6	17,8	12,2	78,4	109,6	54,1	74,3	103,7
2008	13,2	17,1	18,1	17,7	11,6	62,9	24,6	68,8	80,9	48,8
2009	12,2	16,4	21,3	17,4	14,8	80,8	72,4	85,6	83,1	18,8
2010	12,3	16,5	18,6	18,5	11,1	166,8	64,0	96,7	105,3	71,3

Otrzymane wyniki plonowania odmian z poszczególnych lat badań przygotowano i przetworzono statystycznie za pomocą programu Statistica wersja 10 [Rabiej 2012]. Dzięki spójności układu odmian i lat, możliwa była analiza statystyczna serii doświadczeń oparta na modelach zaproponowanych przez Scheffé [1959], Calińskiego [1966], Calińskiego i in. [1979], Calińskiego i in. [1997], Mądrego i Rajfura [2003], Mądrego i Kanga [2005]. Przeprowadzone obliczenia i analizy statystyczne wykonano za pomocą programu Sergen wersja 4 [Caliński i in. 2003].

Z reguły w analizach stabilności, środowisko rozumiane jest jako współdziałanie czynników rok x miejsce uprawy. W niniejszej pracy analizowano wyniki doświadczenia prowadzonego w jednym miejscu uprawy – Jadwisinie. Zatem za zmienne środowisko przyjęto kolejne lata badań (2006–2010). W dalszej części pracy, w opisie wyników przeprowadzonych analiz posługiwano się określeniem interakcja genotyp-środowisko.

WYNIKI I DYSKUSJA

Wyniki badań wykazały zmienność odmianową oraz środowiskową w wysokości plonów ziemniaka. W tabeli 3 przedstawiono średnie plony 21 odmian ziemniaka w latach badań 2006–2010. Najwyższe plony uzyskano w 2009 roku, natomiast najmniejsze w roku 2010. Najwyższą plonującą była odmiana średnio wczesna Bartek ($58,7 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1}$). Najniższe plony w analizowanym okresie uzyskano w ocenie odmiany średnio wczesnej Adam.

Tabela 3. Plony badanych odmian ziemniaka w doświadczeniach PDO w latach 2006–2010 (t·ha⁻¹)
 Table 3. Yield of potato cultivars tested in PDO experiments in 2006–2010 (t·ha⁻¹)

Nr odmiany Cultivar No.	Odmiana Cultivar	Lata – Years					Średnio Mean
		2006	2007	2008	2009	2010	
1	Denar	35,2	45,1	45,1	62,3	46,3	46,8
2	Lord	35,9	46,6	39,1	58,8	45,7	45,2
3	Korona	51,3	42,0	53,3	58,9	51,6	51,4
4	Owacja	38,5	37,6	48,4	55,6	43,7	44,8
5	Vineta	40,5	43,4	46,8	49,8	41,6	44,4
6	Adam*	44,9	40,0	42,2	52,4	36,9	43,3
7	Bartek	64,0	56,0	54,7	63,0	55,8	58,7
8	Cekin	54,7	40,5	39,3	54,4	48,6	47,5
9	Elanda	57,1	36,4	56,4	60,4	49,7	52,0
10	Głada*	47,5	42,3	48,2	58,3	44,7	48,2
11	Pasat*	45,6	44,2	52,1	49,6	38,9	46,1
12	Satina	38,8	31,6	40,3	60,9	58,5	46,0
13	Tajfun	53,7	42,2	49,8	58,9	41,2	49,2
14	Roxana	47,4	42,0	49,7	59,6	49,5	49,6
15	Syrena	57,3	42,8	53,1	59,7	56,8	53,9
16	Zeus	58,9	50,8	49,4	66,4	58,0	56,7
17	Hinga*	55,5	47,5	54,1	42,2	43,6	48,6
18	Inwestor*	48,0	45,4	50,0	49,9	49,2	48,5
19	Pokusa*	64,7	35,3	62,1	54,4	54,3	54,1
20	Rudawa*	41,6	45,7	44,9	51,0	43,1	45,3
21	Ślęza*	41,3	48,0	47,6	50,8	37,5	45,1
Średnio – Mean		48,7	43,1	48,9	56,1	47,4	–

*– skrobiowe – starch

Analiza wariancji wykazała istotne zróżnicowanie plonu 21 odmian ziemniaka (tab. 4). W latach 2006 i 2010 notowano najwyższe zróżnicowanie pomiędzy odmianami. Na duże zróżnicowanie odmianowe plonu ziemniaka wskazują wcześniejsze badania [Gugała i in. 2014, Zaryńska 2010].

