

WYKORZYSTANIE ANALIZY ŚCIEŻEK DO OCENY WSPÓŁZALEŻNOŚCI POMIĘDZY CECHAMI TECHNOLOGICZNYMI PSZENICY OZIMEJ

Tadeusz Śmiałowski, Maria Stachowicz

Instytut Hodowli i Aklimatyzacji Roślin
Zakład Roślin Zbożowych w Krakowie
Zawiła 4a, 30-423 Kraków
e-mail zhsma1o@cyf-kr.edu.pl

Streszczenie

Celem wykonanej analizy ścieżek było poznanie bezpośrednich i pośrednich wpływów 12 cech przyczynowych (niezależnych); liczba sedimentacji (X_1), liczba opadania (X_2), zawartość białka w suchej masie ziarna (X_3), wodochłonność mąki (X_4), rozmiękczenie ciasta (X_5), energia ciasta (X_6), wydajność mąki (X_7), czas stałości ciasta (X_8), czas rozwoju ciasta (X_9), zawartość glutenu mokrego (X_{10}), gluten indeks (X_{11}), jakość miękiszu chleba (X_{12}) na cechę wynikową (zależną) Y tj. wydajność wypieku (mierzoną objętością chleba). Do analizy wykorzystano macierz współczynników korelacji fenotypowych pomiędzy ww. 13 cechami będącymi wskaźnikami jakości technologicznej.

W celu przedstawienia związków przyczynowo-skutkowych i możliwości wnioskowania utworzono diagram ścieżek elementarnych. Otrzymane dane wykorzystano do utworzenia równania regresji wielokrotnej.

Na podstawie cząstkowych współczynników regresji stwierdzono, że największy dodatni bezpośredni wpływ na wydajność wypieku miała jakość miękiszu (0,923). Nie stwierdzono wpływu innych silnych efektów działania pozostałych cech na objętość chleba. Przeprowadzona analiza ścieżek okazała się przydatna do ujawnienia wzajemnych powiązań pomiędzy badanymi cechami technologicznymi pszenicy ozimej. Uzyskana wiedza może być wykorzystana w hodowli nowych jakościowych pszenic ozimych.

Słowa kluczowe: analiza ścieżek, jakość technologiczna ziarna, pszenica ozima

Klasyfikacja AMS 2000: 62P10

1. Wstęp

Produkcja dobrego pieczywa pszennego wymaga dobrej jakości ziarna i mąki przeznaczonej do wypieku chleba Banaszak i in. (2006). Dlatego w laboratoriach oceniających przydatność wypiekową nowych odmian pszenicy ozimej bada się aż 13 cech będących wskaźnikami jakości technologicznej ziarna, mąki i ciasta Cygankiewicz i in. (1995). Z tego powodu hodowcy pszenicy ozimej zmuszeni są w trakcie hodowli pszenic jakościowych utrzymywać odpowiedni poziom tych cech, mając świadomość, że pomiędzy tymi cechami występują różnej siły wzajemne zależności i współzależności. Zatem prowadząc selekcję na poszczególne cechy technologiczne nie powinno się znacznie pogarszać jednej w przypadku polepszania innej. Pomiedzy tymi cechami zachodzą różnej siły zależności i współzależności na które zwracali uwagę niektórzy badacze zajmujący się oceną jakości technologicznej Ceglińska i in. (2003), Bichoński (1995), Węgrzyn i in. (2002) nie wnikając jednak szczegółowo we wzajemne powiązania przyczynowo-skutkowe. Dlatego niniejsza praca jest próbą poznania wzajemnych zależności i współzależności pomiędzy cechami technologicznymi rodów i odmian pszenicy ozimej do której wykorzystano analizę ścieżkową. Analiza taka umożliwi ocenę bezpośrednich i pośrednich wpływów grupy cech na inną ważną cechę. Metoda ta jest praktyczną i przydatną do poznania wzajemnych związków przyczynowo-skutkowych pomiędzy cechami z której skorzystano u innych gatunków roślin w tym zbóż Bichoński i in. (2002), Johnson i in. (1983), Mądry i in. (1995), Rozbicki (1997), Sidwell (1977), Śmiałowski i in. (2006). Kierując się tymi przesłankami przyjęto, że poznanie bezpośrednich i pośrednich wpływów będzie pomocne w poznaniu związków przyczynowo-skutkowych pomiędzy cechami jakości technologicznej pszenicy ozimej i przyczyni się do skutecznej selekcji materiałów hodowlanych.

