

HELENA KUBICKA ^{1,2}**DOROTA DEC** ²¹Ogród Botaniczny — CZRB PAN, Warszawa²Katedra Rozwoju Rolnictwa i Agrobiznesu, Politechnika Białostocka

Analiza genetyczna długości i szerokości liścia flagowego i podflagowego u żyta ozimego (*Secale cereale* L.)

Genetical analysis of length and width of flag leaf and subflag leaf in winter rye (*Secale cereale* L.)

W pracy analizowano sposób dziedziczenia długości i szerokości liścia flagowego i podflagowego u dwóch linii wsobnych żyta ozimego (*Secale cereale* L.): L176 i L260 pokolenia S₁₂, charakteryzujących się pod względem tych cech skrajnymi wartościami. W tym celu obserwowano rozszczepienie roślin w pokoleniach F₁, F₂ i krzyżówkach wstecznych, uzyskanych po skrzyżowaniu tych linii. W pokoleniu F₁ rośliny miały długość i szerokość liścia flagowego i podflagowego pośrednią w stosunku do form rodzicielskich. Natomiast w pokoleniu F₂ wystąpiło rozszczepienie wskazujące, że długość liścia flagowego i podflagowego uwarunkowana była trzema genami o addytywnym efekcie działania. Szerokość liścia flagowego i podflagowego była determinowana dwoma addytywnymi genami. Zaobserwowano, że wraz ze wzrostem wielkości liścia flagowego zwiększał się liść podflagowy.

Słowa kluczowe: dziedziczenie, liść flagowy i podflagowy, żyto ozime

The inheritance of length and width of flag and subflag leaves was studied in two S₁₂ generation inbred lines of winter rye (*Secale cereale* L.). The lines (L176 and L260) showed extremally different values of the investigated leaf characters. Segregation was analysed in the F₁, F₂ generations and in back-cross progeny of hybrids between the lines. In comparison to the parental forms, the length and width of the flag and subflag leaves in the F₁ generation was intermediate. The F₂ segregation indicated determination of the character by three genes with additive effect. The width of the flag and subflag leaves was determined by two additive genes. Size of the flag leaf was positively correlated with that of the subflag one.

Key words: flag leaf, inheritance, subflag leaf, winter rye

WSTĘP

Wielkość liści, a szczególnie flagowych i podflagowych, u roślin zbożowych ma duże znaczenie, ponieważ liście na równi z kłosem, uczestniczą w magazynowaniu i transporcie produktów asymilacji w czasie napełniania ziarna.

Berdahl i wsp. (1972) oraz Dunder (1975) potwierdzili istnienie wysokiej korelacji pomiędzy rozmiarami liścia flagowego a produktywnością roślin u jęczmienia i pszenicy. Następnie Mahmood i wsp. (1991) wykazali, że usunięcie liścia flagowego u pszenicy w fazie kłoszenia powoduje redukcję: plonu o 16,1%, masy 1000 ziaren o 11,2% i liczby ziaren w kłosie o 12,9%.

Natomiast według Thorne (1965) i Borojevic i Karljevic-Balatic (1980) u pszenicy nie tylko wielkość liści, ale także ich ustawienie oraz kolejność ich położenia na roślinie, mają istotny wpływ na aktywność fotosyntetyczną, a w efekcie końcowym na wysokość plonu. Jedynie Fischer i wsp. (1998) otrzymali odmienne wyniki badań wskazujące na brak zależności pomiędzy wielkością powierzchni liścia flagowego a wysokością plonu u pszenicy.

W literaturze jest niewiele doniesień na temat sposobu dziedziczenia długości i szerokości liścia flagowego u pszenicy (Hsu i Walton 1970; Borojevic i Kraljevic-Balatic, 1980; Lonc, 1985; Simon, 1999), ryżu (Juni Kwak, 1984; Chang Jae Ki i in., 1998) i prawie brak takich informacji na temat żyta (Kubicka i Malepszy, 1996).