W tabeli 5 przedstawiono średnie kwadraty zmienności z ogólnej analizy wariancji ocenianej cechy. Wyniki te pozwoliły na weryfikację hipotez zerowych o braku zróżnicowania środowisk i interakcji genotyp-środowisko zostały odrzucone na poziomie istotności $\alpha = 0,01$. Za wyjąt-

Tabela 4. Wyniki analizy wariancji w latach badań
Table 4. Analyses of variance in years of research

Środowisko Environment	Genotyp – Genotype		Błąd – Error		F
	Stopnie swobody Degrees of freedom	Średni kwadrat Mean squares	Stopnie swobody Degrees of freedom	Średni kwadrat Mean squares	
2006	20	240,0	42	8,53	28,13**
2007	20	87,79	42	19,8	4,41**
2008	20	102,9	42	6,63	15,52**
2009	20	100,9	42	8,00	12,62**
2010	20	133,0	42	4,98	26,68**

**– poziom istotności $p=0,01$; significant at the level $p=0.01$

Tabela 5. Analiza wariancji plonów ziemniaka (średnio 2006–2010)
Table 5. Analysis of variance of potato yield (mean 2006–2010)

Źródło zmienności Source of variation	Liczba stopni swobody Degrees of freedom	Suma kwadratów Sum of squares	Średni kwadrat Mean squares	Wartość statystyki F F statistic
Środowisko Environment	4	1824,77	456,19	142,45**
Genotyp Genotype	20	1799,72	89,99	–
Genotyp x środowisko Genotype x environment	80	2630,73	32,88	10,27**
Regresja względem środowiska Regression on environment	20	518,80	25,94	–
Odchylenie od regresji Deviation from regression	60	2111,93	35,20	10,99**
Błąd doświadczeń Experimental error	210	–	3,20	–

**– poziom istotności $p=0,01$; significant at the level $p=0.01$

kiem hipotezy o równości wszystkich efektów głównych dla genotypów oraz regresji względem środowiska. Istotne odchylenia od regresji w rozważanych przypadkach wykazują, że interakcja genotypów z badanymi środowiskami nie może być opisana prostą zależnością regresyjną.

Analiza szczegółowa przedstawia rezultaty dotyczące zachowania poziomu plonowania badanych 21 odmian ziemniaka. Analizując efekty główne możemy stwierdzić, że 8 odmian od-

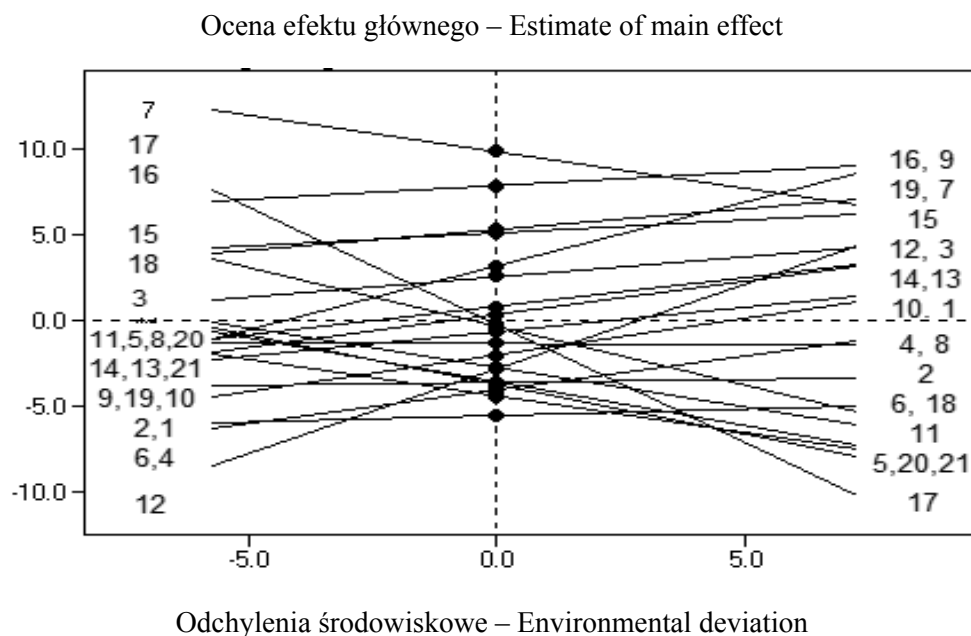
znaczało się efektami dodatnimi a 13 wykazało efekty ujemne. Z omawianych genotypów plonem istotnie wyższym odznaczały się odmiany Bartek, Syrena i Zeus, oraz istotnie niższym – Adam i Vineta (tab. 6, rys. 1). Pozostałe odmiany nie wykazały istotnych odchyleń od średniej środowiskowej tj. średniej plonowania ze wszystkich badanych odmian. Według Bombika i in. [2007], odmiany o wysokim efekcie głównym plonujące znacznie wyżej niż średnia z porównywanych odmian, mogą być rekomendowane do uprawy w zmiennych lub mniej sprzyjających warunkach. Wykazali oni, że zmienność plonu bulw determinowana jest głównie przez efekty interakcyjne lat z badanymi czynnikami i błąd doświadczalny. Na podstawie statystyki