2. Materiał i metoda badań

Materiałem badawczym były wyniki analiz technologicznych 55 rodów pszenic ozimych zebranych w 2006 roku z doświadczeń odmianowych przeprowadzonych w 3 miejscowościach.

Analiza technologiczna dotyczyła 13 cech ziarna, mąki i chleba; liczby sedymentacji, liczby opadania, zawartości białka w suchej masie ziarna, wodochłonności mąki, rozmiękczenia ciasta, energii ciasta, wydajności mąki, czasu stałości ciasta, czasu rozwoju ciasta, zawartości glutenu mokrego, indeks

glutenu, liczby wartości chleba jako wskaźnika jakości mięksiszu i objętości chleba zmierzonych w próbnym wypieku Cygankiewicz (1995), Śmiałowski i in. (2007).

Stosownie do założenia wykonano analizę ścieżek do której wykorzystano współczynniki korelacji fenotypowych obliczonych pomiędzy wyżej wymienionymi cechami.

Jako cechę zależną (wynikową) przyjęto objętość chleba jako miara wydajności wypieku (Y) a cechami niezależnymi pozostałe 12 cech. W celu przedstawienia związków przyczynowo-skutkowych i możliwości wnioskowania utworzono diagram ścieżek elementarnych, w którym ustalono, że wpływ na objętość chleba (Y) ma pozostałe 12 cech: liczba sedymentacji (X_1), liczba opadania (X_2), zawartość białka w suchej masie ziarna (X_3), wodochłonność mąki (X_4), rozmiękczenie ciasta (X_5), energia ciasta (X_6), wydajność mąki ogółem (X_7), czas stałości ciasta (X_8), czas rozwoju ciasta (X_9), gluten mokry (X_{10}), gluten indeks (X_{11}) i jakość mięksiszu chleba (X_{12}).

Współczynniki korelacji pomiędzy X_i i Y obliczono wg standardowego wzoru

$$r_{(x,y)} = \frac{Cov(X_i Y)}{\sqrt{Var(X_i) \cdot Var(Y)}}, \quad i = 1, 2, 3, \dots, 12.$$

Prosty graficzny diagram wzajemnych powiązań pomiędzy zmiennymi niezależnymi X_1, X_2, X_3 a zmienną zależną Y zastosowany do analizy ścieżek przedstawia Arshad i in. (2005). Przyjęto, że strzałka biegnąca od przyczyny X_1 do skutku Y jest ścieżką elementarną, natomiast dwustronne strzałki pomiędzy X_1, X_2, X_3 są ścieżkami złożonymi i pokazują wpływ zmiennych niezależnych tj. $X_1, X_2, X_3, \dots, X_n$ na zmienną zależną Y . Symbolem R oznaczono resztową zmienną losową.

Obliczenia współczynników ścieżek wykonano wg układu równań zaproponowanego przez Deveya i Lu (1956).

Do obliczenia współczynników ścieżek utworzono układ równań normalnych o ogólnym wzorze; $r_{ij} = P_{(yj)} + r_{(x_1, x_2)} P_{1j} + r_{(x_1, x_3)} P_{2j} + \dots + r_{(x_i, x_j)} P_{ij}$, gdzie P_{yj} – jest współczynnikiem ścieżki pomiędzy i -tą zmienną niezależną X_i a zmienną zależną Y , $r_{(x_i, x_j)}$ - współczynnikami korelacji pomiędzy zmiennymi niezależnymi $X_1, X_2, X_3, \dots, X_n$ natomiast $P_{(1,j)}, P_{(2,j)}, \dots, P_{Yk}$ są współczynnikami ścieżek pomiędzy zmiennymi niezależnymi X_i a zmienną zależną Y .

