PROGRESS IN PLANT PROTECTION
59 (3): 164-170, 2019
ISSN 1427-4337

DOI: 10.14199/ppp-2019-022
Published online: 11.09.2019

Received: 24.07.2019 / Accepted: 06.09.2019

Estimation of effect of AUDPC and thousand-grain weight of spring barley on grain yield using multiple regression

Ocena wpływu AUDPC i masy tysiąca ziaren na plon ziarna jęczmienia jarego za pomocą regresji wielokrotnej

Anna Tratwal[1]*, Jan Bocianowski[2], Marek Cichocki[2]

Summary

The objective of this study was utilization of analysis of multiply regression to evaluate the effect of area under the disease progress curve (AUDPS) and thousand-grain weight on the grain yield in spring barley grown in the Southwest Poland. The study comprised of 25 spring barley genotypes (five cultivars: Basza, Blask, Antek, Skarb and Rubinek as well as all possible 10 double mixtures and 10 triple mixtures), evaluated at eight environments (two locations in four years) in a randomized complete block design, with four replicates. The results show that the thousand-grain weight determined the grain yield for all cultivars as well as all double and triple mixture combinations. The AUDPC affected grain yield of double and triple mixture combinations of spring barley cultivars and there were no significant differences recorded for pure cultivars.

Key words: spring barley, grain yield, thousand-grain weight, area under the disease progress curve (AUDPS), multiple regression

Streszczenie

Celem badań było zastosowanie analizy regresji wielokrotnej do oceny wpływu AUDPC i masy tysiąca ziaren na plon ziarna jęczmienia jarego rosnącego w południowo-zachodniej Polsce. Badanie obejmowało 25 genotypów jęczmienia jarego (pięć odmian: Basza, Blask, Antek, Skarb i Rubinek oraz wszystkie 10 możliwych mieszanek podwójnych i 10 mieszanek potrójnych), analizowanych w ośmiu środowiskach (dwie miejscowości w czterech latach) w doświadczeniach polowych, w układzie bloków losowanych kompletnych, w czterech powtórzeniach. Uzyskane wyniki wskazują, że masa tysiąca ziaren determinowała plon ziarna dla wszystkich odmian oraz wszystkich mieszanek podwójnych i potrójnych. Wartości AUDPC wpływały na plon ziarna tylko dla mieszanek, w żadnym przypadku nie było istotnego statystycznie wpływu dla odmian czystych.

Słowa kluczowe: jęczmień jary, plon ziaren, masa tysiąca ziaren, AUDPC, regresja wielokrotna

[1] Instytut Ochrony Roślin – Państwowy Instytut Badawczy
Władysława Węgorka 20, 60-318 Poznań
[2] Uniwersytet Przyrodniczy w Poznaniu
Wojska Polskiego 28, 60-637 Poznań
*corresponding author: a.tratwal@iorpib.poznan.pl
ORCID: 0000-0001-9611-8799

Wstęp / Introduction

Od dnia 1 stycznia 2014 r. na mocy Dyrektywy Parlamentu Europejskiego i Rady 2009/128/WE z dnia 21 października 2009 r. (https://eur-lex.europa.eu/legal-content/pl/TXT/?uri=CELEX:32009L0128) ustanawiającej ramy wspólnotowego działania na rzecz zrównoważonego stosowania pestycydów, na terenie Rzeczpospolitej Polskiej, obowiązuje przestrzeganie zasad integrowanej ochrony roślin przez wszystkich profesjonalnych użytkowników.

Nadrzędnym celem ochrony roślin uprawnych przed chorobami i występowaniem szkodników jest utrzymanie agrofagów na takim poziomie, aby nie zakłócały one prawidłowego rozwoju roślin. Uzyskanie takich efektów jest możliwe przez wybieranie metod ochrony o jak najmniejszej szkodliwości dla środowiska. Zwykle jest to połączenie kilku metod, które pojedynczo nie dałyby zadowalającego efektu, natomiast ich integracja pozwala na zminimalizowanie kosztów przy jednocześnie dużej pewności uzyskania pozytywnego efektu końcowego (Pruszyński i Wolny 2009).