Tabela 6. Analiza stabilności plonowania 21 odmian ziemniaka w latach 2006–2010

Table 6. Result of stability analysis of yield estimated for 21 potato genotypes in years 2006–2010

Nr odmiany Cultivar No.	Genotyp Genotype	Ocena efektu głównego Estimate of main effect	Wartość statystyki F dla efektu głównego F statistic for main effect	Statystyka F dla interakcji G x E F statistic for interaction G x E	Statystyka F dla regresji interakcji F statistic for regression interaction	Statystyka F dla odchyleń od regresji F statistic for deviations of regression
1	Denar	-2,045	0,38	17,93**	0,24	22,17**
2	Lord	-3,619	1,21	17,76**	0	23,67**
3	Korona	2,588	6,91	1,59	-	-
4	Owacja	-4,072	5,07	5,36**	0,79	5,65**
5	Vineta	-4,405	8,25*	3,86**	1,59	3,36*
6	Adam	-5,545	15,93*	3,16**	0,04	4,16**
7	Bartek	9,875	29,52**	5,41**	0,96	5,47**
8	Cekin	-1,325	0,27	10,76**	0	14,35**
9	Elanda	3,195	1,4	11,99**	1,51	10,64**
10	Głada	-0,619	0,59	1,06	-	-
11	Pasat	-2,739	1,53	8,04**	0,7	8,70**
12	Satina	-2,805	0,38	33,8**	0,78	35,76**
13	Tajfun	0,335	0,03	5,93**	0,67	6,47**
14	Roxana	0,795	0,73	1,41	-	-
15	Syrena	5,101	8,30*	5,14**	0,11	6,61**
16	Zeus	7,868	16,75*	6,06**	0,1	7,82**
17	Hinga	-0,239	0	24,37**	3,81	14,32**
18	Inwestor	-0,339	0,05	3,88**	19,52*	0,69
19	Pokusa	5,321	1,41	32,82**	0,04	43,21**
20	Rudawa	-3,552	4,72	4,38**	2,23	3,35*
21	Ślęza	-3,772	2,14	10,9**	0,84	11,36**

*– poziom istotności $p=0,05$; significant at the level $p=0,05$; **– poziom istotności $p=0,01$; significant at the level $p=0,01$