Obliczone współczynniki ścieżek nazywane są też efektami bezpośrednimi i traktujemy jako mierniki bezpośredniego działania zmiennych niezależnych na zmienną zależną Mądry (1995).

Istotność obliczonych efektów bezpośrednich sprawdzono testem „t”, traktując współczynniki ścieżek jako cząstkowe współczynniki regresji w modelu regresji wielokrotnej Mądry i in. (1995).

3. Wyniki badań

Utworzone na tej podstawie równanie regresji wielokrotnej z rozpatrywanych danych przedstawiało się następująco

$$Y = -0,114X_1 - 0,041X_2 - 0,023X_3 - 0,049X_4 - 0,161X_5 - 0,085X_6 + 0,079X_7 + \\ + 0,069X_8 - 0,047X_9 + 0,186X_{10} + 0,068X_{11} + 0,923X_{12}.$$

Szczegółową analizę wpływu poszczególnych zmiennych niezależnych - przyczynowych $X_1, X_2, X_3 \dots X_{12}$ na zmienną zależną - objętość chleba (Y) na podstawie ocen efektów bezpośrednich i pośrednich przedstawiono w tabeli 1. Efekty bezpośrednie w tabeli 1 zostały podkreślone.

Stwierdzono wysoce istotny dodatni współczynnik korelacji pomiędzy objętością ciasta a jakością miękiszu ($r = 0,939$), nieco mniejszej wartości współczynniki korelacji ale jeszcze istotne z liczbą sedymentacji ($r = 0,414$) i energią ciasta ($r = 0,369$) oraz ujemną korelację objętości chleba z rozmiękczeniem ciasta ($r = -0,433$) (tab. 1). Na podstawie przeprowadzonej analizy ścieżkowej stwierdzono silny bezpośredni dodatni efekt tylko pomiędzy objętością chleba (Y) a jakością miękiszu X_{12} (0,923), zatem potwierdziła się silna zależność pomiędzy tymi cechami (tab. 1). Natomiast wartość innego współczynnika korelacji pomiędzy objętością chleba a liczbą sedymentacji ($r = 0,414$) na efekty bezpośrednie i pośrednie, ujawnił słaby ujemny wpływ bezpośredni liczby sedymentacji na objętość chleba (-0,114). Ujawnił się natomiast silny efekt pośredni jakości miękiszu (0,357) (tab. 1). Inna istotna ale ujemna korelacja pomiędzy objętością chleba a rozmiękczeniem ciasta ($r = -0,433$) również charakteryzuje się słabym efektem bezpośrednim (-0,161) (tab. 1). Również w tym przypadku analiza ścieżek ujawniła silny pośredni ujemny wpływ jakości miękiszu X_{12} (-0,342), na rozmiękczenie ciasta nieznacznie osłabiany słabymi efektami pośrednimi pozostałych cech (tab. 1).

Tabela 1. Efekty bezpośrednie i pośrednie oraz współ. korelacji pomiędzy objętością chleba a cechami technologicznymi pszenicy ozimej