Dlatego celem pracy było określenie sposobu dziedziczenia długości i szerokości liścia flagowego i podflagowego u ustalonych linii wsobnych żyta ozimego i mieszańców F_1 i F_2 oraz krzyżówek wstecznych.

MATERIAŁ I METODY

W doświadczeniu wykorzystano dwie linie wsobne pokolenia S_{12} : L176 i L260, wyselekcjonowane z odmian uprawnych: Dańkowskie Złote i Pancerne żyta ozimego (*Secale cereale* L.). Linie skrzyżowano w obu kierunkach i otrzymano pokolenie F_1 , następnie poprzez samozapylenie tego potomstwa uzyskano pokolenie F_2 . Przeprowadzono również krzyżowanie wsteczne. Wysiano po 60 roślin każdej z linii wsobnej, 200 roślin pokolenia F_1 , 1922 roślin pokolenia F_2 , 171 roślin pokolenia Bc_1 (P_1) i 77 roślin pokolenia Bc_1 (P_2) w rozstawie 25 x 25 cm.

Wykonano pomiary długości i szerokości liścia flagowego i podflagowego na pędzie głównym (pierwszy pęd wychodzący z pochwy liściowej) u roślin linii wsobnych i mieszańców F_1 , F_2 oraz krzyżówek wstecznych. Obserwacje polowe przeprowadzono na wszystkich roślinach w tym samym roku, aby ograniczyć wpływ środowiska.

Obliczono średnie arytmetyczne ($\bar{x}$), odchylenia standardowe (S) i współczynniki zmienności (V). Prawdopodobny sposób dziedziczenia ustalono za pomocą testu χ^2 -kwadrat.

WYNIKI I DYSKUSJA

Charakterystyka morfologiczna linii wsobnych i mieszańców pokoleń F₁ i F₂

Użyte do krzyżowania linie wsobne żyta, różniły się znacznie długością źdźbła oraz długością i szerokością liścia flagowego i podflagowego. Badane linie wsobne charakteryzowały się wyrównaniem pod względem badanych cech, o czym świadczą niskie współczynniki zmienności, które uległy znacznemu podwyższeniu w pokoleniu mieszańcowym F₁, a szczególnie w pokoleniu F₂. Mieszańce pokolenia F₁ osiągały wartości pośrednie dla długości i szerokości liścia flagowego i podflagowego. Wartości tych cech obniżyły się u mieszańców pokolenia F₂ (tab. 1, rys. 1–4). Zaobserwowano, że wraz ze wzrostem długości i szerokości liścia flagowego zwiększał się również liść podflagowy. Znajduje to potwierdzenie i w innych krzyżowaniach pomiędzy liniami wsobnymi żyta wykonanymi przez Kubicką i Malepszego (1996).

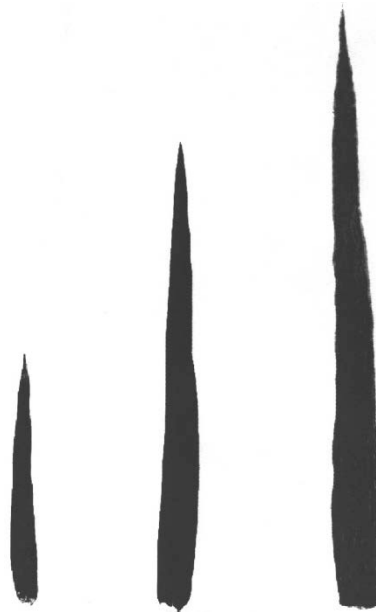
Tabela 1

Średnie, odchylenia standardowe (S) i współczynniki zmienności (V) cech związanych z wielkością liścia flagowego i podflagowego oraz wysokości roślin dla linii wsobnych i ich mieszańców F₁ i F₂
Means, standard deviations (S) and variability coefficients (V) of traits linked with size of flag leaf and subflag leaf and culm length for inbred lines and hybrids F₁ i F₂