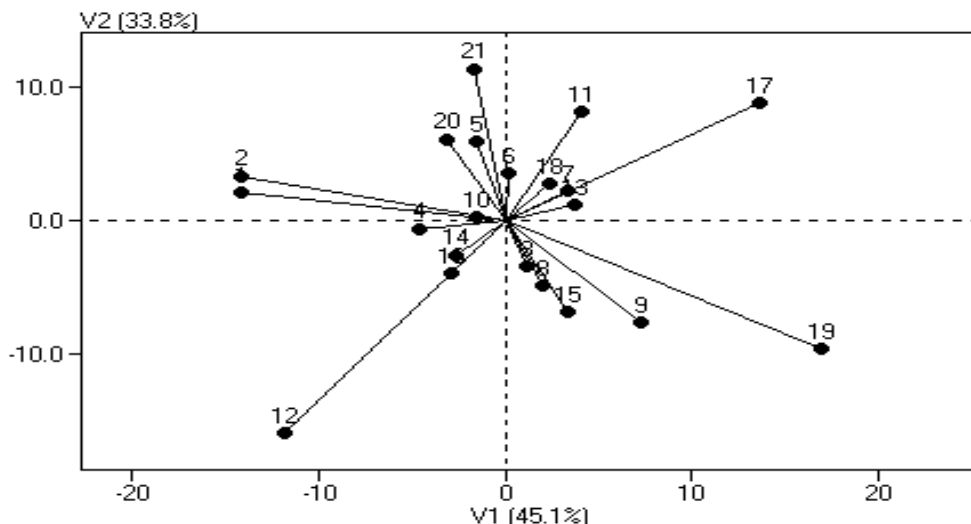


Objaśnienia – Explanation: 1 – Denar, 2 – Lord, 3 – Korona, 4 – Owacja, 5 – Vineta, 6 – Adam, 7 – Bartek, 8 – Cekin, 9 – Elanda, 10 – Głada, 11 – Pasat, 12 – Satina, 13 – Tajfun, 14 – Roxana, 15 – Syrena, 16 – Zeus, 17 – Hinga, 18 – Inwestor, 19 – Pokusa, 20 – Rudawa, 21 – Śleza

Rys. 1. Efekty główne i proste regresji efektów interakcyjnych odmian względem środowiska
Fig. 1. Main effects and regression straight lines of interaction effects on environment

F dla interakcji genotyp-środowisko, interakcję ze środowiskiem wykazało 18 odmian na poziomie istotności $p = 0,01$. Odmiany te podlegają silnym wpływom warunków pogodowych w poszczególnych latach badań, tzn. są nieprzewidywalne i nie stabilne w plonowaniu [Caliński 1967, Mądry i in. 2010]. Natomiast odmiany: Głada, Korona i Roksana, nie wykazały interakcji ze środowiskiem, uznano je za stabilnie plonujące w sensie rolniczym w warunkach standardowej agrotechniki [Becker i Léon 1988, Mądry i Rajfura 2003]. Spośród 18 odmian wykazujących istotną interakcję ze środowiskiem, odmiana Inwestor charakteryzowała istotne regresje interakcji. Pozostałych 17 charakteryzowało brak istotnych regresji interakcji, co oznacza że odmiany te są niestabilne i nieprzewidywalne. Nie można przewidzieć jak będą plonowały w zmiennym środowisku [Becker i Léon 1988, Galek i in. 2000]. Wspomniana odmiana Inwestor wykazała brak istotnych odchyleń od regresji. Można uznać ją jako plonującą stabilnie, wykazującą istotny trend ujemny ($r = -0,687$). Genotyp wykazał wysoki współczynnik determinacji (86,68%), który świadczy o dużej zmienności omawianej cechy. Plonując poniżej średniej porównywanych odmian, wydaje większy plon w mniej korzystnych warunkach.

Graficzną syntezę wielkości interakcji genotypowo-środowiskowej przedstawiono za pomocą wektorów wyprowadzonych od punktów charakterystycznych odmian do początku układu współrzędnych (rys. 2). Grupę o najmniejszej interakcji ze środowiskiem stanowią odmiany położone na wykresie blisko środka układu współrzędnych: Głada, Owacja, Bartek.