Zmienne Traits	X ₁	X ₂	X ₃	X ₄	X ₅	X ₆	X ₇	X ₈	X ₉	X ₁₀	X ₁₁	X ₁₂	r
Liczba sedymentacji. Sedimentation values	X ₁ -0,114	-0,008	0,013	-0,088	0,112	-0,063	0,022	0,043	-0,025	0,044	0,040	0,357	0,414*
Liczba opadania Falling number	X ₂ -0,022	-0,041	0,005	-0,003	0,031	-0,007	0,001	0,010	-0,010	0,050	0,002	0,111	0,127
Zawartość białka Protein content	X ₃ -0,065	-0,010	-0,023	-0,003	0,073	-0,031	-0,004	0,027	-0,027	0,127	0,004	0,180	0,294
Wodochłonność Water absorption	X ₄ -0,019	-0,003	0,002	-0,049	0,010	0,015	0,004	-0,013	0,002	0,075	-0,017	0,240	0,247
Rozmięczenie ciasta Dough softness	X ₅ 0,080	0,008	-0,010	0,003	-0,161	0,072	-0,003	-0,061	0,034	0,000	-0,050	-0,342	-0,433*
Energia ciasta Dough energy	X ₆ -0,084	-0,004	0,008	0,009	0,136	-0,085	0,011	0,057	-0,027	-0,030	0,058	0,318	0,369
Wydajność mąki Flour yield	X ₇ -0,031	-0,001	-0,001	-0,002	0,006	-0,012	0,079	0,008	0,001	-0,007	0,017	-0,041	0,017
Czas stałości ciasta Dough stability	X ₈ 0,009	-0,071	0,143	0,009	0,009	-0,006	-0,071	0,069	-0,038	-0,025	0,052	0,195	0,277
Czas rozwoju ciasta Dough extensions	X ₉ 0,055	-0,002	-0,049	0,117	0,002	0,013	-0,008	-0,061	-0,047	0,040	0,030	0,216	0,3
Ilość glutenu (mokry) Gluten content (wet)	X ₁₀ -0,010	-0,009	-0,003	0,014	0,000	-0,032	0,016	-0,011	-0,027	0,186	-0,033	0,131	0,234
Gluten indeks (G.index)	X ₁₁ -0,089	-0,021	0,053	0,020	-0,073	0,119	0,012	0,001	-0,001	-0,067	0,068	0,212	0,235
Jakość miękiszu Bread quality	X ₁₂ 0,016	0,026	-0,011	0,015	-0,003	-0,029	0,060	-0,013	0,004	-0,005	-0,044	0,923	0,939**
Efekt resztowy Residual effect	P _{X13}	=0,328											
Współ. determinacji Coefficient of determination	R ²	= 91,28 %											

* , ** - istotne dla P=0,05 lub 0,01; r - współczynnik korelacji, X₁X₂...X₁₂X₁₂ - efekty bezpośrednie podkreślono

Przeprowadzona próba analizy ścieżkowej okazała się przydatna do ujawnienia wzajemnych powiązań pomiędzy badanymi cechami technologicznymi pszenicy ozimej i może być wykorzystana w hodowli nowych jakościowych pszenic ozimych. W dostępnej literaturze dotyczącej oceny cech technologicznych pszenicy ozimej Autorzy nie spotkali analiz przyczynowo-skutkowych pomiędzy tymi cechami. Nieliczne prace opisują współzależności pomiędzy cechami technologicznym ale uzyskane wyniki oparte są na obliczonych współczynnikach korelacji bez pogłębiania zjawisk obejmujących wzajemne powiązania. Dlatego prezentowana praca stanowi próbę poszerzenia wiedzy dotyczącej zależności i współzależności cech technologicznych pszenicy ozimej wykorzystywanych do selekcji materiałów hodowlanych tego gatunku.

4. Wnioski

Analiza ścieżek wykorzystana do oceny związków w zespole cech determinujących jakość mąki, ciasta i chleba pszenicy ozimej okazała się przydatna do poznania uwarunkowań wydajności wypieku chleba tego gatunku.

Na podstawie przeprowadzonej analizy ścieżkowej stwierdzono, że zmienność objętości chleba (jako cechy określającej wydajność wypiekową chleba) w serii doświadczeń z 3 miejscowości została wyjaśniona silnym liniowym bezpośrednim wpływem jednej cechy tj. jakości miękiszu (silnie wzmacniająca cechę wynikową).

Nie stwierdzono natomiast silnego istotnego wpływu bezpośredniego pomiędzy innymi ważnymi cechami a objętością chleba.