Duże areały pojedynczych odmian (monokultury odmianowe) z pokrewnymi bądź identycznymi typami genetycznej odporności na choroby, sprzyjają szybkiemu rozprzestrzenianiu się ras fizjologicznych porażających je patogenów. Proces adaptacji patogenów roślin do odmian uprawnych przebiega tym szybciej im większy areał zajmują one w produkcji. Skutkiem tego jest często występujące „załamywanie się" odporności odmian, coraz groźniejsze epifitozy, niestabilność plonowania, a co za tym idzie ich przedwczesne wycofywanie z produkcji (Allard i Adams 1969; Nadziak i Gacek 2000).

Praktyczne stosowanie integrowanej ochrony roślin wiąże się z wykorzystaniem, na ile to możliwe, wszelkich alternatywnych dla ochrony chemicznej metod zwalczania agrofagów. Zasadą jest, aby stosować różne metody, najbardziej efektywne i najmniej szkodliwe dla środowiska naturalnego w danym okresie rozwoju rośliny uprawnej. Podstawą systemu integrowanej ochrony roślin jest wykorzystanie metod agrotechnicznych, hodowlanych oraz stosowanie niektórych chemicznych środków ochrony roślin, dobranych pod kątem selektywności oraz bezpieczeństwa dla środowiska (Pruszyński 2006; Pruszyński i Wolny 2009; Matyjaszczyk 2012).

Sposobem różnicowania i jednocześnie zwiększenia trwałości odporności genetycznej odmian w warunkach produkcyjnych jest ich uprawa w rozmaitych typach zasiewów mieszanych.

Uprawa roślin w zasiewach mieszanych zwiększa bioróżnorodność na polach uprawnych. Dzięki temu zróżnicowaniu lepiej wykorzystywane są zasoby środowiska i uruchomione zostają biologiczne mechanizmy regulacji nasilenia występowania chorób w łanie (Wolfe 1990; Wolfe i wsp. 1997).

Zagadnieniem zależności wpływu cech ilościowych na plon nasion jęczmienia jarego zajmowało się wielu autorów między innymi Kurowski i wsp. (2005), Oleksy i Szmigiel (2005), Szmigiel i wsp. (2016). Narzędziem do określenia istotności oraz siły współzależności i zależności cech są odpowiednie metody statystyczne, z których najczęściej stosowanymi do weryfikacji tego typu zjawisk są analiza współczynników korelacji prostej i rangowej oraz analiza funkcji regresji prostej i wielokrotnej (Jammalamadaka 2003).

Celem niniejszej pracy było pokazanie możliwości zastosowania analizy funkcji regresji wielokrotnej w badaniu wpływu AUDPC i masy tysiąca ziaren odmian oraz mieszanek jęczmienia jarego na plon ziarna.

Materiały i metody / Materials and methods

Ścisłe doświadczenia polowe założone zostały w dwóch miejscowościach: w Hodowli Roślin Smolice Oddział Bąków Sp. z o.o. – Grupa IHAR, województwo opolskie (50°42'N, 18°28'E) i w Zakładzie Doświadczalnym Oceny Odmian Kościelna Wieś, województwo wielkopolskie (51°47'N, 18°00'E), w czterech sezonach wegetacyjnych (2010, 2011, 2012 i 2013). Doświadczenia założono w czterech powtórzeniach, w układzie kompletnie losowym na poletkach o powierzchniach: 10 m^2 (Bąków) i 16,5 m^2 (Kościelna Wieś). Do badań użyto pięć odmian jęczmienia jarego – Basza (Ba), Blask (Bl), Antek (A), Skarb (S) i Rubinek (R) oraz ich 10 mieszanek dwuskładnikowych i 10 kombinacji trójskładnikowych. Udział komponentów mieszanek wynosił 1 : 1 (Ba/Bl, A/Ba, Ba/S, Ba/R, Bl/A, Bl/S, Bl/R, A/S, A/R, S/R) lub 1 : 1 : 1 (A/Ba/Bl, Ba/Bl/S, Ba/Bl/R, Ba/S/R, A/Bl/S, Bl/A/R, A/R/S, Bl/R/S, A/Ba/S, A/Ba/R). W sumie badano 25 genotypów.