Fomny rodzicielskie Parents and hybrids	Długość liścia flagowego (cm) Flag leaf length	S	V (%)	Szerokość liścia flagowego (cm) Flag leaf width	S	V (%)	Długość liścia podflagowego (cm) Subflag leaf length	S	V (%)	Szerokość liścia podflagowego (cm) Subflag leaf width	S	V (%)	Długość źdźbła (cm) Culm length	S	V (%)
P ₁ /176/	14,80	0,12	0,84	1,20	0,05	3,93	20,10	0,15	0,74	1,64	0,05	2,95	128,00	0,67	0,52
P ₂ /260/	7,60	0,07	0,88	0,63	0,05	7,86	14,60	0,20	1,39	0,80	0,05	5,82	112,00	2,59	2,31
F ₁ /P ₁ × P ₂ /	12,30	1,90	15,69	1,06	0,08	2,68	19,10	2,21	10,29	1,36	0,12	9,36	153,80	6,64	4,32
F ₂ /P ₁ × P ₂ /self	11,90	2,28	20,18	0,97	0,17	17,48	17,80	2,45	13,29	1,19	0,15	11,60	154,50	4,29	2,78

Analiza genetyczna długości i szerokości liścia flagowego i podflagowego u żyta

Przeprowadzono analizę długości i szerokości liścia flagowego i podflagowego na podstawie obserwacji roślin pokoleń F₁, F₂ i krzyżówek wstecznych, otrzymanych po skrzyżowaniu linii wsobnych L176 i L260. Stwierdzono, że długość liścia flagowego i podflagowego w pokoleniu F₁ była pośrednia, ale wartości tych cech zbliżały się jednak bardziej do linii L176. W pokoleniu F₂ obserwowano szeroki zakres zmienności, który wynosił od 6 do 19 cm dla liścia flagowego (rys. 3) i od 12 do 26 cm dla długości liścia podflagowego (rys. 4). Uzyskane wyniki można wyjaśnić przyjmując, że w przypadku długości liścia flagowego i podflagowego u żyta, działają co najmniej trzy geny addytywne. Potwierdzają to otrzymane istotne wartości $\chi^2 = 9,12 < \chi^2_{\text{emp}} = 12,7$ dla długości liścia flagowego i $\chi^2 = 10,6 < \chi^2_{\text{emp}} = 12,7$ dla długości liścia podflagowego osobników pokolenia F₂ (rys. 3 i 4).



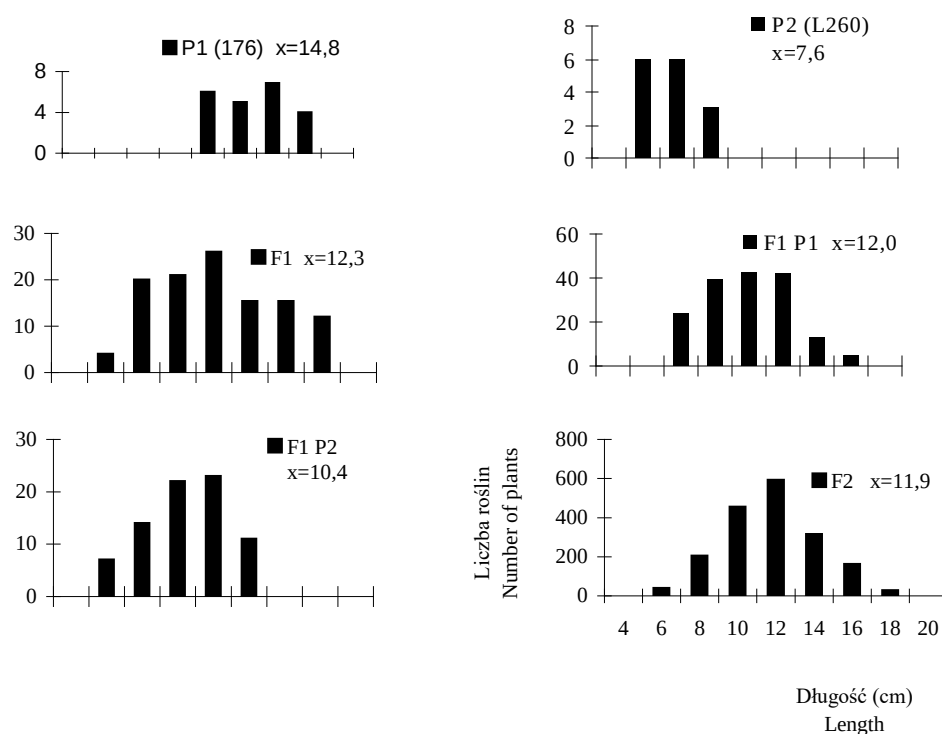
Rys. 1. Wielkość liścia flagowego L176 (z lewej strony), L260 (z prawej) i mieszańca pokolenia F₁ (w środku)