Literatura cytowana

- Arshad I.A., Muhammed F., Ghafor A. (2005). Multivariate Analysis of Mash Data. *Journal of Applied Science* 5 (1), 113-117.
- Banaszak Z. Majchrzycki D. (2006). Pszenica jakościowa – od hodowcy do młynarza. *Przegląd zbożowo-młynarski*, 17-19.
- Bichoński A. (1995). Ocena wybranych cech technologicznych z kolekcji pszenicy ozimej. *Biul. IHAR*. 194, 131-138.
- Ceglińska A., Cacak Pietrzak. G., Haber T. (2003). Współzależność pomiędzy cechami jakościowymi rodów pszenicy ozimej. *Biul. IHAR*. 230., 65-70.
- Cygangiewicz A. (1995). Ocena niektórych cech jakościowych nowych rodów hodowlanych pszenicy ozimej i jarej. *Biul. IHAR* 194, 139-148.
- Dewey D.R., Lu K. H. (1959). A correlation and Path-Coefficient. Analysis of Components of Crested Wheatgrass Seed Production. *Agr. Journ.*, 515-517.

- Johnson S.K., Hiesel. D.B. Frey. K.J. (1983). Direct and Indirect Selection for Grain Yield in Oat (*Avena sativa* L.). *Euphytica* t. 32. vol. 3., 407-413.
- Mądry W., Pietrzykowski R., Rozbicki J. (1995). Wykorzystanie analizy współczynników ścieżek do badania wpływu cech rozwijających się w trakcie ontogenezy na plon ziarna z powierzchni pszenżyta ozimego. *Rocz. Nauk Rol.*, s.A.T. 111. z. 2-3, 9-21.
- Rozbicki J. (1997). Agrotechniczne uwarunkowania wzrostu, rozwoju i plonowania pszenżyta ozimego. Fundacja - Rozwój SGGW. Warszawa. *Rozprawa habilitacyjna*.
- Sidwell. R.J., Smith E.L., McNew R.W. (1976). Inheritance and Interrelationships of Grain Yield and Selected Yield Related Traits in a Hard Red Winter Wheat. *Cross. Crop. Sci.*, v. 16, 650-654.
- Śmiałowski T., Nita Z., Witkowski E. (2006). Ocena współzależności cech pszenicy ozimej na podstawie analizy ścieżek. *Biul. IHAR* nr 240/241, 43-50.
- Śmiałowski T., Stachowicz M. (2007). Ocena wartości technologicznej nowych rodów pszenicy ozimej badanych z doświadczeń wstępnych w latach 2005-2006. *Biul. IHAR* 245, 57-66.

THE USE OF THE PATH ANALYSIS TO THE ESTIMATION OF THE INTERRELATIONSHIPS AMONG TECHNOLOGICAL TRAITS OF THE WINTER WHEAT

Summary

The aim of the conducted path analysis was estimation of direct and indirect effects of the 12 independent traits of the technological of grain, flour, bread of winter wheat; the number sedimentation of the flour (X_1), the falling number of the flour (X_2), the protein content in of grain (X_3), the water absorption of the flour (X_4), of the softness dough (X_5), the energy of dough (X_6), the efficiency of the flour (X_7), the time of stability dough (X_8), the extension of the dough (X_9), the gluten content in flour (wet) (X_{10}), the gluten index (X_{11}) and quality bread (X_{12}), dependent trait was the efficiency of bread, (Y). For analyses the matrix of phenotypic coefficients of correlation among above mentioned 13 traits which are indicators of the technological quality was used. Obtained data were used to obtain multiple regression.

The values of the partial regression coefficients prove that the highest positive direct effects on the efficiency of bread had the bread quality (0,923).

Other of the traits had not the strong direct effects on the bread efficiencies.

The conducted path analysis appeared useful for the estimation of interrelationships among investigated technological traits of the winter-wheat. Obtained results can be useful in the breeding of new qualitative winter wheat varieties.

Key words and phrases: path analysis, technological grain quality, winter wheat

Classification AMS 2000: 62P10