Badane genotypy (odmiany oraz ich mieszanki) obserwowano pod kątem plonu ziaren, masy tysiąca ziaren i stopnia porażenia przez mączniaka prawdziwego wyrażonego za pomocą wartości pola powierzchni wykresu pod krzywą rozwoju choroby (area under the disease progress curve – AUDPC) (Woźniak-Strzembicka i Nadziak 2001; Tratwal i Bocianowski 2014). Przed zbiorem z każdego obiektu pobierano ręcznie po 100 kłosów, które następnie poddano omłóceniu.

W pierwszej kolejności testowano normalność rozkładu obserwowanych cech przy użyciu testu normalności Shapiro-Wilka (Shapiro i Wilk 1965). Trójczynnikowa analiza wariancji (ANOVA) została przeprowadzona do weryfikacji hipotez o braku efektów genotypów (odmian i ich mieszanin), miejscowości i lat oraz wszystkich interakcji plonu ziaren, masy tysiąca ziaren i AUDPC. Wpływ wartości AUDPC i masy tysiąca ziaren na plon ziarna obliczono dla poszczególnych odmian i mieszanek odmian za pomocą analizy regresji wielokrotnej. Oceniono wartości

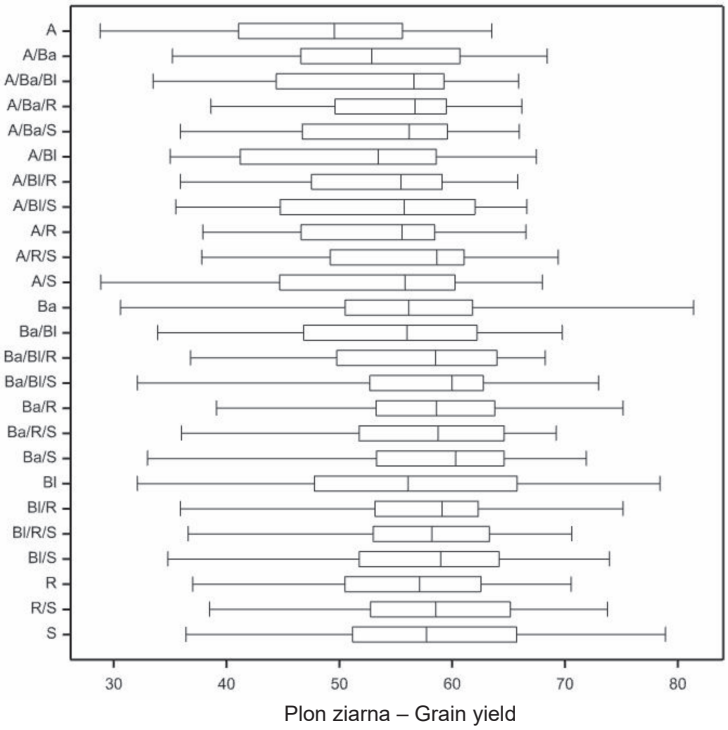
efektów i wyznaczono współczynnik determinacji dla każdego modelu.

Wyniki i dyskusja / Results and discussion

Wyniki analizy wariancji wskazują na istotne statystycznie ($\alpha = 0{,}001$) zróżnicowanie genotypów, miejscowości i lat prowadzenia badań oraz interakcji (genotypy × miejscowości, genotypy × lata, miejscowości × lata, genotypy × miejscowości × lata) pod względem wszystkich trzech obserwowanych cech: plonu ziarna (rys. 1), AUDPC (rys. 2) i masy tysiąca ziaren (rys. 3). W celu określenia znaczenia poszczególnych cech w kształtowaniu się plonu ziarna przeprowadzono analizę liniowej funkcji regresji wielokrotnej niezależnie dla badanych 25 genotypów (odmian i ich mieszanek) jęczmienia jarego.