Fig. 1. Flag leaf size of L176 (the left), L260 (the right) and hybrid (in the middle)



Rys. 2. Wielkość liścia podflagowego L176 (z lewej strony), L260 (z prawej) i mieszańca pokolenia F₁ (w środku)

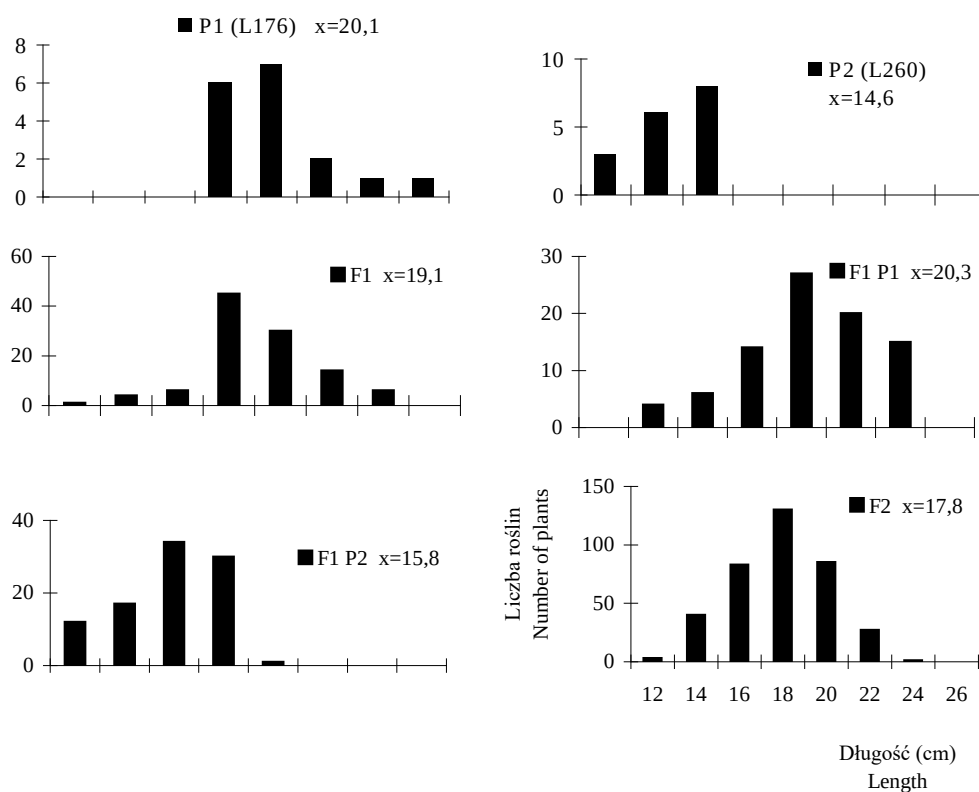
Fig. 2. Subflag leaf size of L176 (the left), L260 (the right) and hybrid (in the middle)