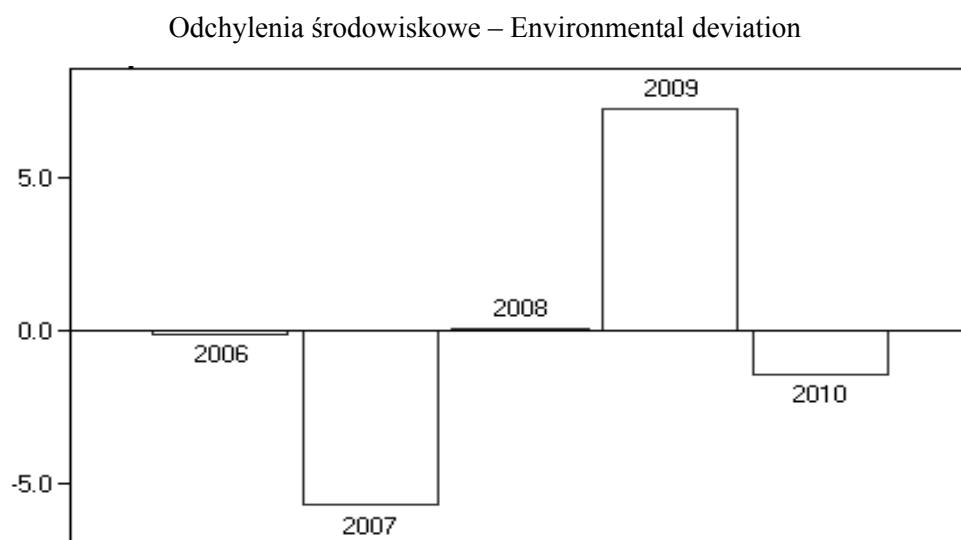


Objaśnienia – Explanation: 1 – Denar, 2 – Lord, 3 – Korona, 4 – Owacja, 5 – Vineta, 6 – Adam, 7 – Bartek, 8 – Cekin, 9 – Elanda, 10 – Głada, 11 – Pasat, 12 – Satina, 13 – Tajfun, 14 – Roxana, 15 – Syrena, 16 – Zeus, 17 – Hinga, 18 – Inwestor, 19 – Pokusa, 20 – Rudawa, 21 – Śleza

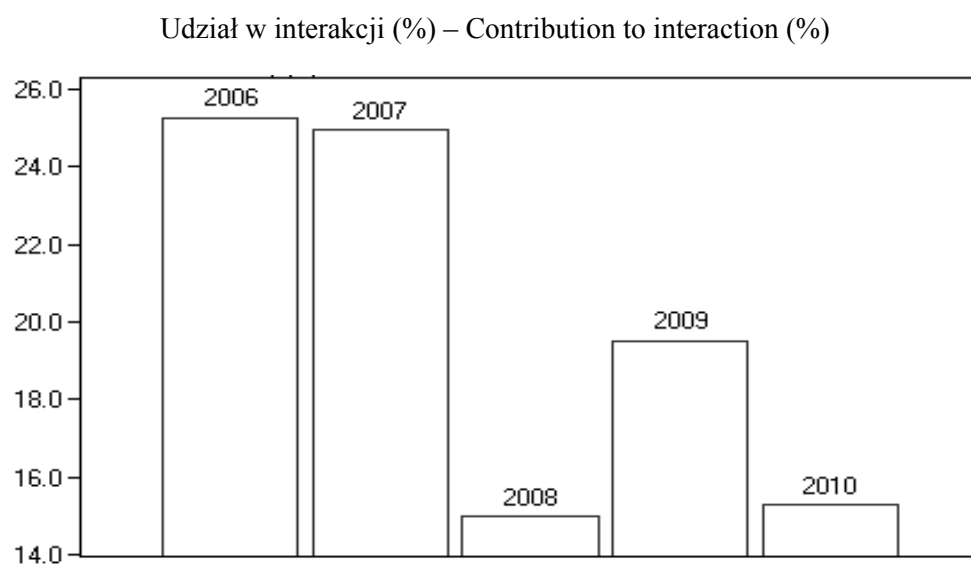
Rys. 2. Wektorowe przedstawienie 21 odmian w układzie składowych głównych
Fig. 2. Vector presentation of 21 potato cultivars in the system of canonical variables

Wobec zachowania stałych warunków glebowych i agrotechnicznych we wszystkich latach realizacji doświadczenia jedną z przyczyn zróżnicowanego plonowania odmian ziemniaka był przebieg pogody w kolejnych sezonach wegetacji. Wpływ analizowanych lat na interakcję genotypowo-środowiskową przedstawiono za pomocą rysunku 3. Badania wykazały, że dodatnie odchylenia środowiskowe występowały w latach 2008 (0,06) i 2009 (7,22). Powyższe ma odzwierciedlenie w wysokości uzyskanych średnich plonów odmian w latach, analogicznie 48,9 t·ha⁻¹ i 56,1 t·ha⁻¹. Można uznać, iż występujące w tych latach warunki meteorologiczne były korzystniejsze dla rozwoju ziemniaka, niż w 2007, dla którego notowano największe ujemne odchylenie środowiskowe (-5,70), uzyskując najniższy średni plon odmian. Najwyższy udział poszczególnych lat badań w interakcji genotyp-środowisko notowano w 2006, wynosił 25,3% (rys. 4). W omawianym roku odnotowano znaczne wahania termiczno-wilgotnościowe w sezonie wegetacyjnym, od suszy w lipcu i wrześniu do okresu wilgotnego w sierpniu. Zróżnicowanie plonu genotypów w 2006 roku było bardziej widoczne niż w innych latach. Badania Kalbarczyka [2004], Sekutowskiego i Bądowskiego [2010] wykazały, że największy wpływ na wielkość plonowania ziemniaka ma przebieg warunków pogodowych w latach badań. Według Kalbarczyka [2004] udział czynników agrometeorologicznych w zmienności plonów ziemniaka w warunkach doświadczalnych kształtował się od około 20% w południowo-zachodniej części kraju i wzrastał do 60% w środkowo-wschodniej Polsce.