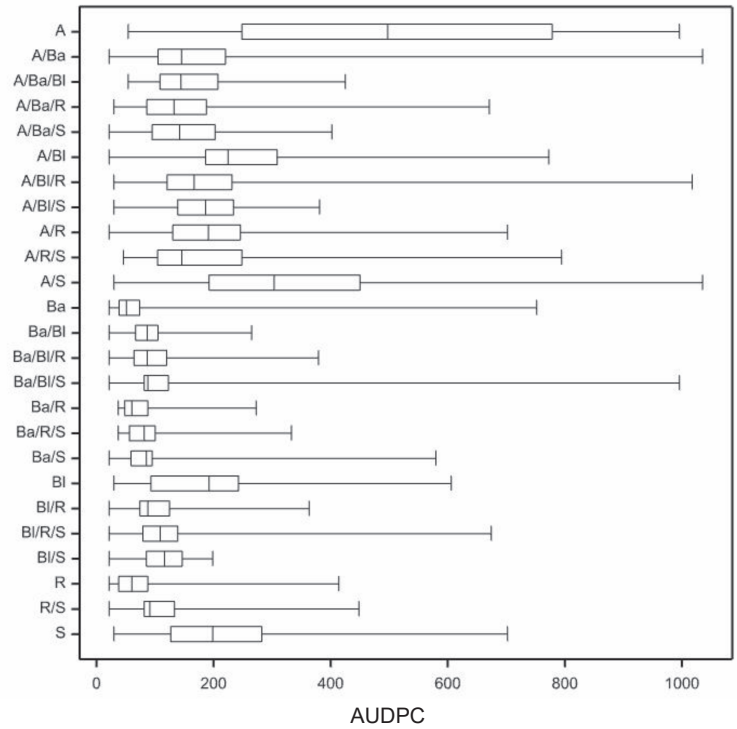
W analizie tej, zmienną zależną był plon ziarna, a zmiennymi przyczynowymi były AUDPC i masa tysiąca ziaren. Wyniki uzyskane po zastosowaniu analizy funkcji regresji wielokrotnej wskazują, że na plon ziarna jęczmienia jarego miała zawsze istotny wpływ masa tysiąca ziaren: dla każdej odmiany (tab. 1), dla każdej mieszanki podwójnej (tab. 2) i dla każdej mieszanki potrójnej (tab. 3). Wpływ ten zawsze był wprost proporcjonalny, to znaczy wzrost wartości masy tysiąca ziaren powodował wzrost plonu ziarna. Wartości cząstkowych współczynników regresji dla masy tysiąca ziaren były podobne i wynosiły od 1,1 (dla mieszanki Antek/Rubinek) do 1,454 (dla mieszanki Blask/Skarb) (tab. 2). Wartości AUDPC nie miały wpływu na plon ziarna dla żadnej z odmian jęczmienia jarego (tab. 1). AUDPC determinowało natomiast plon ziarna dla mieszanek podwójnych (Basza/Blask, Antek/Basza, Basza/Skarb, Basza/Rubinek oraz Blask/Skarb) i potrójnych (Antek/Basza/Blask, Antek/Blask/Skarb, Antek/Basza/Rubinek, Basza/Blask/Skarb oraz Basza/Rubinek/Skarb). W sześciu przypadkach (Ba/S, Ba/R, A/Ba/Bl, A/Ba/R, Ba/Bl/S i Ba/R/S) zależność była wprost proporcjonalna, natomiast w czterech przypadkach (Ba/Bl, A/Ba, Bl/S i A/Bl/S) odwrotnie proporcjonalna. Uzyskane procenty wyjaśnianej zmienności (wyrażone odpowiednimi współczynnikami determinacji, R^2) plonu ziarna wynosiły dla odmian czystych od 2,3% (dla odmiany Basza) do 15,5% (dla odmiany Antek) (tab. 1). Dla mieszanek odmian współczynniki determinacji charakteryzowały się większą zmiennością i wynosiły: dla mieszanek podwójnych od 1,0% (dla Bl/R) do 31,8% (dla Bl/S), a dla mieszanek potrójnych od 0,7% (dla Ba/Bl/R) do 29,7% (Ba/Bl/S). Uzyskane wyniki wskazują na celowość stosowania mieszanek odmian.