Rys. 3. Rozkład zmienności długości liścia flagowego u form rodzicielskich (L176 i L260) i potomstwa pokoleń F₁ i F₂

Fig. 3. Distribution of flag leaf length in plants of the parental inbred lines (L176 and L260), in hybrids F₁ and F₂ and in progeny of back-crosses

Na rysunku 5 i 6 przedstawiono rozszczepienie roślin pod względem szerokości liścia flagowego i podflagowego u form rodzicielskich L176 i L260 ich potomstwa pokoleń F₁, F₂ i krzyżówek wstecznych. Podobnie jak w przypadku długości liścia flagowego i podflagowego i dla ich szerokości, osobniki pokolenia F₁ miały pośrednią szerokość liścia flagowego i podflagowego, jednak bardziej zbliżoną do linii L176. W pokoleniu F₂ otrzymano mniejszy zakres zmienności, który wynosił dla szerokości liścia flagowego od 0,3 do 1,5 cm (rys. 5), a dla liścia podflagowego od 0,6 do 1,8 cm (rys. 6). Rozkład zmienności w pokoleniu F₂ dla cechy szerokości liścia flagowego i podflagowego przy istotnych współczynnikach: $\chi^2 = 3,0 < \chi^2_{\text{emp}} = 9,5$ i $\chi^2 = 3,2 < \chi^2_{\text{emp}} = 9,5$, wskazuje, że cecha szerokości liścia flagowego i podflagowego u żyta, determinowana jest mniejszą liczbą genów niż jego długość, a mianowicie dwoma genami o działaniu addytywnym.