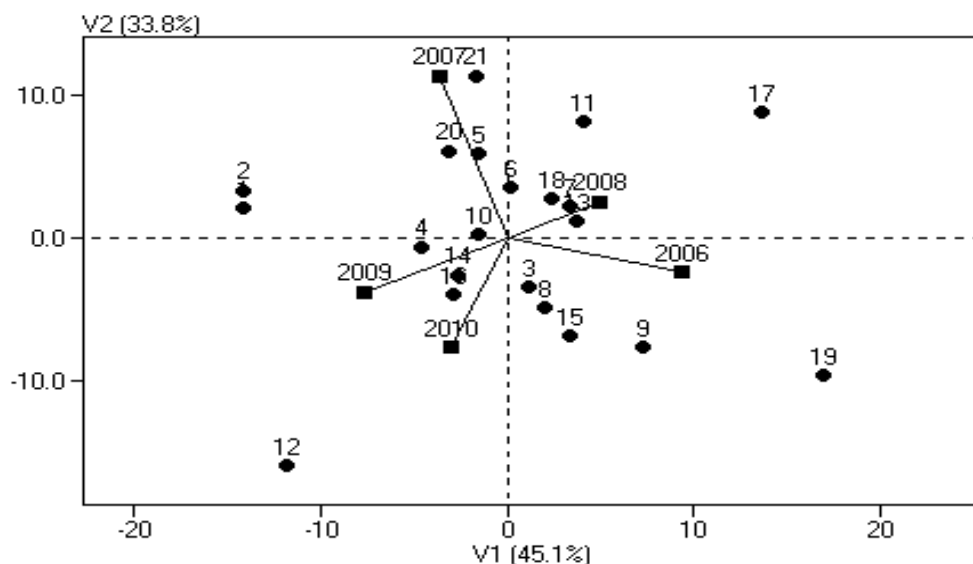
Rysunek 5 przedstawia biplot, czyli jednoczesne przedstawienie środowisk i genotypów, wyjaśniających 78,9% (33,8% + 45,1%) zmienności plonowania badanych odmian ziemniaka. Poprzez wektory reprezentujące środowiska, określono dla każdego z nich, genotypy wykazujące wyróżniającą interakcję dodatnią. Dotyczy szczególnie środowisk, które miały największy udział w interakcji genotyp-środowisko, a więc w tym przypadku rok 2006 i 2007. Ze śro-



Rys. 3. Odchylenia środowiskowe dla lat (środowisk) w analizie stabilności plonu 21 odmian ziemniaka
Fig. 3. Environmental deviations for the years (environments) in yield stability analysis of 21 potato cultivars



Rys. 4. Udział lat w interakcji genotyp-środowisko
Fig. 4. Years contribution to genotype x environment interaction



Objaśnienia – Explanation: 1 – Denar, 2 – Lord, 3 – Korona, 4 – Owacja, 5 – Vineta, 6 – Adam, 7 – Bartek, 8 – Cekin, 9 – Elanda, 10 – Głada, 11 – Pasat, 12 – Satina, 13 – Tajfun, 14 – Roxana, 15 – Syrena, 16 – Zeus, 17 – Hinga, 18 – Inwestor, 19 – Pokusa, 20 – Rudawa, 21 – Śłęza

Rys. 5. Biplot – graficzne przedstawienie 21 genotypów i 5 środowisk w układzie dwóch pierwszych składowych głównych

Fig. 5. Biplot of 21 genotypes and 5 environments for yield using genotype and environmental scores

dowiskiem 2006 – koresponduje genotyp Pokusa, a także Elanda i Syrena. Ze środowiskiem 2007 – Śłęza, Pasat. Biplot potwierdza wcześniejsze wnioskowanie dotyczące zróżnicowania genotypów i środowisk, biorąc pod uwagę warunki meteorologiczne (średnią temperaturę powietrza i sumę opadów).