Analiza funkcji regresji wielokrotnej jest metodą użyteczną, stąd jest bardzo często stosowana (Kadłubiec i Kuriata 2004; Brzozowska i wsp. 2008; Singh i Sharma 2008;



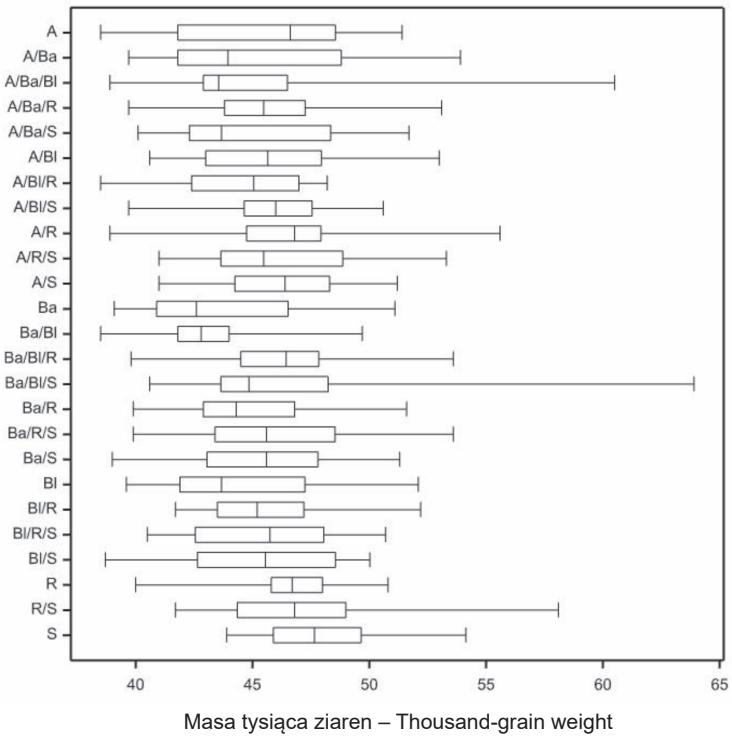
Rys. 1. Wykres pudełkowy plonu ziarna 25 genotypów jęczmienia jarego (pięć odmian: Basza, Blask, Antek, Skarb i Rubinek oraz wszystkie 10 możliwych mieszanek podwójnych i 10 mieszanek potrójnych)

Fig. 1. Boxplot of the grain yield of 25 spring barley genotypes (five cultivars: Basza, Blask, Antek, Skarb and Rubinek as well as all possible 10 double mixtures and 10 triple mixture combinations)



Rys. 2. Wykres pudełkowy pola powierzchni wykresu pod krzywą rozwoju choroby, AUDPC, 25 genotypów jęczmienia jarego (pięć odmian: Basza, Blask, Antek, Skarb i Rubinek oraz wszystkie 10 możliwych mieszanek podwójnych i 10 mieszanek potrójnych)

Fig. 2. Boxplot of the area under the disease progress curve, AUDPC, of 25 spring barley genotypes (five cultivars: Basza, Blask, Antek, Skarb and Rubinek as well as all possible 10 double mixtures and 10 triple mixture combinations)



Rys. 3. Wykres pudełkowy masy tysiąca ziaren 25 genotypów jęczmienia jarego (pięć odmian: Basza, Blask, Antek, Skarb i Rubinek oraz wszystkie 10 możliwych mieszanek podwójnych i 10 mieszanek potrójnych)

Fig. 3. Boxplot of the thousand-grain weight of 25 spring barley genotypes (five cultivars: Basza, Blask, Antek, Skarb and Rubinek as well as all possible 10 double mixtures and 10 triple mixture combinations)