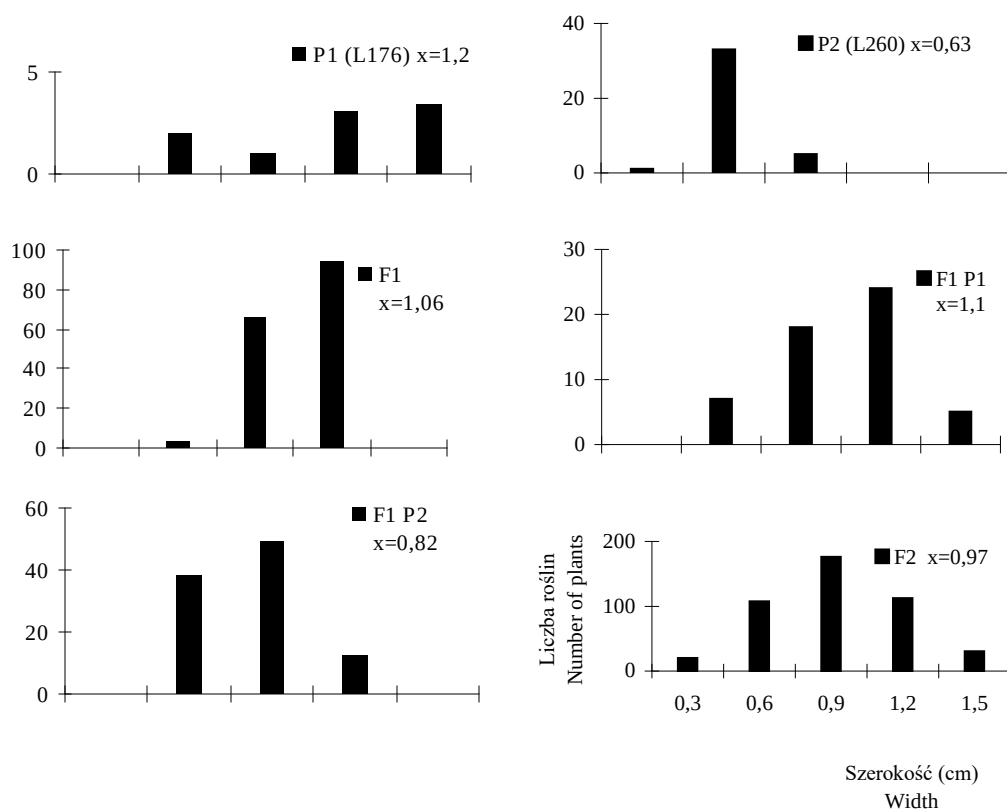


Rys. 4. Rozkład zmienności długości liścia podflagowego u form rodzicielskich (L176 i L260) i potomstwa pokoleń F₁ i F₂

Fig. 4. Distribution of subflag leaf length in plants of the parental inbred lines (L176 and L260), in hybrids F₁ i F₂, and in progeny of back-crosses

Analizowane w pracy potomstwo pokolenia F₁ (L176 × L260), charakteryzowało się wartościami pośrednimi pod względem długości i szerokości liścia flagowego i podflagowego. Wyniki te są zgodne z uzyskanymi rezultatami badań nad długością liścia flagowego u pszenicy przez Borojevic i Kraljevic-Balatic (1984), Simon (1999), którzy także obserwowali pośrednią długość liścia flagowego w pierwszym pokoleniu mieszańcowym u pszenicy.

Badane cechy zaliczane są do cech ilościowych, które najczęściej warunkowane są genami polimerycznymi. Potwierdzeniem tego jest obserwowane rozszczepienie roślin w pokoleniu F₂, które wskazuje na występowanie trzech genów o addytywnym działaniu



Rys. 5. Rozkład zmienności szerokości liścia flagowego u form rodzicielskich (L176 i L260) i potomstwa pokoleń F₁ i F₂

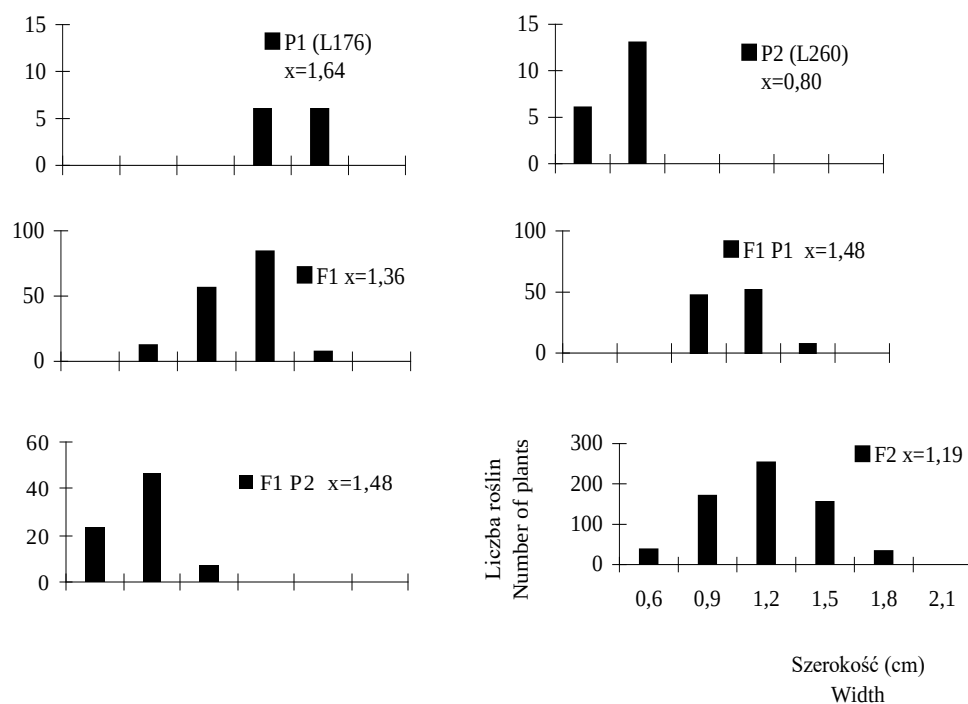
Fig. 5. Distribution of flag leaf width in plants of the parental inbred lines (L176 and L260), in hybrids F₁ and F₂ and in progeny of back-crosses

w przypadku długości liścia flagowego i podflagowe oraz dwóch w przypadku ich szerokości.