Prezentowane wyniki badań stanowią ocenę interakcji genotypowo-środowiskowej plonowania odmian ziemniaka w warunkach uprawy standardowej na glebie lekkiej w Jadwisinie. Uzyskane wyniki stanowią wstęp kompleksowej oceny pozostałych cech ziemniaka. Znajomość zachowania genotypów w zmiennych warunkach uprawy może być pomocna w pracach hodowlanych oraz ułatwić właściwy wybór rolnikom.

WNIOSKI

1. Stwierdzono interakcję genotyp-środowisko w kształtowaniu plonów badanych odmian ziemniaka.
2. Na podstawie badań wyróżniono 3 odmiany: Głada, Korona, Roxana – plonujące w sposób stabilny. Wielkość plonów tych odmian nie wykazuje interakcji ze zmieniającymi się warunkami okresu wegetacji. Pozostałe odmiany uznano za niestabilne, wykazujące interakcję ze środowiskiem.

3. Do rejonów o glebie lekkiej i niekorzystnych warunkach pogodowych można polecić odmianę późną Investor, charakteryzującą się wyższym plonowaniem.

PIŚMIENNICTWO

- Adebola P.O., Shegro A., Laurie S.M., Zulu L. N., Pillay M. 2013. Genotype x environment interaction and yield stability estimate of some sweet potato [*Ipomoea batatas* (L.) Lam] breeding lines in South Africa. *J. Plant Breed. Crop Sci.* 5(9): 182–186.
- Becker H.C., Léon J. 1988. Stability analysis in plant breeding. *Plant Breed.* 101: 1–23.
- Bombik A., Rymuza K., Markowska M. 2007. Variability analysis of selected quantitative characteristics in edible potato varieties. *Acta Sci. Pol., Agricultura* 6(3): 5–15.
- Calinski T. 1966. On the distribution of the F-type statistic in the analysis of a group of experiments. *J. Roy. Stat. Soc., Ser. B* 28: 526–542.
- Calinski T., Czajka S., Kaczmarek Z. 1979. Analiza interakcji genotypowo-środowiskowej. Cz. 3. Zastosowanie analizy regresji oraz analizy składowych głównych W: IX Colloquium Metodologiczne z Agrobiometrii. Wyd. PAN, Warszawa: 5–28.
- Calinski T., Czajka S., Kaczmarek Z. 1997. A multivariate approach to analysis genotype-environment interactions. In: *Advances in Biometrical Genetics*. Krajewski P., Kaczmarek Z. (ed.). Institute of Plant Genetics, Polish Academy of Science, Poznań: 3–14.
- Caliński T. 1967. Model analizy wariancji dla doświadczeń wielokrotnych. *Rocz. Nauk Rol., Seria A* 93: 549–579.
- Caliński T., Czajka S., Kaczmarek Z., Krajewski P. 2003. Podręcznik użytkownika programu SERGEN 4. Metodyka statystyczna i obsługa programu SERGEN (Wersja 4 dla Windows) przeznaczonego od serii doświadczeń odmianowych i genetyczno-hodowlanych. Wyd. IGR PAN w Poznaniu. ss 77.
- Flis B., Domański L., Zimoch-Guzowska E., Polgar Z., Pousa S.Á., Pawlak A. 2014. Stability analysis of agronomic trials in potato cultivars of different origin. *Am. J. Potato Res.* 91: 404–413.
- Galek R., Bujak H., Kaczmarek J. 2000. Ocena stabilności cech bonitacyjnych i technologicznych w kolekcji żyta jarego na podstawie pięciu parametrów statystycznych. *Biul. IHAR* 216: 69–76.
- Gugała M., Zarzecka K., Sikorska A. 2014. Zachwaszenie i plonowanie ziemniaka w zależności od zabiegów mechaniczno-chemicznych. *Fragm. Agron.* 31(3): 50–57.
- Kalbarczyk R. 2004. Czynniki agrometeorologiczne a plony ziemniaka w różnych rejonach Polski. *Acta Agrophys.* 4(2): 339–350.
- Laurie S. M., Booyse M. 2015. Employing the GGE SREG model plus Elston index values for multiple trait selection in sweet potato. *Euphytica* 204: 433–442.
- Lenartowicz T. 2013. Potato. The study of the economic value of varieties (WGO). COBORU. Słupia Wielka. NP/P/16/2013: 1–44.
- Mańkowski D.R., 2003. Ocena postępu w uprawie ziemniaka w Polsce w latach 1986–2001. Część I. Analiza stabilności plonowania wybranych odmian ziemniaka *Biul. IHAR* 228: 185–191.
- Mądry W., Kang M.S. 2005. Scheffe-Calinski and Shukla models: their interpretation and usefulness in stability and adaptation analyses. *J. Crop Improv.* 14: 325–369.
- Mądry W., Mańkowski D.R., Kaczmarek Z., Krajewski P., Studnicki M. 2010. Metody statystyczne oparte na modelach liniowych w zastosowaniach do doświadczalnictwa, genetyki i hodowli roślin. Wyd. IHAR, Monogr. Rozpr. 34: 13–163.
- Mądry W., Rajfura A. 2003. Analiza statystyczna miar stabilności na podstawie danych w klasyfikacji genotypy × środowiska. Cz. I. Model mieszany Scheffégo-Calinskiego i model regresji łącznej. *Coll. Biom.* 33: 181–205.
- Mcharom M., Ndolo P. 2013. Sweet potato root-yield performance in Kenya. *J. Appl. Biosci.* 65: 4914–4921.
- Mohammadi R., Abdulahi A., Haghparast R., Armian M. 2007. Interpreting genotype × environment interactions for durum wheat grain yields using nonparametric methods. *Euphytica* 157: 239–251.