Tabela 1. Wyniki wielokrotnej analizy regresji AUDPC i masy tysiąca ziaren na plon ziarna dla odmian jęczmienia jarego
Table 1. Multiple regression analysis results for AUDPC and thousand-grain weight influenced on grain yield for cultivars of spring barley

Genotyp Genotype	Stała regresji (błąd standardowy) Regression constant (standard error)	AUDPC (błąd standardowy) (standard error)	Masa tysiąca ziaren (błąd standardowy) Thousand-grain weight (standard error) [g]	Procent wyjaśnianej zmienności Percentage of variation accounted
Basza – Ba	59,3* (26,5)	–0,009 (0,001)	1,286** (0,608)	2,3
Blask – Bl	14,3 (24,2)	–0,026 (0,014)	1,371** (0,551)	12,6
Antek – A	18,0 (9,01)	–0,008 (0,004)	1,153** (0,065)	15,5
Skarb – S	20,1 (32,0)	–0,018 (0,013)	1,276** (0,068)	6,5
Rubinek – R	–11,7 (30,7)	–0,0004 (0,0187)	1,193** (0,044)	11,1

*istotne na poziomie $\alpha = 0,05$ – significant at $\alpha = 0.05$ level
**istotne na poziomie $\alpha = 0,001$ – significant at $\alpha = 0.001$ level

Tabela 2. Wyniki wielokrotnej analizy regresji AUDPC i masy tysiąca ziaren na plon ziarna dla mieszanek podwójnych jęczmienia jarego
Table 2. Multiple regression analysis results for AUDPC and thousand-grain weight influenced on grain yield for double mixture combinations of spring barley

Genotyp Genotype	Stała regresji (błąd standardowy) Regression constant (standard error)	AUDPC (błąd standardowy) (standard error)	Masa tysiąca ziaren (błąd standardowy) Thousand-grain weight (standard error) [g]	Procent wyjaśnianej zmienności Percentage of variation accounted
Basza/Blask – Ba/Bl	10,9 (33,1)	–0,092* (0,039)	1,368** (0,092)	17,2
Antek/Basza – A/Ba	32,0 (17,9)	–0,104* (0,009)	1,170** (0,059)	10,1
Basza/Skarb – Ba/S	52,3* (24,0)	0,173* (0,019)	1,224** (0,059)	15,7
Basza/Rubinek – Ba/R	43,8 (24,2)	0,127* (0,033)	1,249** (0,068)	9,8
Antek/Blask – A/Bl	21,0 (20,2)	–0,012 (0,011)	1,174** (0,069)	4,3
Antek/Skarb – A/S	34,0 (30,8)	–0,001 (0,007)	1,144** (0,066)	1,1
Antek/Rubinek – A/R	50,08** (8,52)	–0,010 (0,012)	1,100** (0,084)	2,2
Blask/Skarb – Bl/S	58,6* (21,6)	–0,109** (0,029)	1,454** (0,084)	31,8
Blask/Rubinek – Bl/R	23,5 (24,9)	0,012 (0,020)	1,215** (0,061)	1,0
Rubinek/Skarb – R/S	58,7* (23,6)	–0,012 (0,023)	1,220** (0,071)	7,3

*istotne na poziomie $\alpha = 0,05$ – significant at $\alpha = 0.05$ level
**istotne na poziomie $\alpha = 0,001$ – significant at $\alpha = 0.001$ level

Tabela 3. Wyniki wielokrotnej analizy regresji AUDPC i masy tysiąca ziaren na plon ziarna dla mieszanek potrójnych jęczmienia jarego
Table 3. Multiple regression analysis results for AUDPC and thousand-grain weight influenced on grain yield for triple mixture combinations of spring barley