Wielogenowe dziedziczenie długości i szerokości liścia flagowego zostało stwierdzone przez wielu badaczy: Hsu i Walton (1970), Lonc (1985), Simon (1999) u pszenicy i Chang i wsp. (1998) u ryżu. Częściowe dominowanie w dziedziczeniu szerokości liścia flagowego zaobserwowali u pszenicy Hsu i Walton (1970), natomiast Lonc (1985) obserwował taką samą prawidłowość w przypadku jego długości. Według Lonca (1985) szerokość blaszki liścia flagowego determinowana była działaniem genów epistatycznych. U odmian Rannaja 12 i Kaukaz zaobserwował przewagę genów dominujących, a u Luny — recesywnych. Wpływ genów recesywnych na długość i szerokość liścia flagowego u pszenicy zaobserwowali również Lbova i Czernyj (1981), w badaniach nad mieszańcem

Chinese Spring i Nowosybirka. Stwierdzono także, że krótszy i węższy liść flagowy zawsze był związany z krótszym kłosem i pędem.

W przypadku pszenicy badano nie tylko sposób dziedziczenia wielkości liścia flagowego, ale również wpływ poszczególnych chromosomów na jego wielkość. Afzal i Vahidy (1991) wykazali, że chromosomy 3AL i 5BL u odmiany Chinese Spring zwiększają wielkość liścia flagowego, zaś pozostałe chromosomy redukują.



Rys. 6. Rozkład zmienności szerokości liścia podflagowego u form rodzicielskich (L176 i L260) i potomstwa pokoleń F₁ i F₂

Fig. 6. Distribution of subflag leaf width in plants of the parental inbred lines (L176 and L260), in hybrids F₁ i F₂ and in progeny of back-crosses

Istotny wpływ wielkości liścia flagowego, a w mniejszym stopniu podflagowego na produkcję nasion u pszenicy zaobserwował Walton (1970). W swoich badaniach udowodnił, że udział liścia flagowego w produkcji nasion wynosi około 80%. Jednocześnie wyrażał on wątpliwość czy znaczne powiększenie liścia flagowego może zwiększyć plony ziarna.

Biorąc pod uwagę powyższe doniesienia z literatury trudno nie docenić wielkości liścia flagowego u zbóż, a szczególnie u pszenicy, ponieważ przeprowadzone dotychczas badania, świadczą o tym, że liść ten spełnia istotną funkcję w procesie dostarczania asymilatów do ziarna.

Uważa się, że u żyta ze względu na odmienny typ asymilacji (asymilacja źdźbłem), udział liścia flagowego w produkcji ziarna jest niższy. Przypuszczalnie genotypy o skrajnych wartościach tych cech będą miały zmieniony typ asymilacji, czego potwierdzeniem jest znaczny udział kłosa w procesie fotosyntezy u mutantu żyta (Kubicka, 1992). Prowadzone badania nad plonowaniem odmian mieszańcowych i populacyjnych żyta w powiązaniu ze sprawnością i wydajnością fotosyntetyczną liści wykazały, że odmiany silniej ulistnione, czyli odmiany heterozyjne, wydawały wyższy plon (Macierowski, inf. ustna).

Z tego względu w przyszłości należałoby równocześnie prowadzić selekcję na wielkość liści flagowego i podflagowego u żyta (liście te, bowiem utrzymują się najdłużej na roślinie) w powiązaniu z oceną ich aktywności fotosyntetycznej i ich wpływem na plonowanie.