- Mohammadi R., Amri A. 2008. Comparison of parametric and non-parametric methods for selecting stable and adapted durum wheat genotypes in variable environments. *Euphytica* 159: 419–432.
- Nowacki W. (red.) 2014a. Charakterystyka Krajowego Rejestru Odmian Ziemniaka. Wyd. IHAR-PIB O/Jadwisin 17: 3–6.
- Nowacki W. 2014b. Badanie plonów ziemniaka w 2014 roku. Zakład Agronomi ziemniaka. IHAR-PIB, Oddział Jadwisin: 100–106.
- Rabiej M. 2012. Statystyka z programem Statistica. Helion, Gliwice, ss 344.
- Roztropowicz S. [redaktor]. 1999. Metodyka obserwacji, pomiarów i pobierania prób w agrotechnicznych doświadczeniach z ziemniakiem. Wyd. IHAR Jadwisin: 4–8.
- Scheffé S. 1959. The analysis of variance. John Wiley & Sons Inc., New York, USA.
- Sekutowski T., Badowski M. 2010. Wpływ zachwaszczenia, warunków meteorologicznych i ochrony herbicydowej na plon i poszczególne frakcje bulw ziemniaka. *Prog. Plant Prot.* 50(3): 1390–1394.
- Seremak-Bulge J. 2014. Analizy rynkowe. Rynek ziemniaka stan i perspektywy. IERiGŻ-PIB, ARR, MRiRW, Warszawa 41: 11–16.
- Zarzyńska K. 2010. Struktura plonu bulw ziemniaków uprawianych systemie ekologicznym i integrowanym w różnych warunkach środowiskowych. *J. Res. Appl. Agric. Eng.* 55(4): 181–185.

J. JANKOWSKA, M. PIETRASZKO, B. LUTOMIRSKA

THE ANALYSIS OF YIELDING STABILITY OF SOME POTATO (*SOLANUM TUBEROSUM* L.) CULTIVARS ON LIGHT SOIL

Summary

The objective of this study was to evaluate stability for effect of genotype, environment and genotype-environment interaction for tuber total yield. The study included 21 potato cultivars, evaluated for a period of 2006–2010 years, which were collected during the experiments in Potato Agronomy Department, at the Plant Breeding and Acclimatization Institute – National Research Institute, Division in Jadwisin, Poland. Field trials were performed in light sandy or clay soils. In all tested years, standardized and very similar agrotechnical treatments were applied. Differentiating factors were the weather conditions during the years (environment) of research 2006–2010. Genotype-environment interaction analysis was made using the Sheffé-Caliński mixed model and the Caliński-Kaczmarek joint regression model. Calculation were made using the Sergen 4 computer program. On the base of the survey results 3 of the studied cultivars: Głada, Korona, Roxana were found to be stable, whereas the others appeared to be unstable or unpredictable. Can be recommended Investor – late variety for areas of adverse weather conditions.

Key words: genotype-environment interaction, stability, total yield, potato

Zaakceptowano do druku – *Accepted for print*: 28.08.2015

Do cytowania – *For citation*:

Jankowska J., Pietraszko M., Lutomirska B. 2015. Analiza stabilności plonowania wybranych odmian ziemniaka (*Solanum tuberosum* L.) na glebie lekkiej. *Fragm. Agron.* 32(3): 32–43.