Genotyp Genotype	Stała regresji (błąd standardowy) Regression constant (standard error)	AUDPC (błąd standardowy) (standard error)	Masa tysiąca ziaren (błąd standardowy) Thousand-grain weight (standard error) [g]	Procent wyjaśnianej zmienności Percentage of variation accounted
Antek/Basza/Blask – A/Ba/Bl	72,0** (19,8)	0,106* (0,023)	1,120** (0,094)	17,6
Antek/Blask/Skarb – A/Bl/S	9,2 (31,9)	–0,196* (0,019)	1,239** (0,080)	19,1
Antek/Basza/Rubinek – A/Ba/R	20,9 (18,6)	0,141* (0,010)	1,179** (0,048)	15,1
Antek/Blask/Rubinek – A/Bl/R	56,4* (24,6)	–0,004 (0,008)	1,192** (0,056)	1,2
Antek/Basza/Skarb – A/Ba/S	24,7 (18,5)	–0,029 (0,017)	1,278** (0,065)	12,1
Blask/Rubinek/Skarb – Bl/R/S	24,9 (24,1)	–0,013 (0,012)	1,278** (0,055)	2,8
Basza/Blask/Rubinek – Ba/Bl/R	44,1 (25,2)	–0,014 (0,021)	1,266** (0,064)	0,7
Antek/Rubinek/Skarb – A/R/S	23,9 (21,5)	–0,001 (0,003)	1,196** (0,052)	1,0
Basza/Blask/Skarb – Ba/Bl/S	78,5** (19,3)	0,102* (0,011)	1,239** (0,063)	29,7
Basza/Rubinek/Skarb – Ba/R/S	14,4 (21,9)	0,122* (0,023)	1,217** (0,069)	29,2

*istotne na poziomie $\alpha = 0,05$ – significant at $\alpha = 0.05$ level
**istotne na poziomie $\alpha = 0,001$ – significant at $\alpha = 0.001$ level

Mousanejad i wsp. 2009; Bocianowski 2012). Analizę funkcji regresji wielokrotnej zastosowano do opisu zależności przyczynowo-skutkowej wybranych zmiennych ilościowych względem plonu ziarna. Do licznych zalet tej metody należą między innymi prostota analiz oraz łatwość interpretacji wyników.

Wnioski / Conclusions

1. Liniowa regresja wielokrotna umożliwia ocenę równoczesnego wpływu wielu cech na np. plon ziarna.
2. Masa tysiąca ziaren wpływa istotnie statystycznie na plon ziarna dla wszystkich odmian i wszystkich mieszanek podwójnych i potrójnych. Wpływ ten był zawsze wprost proporcjonalny.
3. Wartości AUDPC nie wpływały na plon ziarna dla odmian czystych. Miały natomiast istotny statystycznie wpływ na plon ziarna dla dziesięciu z dwudziestu mieszanek. Wpływ ten miał różny kierunek.
4. Uzyskane wyniki wskazują na celowość stosowania mieszanek odmian.

Literatura / References

Allard R.W., Adams J. 1969. Population studies in predominantly self-pollinating species. XIII. Inter-genotypic competition and population structure in barley and wheat. The American Naturalist 103 (934): 620–645. DOI: 10.1086/282630.

Bocianowski J. 2012. Analytical and numerical comparisons of two methods of estimation of additive × additive interaction of QTL effects. Scientia Agricola 69 (4): 240–246. DOI: 10.1590/S0103-90162012000400002.

Brzozowska I., Brzozowski J., Hruszka M. 2008. Plonowanie i struktura plonu pszenicy ozimej w zależności od sposobu pielęgnacji i nawożenia azotem. Acta Agrophysica 11 (3): 597–611.

Dyrektywa Parlamentu Europejskiego i Rady 2009/128/WE z dnia 21 października 2009 r. ustanawiająca ramy wspólnotowego działania na rzecz zrównoważonego stosowania pestycydów (https://eur-lex.europa.eu/legal-content/pl/TXT/?uri=CELEX:32009L0128).

Jammalamadaka S.R. 2003. Introduction to linear regression analysis. The American Statistician 57 (1): 67. DOI: 10.1198/tas.2003.s211.

Kadłubiec W., Kuriata R. 2004. Wielocechowa analiza kształtowania plonu ziarna linii wsobnych i mieszańców F1 kukurydzy. [Multiple analyses of traits determining grain yield of inbred lines and hybrids F1 of maize]. Biuletyn Instytutu Hodowli i Aklimatyzacji Roślin 231: 419–424.