WNIOSKI

1. Analizowane linie wsobne różniły się znacznie wielkością liścia flagowego i podflagowego, a także długością źdźbła.
2. Potomstwo pokolenia F_1 (L176 $\times$ L260) miało pośrednią długość i szerokość liścia flagowego i podflagowego w porównaniu z formami rodzicielskimi.
3. Długość liścia flagowego i podflagowego u żyta ozimego w analizowanej krzyżówce (L176 $\times$ L260), uwarunkowana była trzema genami o działaniu addytywnym.
4. Szerokość liścia flagowego i podflagowego u żyta determinowana była dwoma genami o działaniu addytywnym.

LITERATURA:

- Afzal A., Vahidy A. A. 1991. Ditelosomic analysis of some morphological characters in wheat *Triticum aestivum* cv. Chinese Spring. Wheat Information Service, 72: 18 — 24.
- Berdahl J. D., Rasmusson D. C., Moss D. N. 1972. Effect of leaf area photosynthetic rate, light penetration, and grain yield in barley. Crop Sci. 12: 177 — 180.
- Borojevic S., Kraljevic-Balatic M. 1984. Inheritance of leaf architecture at different stages of wheat development. Z. Pflanzenzüchtg. 93, 2: 89 — 100.
- Chang JaeKi, Oh B.G., Kim H. J., Lim S. J., Kim S.Ch., Sohn J. K. 1998. Genetic analysis of traits associated with panicle and flag leaf in tropical japonica rice. Korean Journal of Crop Science 43 (3): 135 — 140.
- Dunder J. 1975. Inheritance of the total leaf structure and its relationship to the grain and straw yield in some winter wheat forms. Gen. i Selekcja t. 8: 471 — 474.
- Fisher R. A., Rees D., Sayre K. D., Lu Z. M., Condon A. G., Larque Saavedra A. 1998. Wheat yield progress associated with higher stomatal conductance and photosynthetic rate, and cooler canopies. Crop Sci. 38: 1467 — 1475.
- Hsu P., Walton D.D. 1970. The inheritance of morphological and agronomic characters in spring wheat. Euphytica 19: 54 — 60.

- Jun B. T., Kwak T. S., 1984. Studies on the inheritance of quantitative characters in rice. III. Distribution of genes for various characters in the F₂ of a partial diallel cross of rice grown under cold — water irrigation and under natural conditions. Crop Sci. 26, 1: 44 — 49.
- Kubicka H. 1992. Winter rye plants with leaf-awned spikes in inbred generation. Genet. Pol. 33/3: 173 — 178.
- Kubicka H., Malepszy S., 1996. Zróżnicowanie wielkości liścia flagowego i podflagowego u żyta (*Secale cereale* L.). Biul. IHAR 200: 99 — 104.
- Lbova M.I., Czernyj I. W. 1981. Wpływ genów kontrolujących czułość na fotoperiod i obraz życia pszenicy na wyrażenie niektórych признаков produktywności roślin. Genetika t.17: 150 — 159.
- Lonc W. 1985. Sposoby działania genów warunkujących cechy ilościowe pszenicy ozimej. Hod. Rośl. Aklim. 29, 3/4: 1 — 10.
- Mahmood A., Alam K., Salam A., Iqbal S. 1991. Effect of flag leaf removal on grain yield, its components and quality of hexaploid wheat. Cereal Res. Commun. 19, 3: 305 — 331.
- Simon M.R. 1999. Inheritance of flag-leaf angle, flag-leaf area and flag-leaf area duration in four wheat crosses. Theor. Appl. Genet. 98: 310 — 314.
- Thorne G. N. 1965. Photosynthesis of ears and flag leaves of wheat and barley. Ann. Bot. 29: 317 — 320.
- Walton P. D. 1971. The use of factor analysis in determining characters for yield selection in wheat. Euphytica 21: 416 — 421.