Kurowski T.P., Marks M., Kurowska A., Orzech K. 2005. Stan sanitarny i plonowanie jęczmienia jarego w zależności od sposobu uprawy roli. [Sanitary state and yielding of spring barley as dependent on soil tillage metod]. Acta Agrobotanica 58 (2): 335–346. DOI: 10.5586/aa.2005.060.

Matyjaszczyk E. 2012. Dostępność środków ochrony roślin w Polsce a integrowana ochrona roślin i bezpieczeństwo żywności. [Availability of plant protection products in poland versus integrated pest management and food safety]. Roczniki Ekonomii Rolnictwa i Rozwoju Obszarów Wiejskich 99 (4): 145–150.

Mousanejad S., Alizadeh A., Safaie N. 2009. Effect of weather factors on spore population dynamics of rice blast fungus in Guilan province. [Działanie czynników pogodowych na dynamikę populacji zarodników grzyba wywołującego zgorzel ryżu w prowincji Guilan]. Journal of Plant Protection Research 49 (3): 319–329. DOI: 10.2478/v10045-009-0051-z.

Nadziak J., Gacek E. 2000. Teoretyczne i praktyczne aspekty uprawy międzygatunkowych mieszanek zbóż. [Practical and theoretical aspects of growing of cereal species mixtures]. Biuletyn Instytutu Hodowli i Aklimatyzacji Roślin 216 (2): 357–364.

Oleksy A., Szmigiel A. 2005. Wielkość i struktura plonu mieszanek pszenżyta z pszenicą ozimą w zależności od udziału komponentów. [Amount and structure of yield of triticale and winter wheat mixtures depending on proportions of the components]. Biuletyn Instytutu Hodowli i Aklimatyzacji Roślin 236: 65–74.

Pruszyński S. 2006. Ochrona upraw w rolnictwie zrównoważonym. [Crop protection in sustainable agriculture]. Problemy Inżynierii Rolniczej 2 (52): 71–80.

Pruszyński S., Wolny S. 2009. Przewodnik dobrej praktyki ochrony roślin. Instytut Ochrony Roślin – Państwowy Instytut Badawczy, Poznań, 80 ss. ISBN 978-83-89867-39-1.

Shapiro S.S., Wilk M.B. 1965. An analysis of variance test for normality (complete samples). Biometrika 52 (3/4): 591–611. DOI: 10.2307/2333709.

Singh M.P., Sharma S.C. 2008. Studies on bio-energetics of draught buffalo. [Studia nad bioenergetyką bawołu domowego]. Technical Sciences 11: 21–34. DOI: 10.2478/v10022-008-0024-x.

Szmigiel A., Kołodziejczyk M., Oleksy A., Kulig B. 2016. Reakcja odmian jęczmienia jarego browarnego na zróżnicowane technologie uprawy. [The response of spring malting barley cultivars to different cultivation systems]. Fragmenta Agronomica 33 (2): 81–91.

Tratwal A., Bocianowski J. 2014. *Blumeria graminis* f. sp. *hordei* virulence frequency and the powdery mildew incidence on spring barley in the Wielkopolska province. Journal of Plant Protection Research 54 (1): 28–35. DOI: 10.2478/jppr-2014-0005.

Wolfe M.S. 1990. Intra-crop diversification: disease, yield and quality. Monograph - British Crop Protection Council 45: 105–114.

Wolfe M.S., Lannou C., Pope C., Finckh M.R., Munk L., Merz U., Valenghi D., Gacek E. 1997. Variety mixtures in theory and practice. Cost Action 817. Compiled by Working Group 2. INRA-Grignon-France, May 1997, 15 ss.

Woźniak-Strzembicka A., Nadziak J. 2001. Powdery mildew *Erysiphe graminis* f. sp. *hordei* reduction in mixtures of spring wheat cultivars in comparison with their pure stands. Phytopathologia Polonica 22: 61–70.