

TADEUSZ ZAJĄC¹MACIEJ GIERDZIEWICZ²ROBERT WITKOWICZ¹¹ Katedra Szczegółowej Uprawy Roślin² Katedra Genetyki i Metod Doskonalenia Zwierząt
Akademia Rolnicza im. H. Kołłątaja w Krakowie

Kształtowanie się parametrów ulistnienia źdźbła i łanu pszenicy ozimej oraz ich współzależności

Leavage parameters of winter wheat culm and stand and their mutual dependencies

Dokonano metodą destrukcyjną pomiaru powierzchni blaszek liści źdźbła pszenicy ozimej odmiany Sakwa, uprawianej w latach 1998–1999 po różnych przedplonach na czarnoziemie zdegradowanym. Uzyskane dane wskazują na znaczną zmienność cech empirycznych i pośrednich wywołanych przebiegiem pogody. Oddziaływanie grup przedplonów na wielkość cech źdźbła pszenicy w fazie pełni kłoszenia było nieistotne. Wskaźniki pośrednie należy ocenić jako dobre dodatkowe źródło informacji o ulistnieniu źdźbła, które pozwala na porównanie związków między cechami zachodzących w różnych warunkach. Współczynniki korelacji fenotypowej charakteryzowały się na ogół wysoką wartością, ponieważ w trzech przypadkach dla związków cech empirycznych oraz w jednym przypadku dla cech pośrednich ich wartość przekraczała 0,75. Większość wyliczonych współczynników korelacji prostej była wysoce istotna. Rozkład świeżej masy 1 cm² blaszki liściowej przebiegał odmiennie u liści zwisających i wyprostowanych. W liściach zwisających największą jednostkową masę miała część liścia w punkcie przegięcia się blaszki liściowej. W liściach wyprostowanych masa 1 cm² blaszki liścia ulegała zmniejszeniu w kolejnych odcinkach, poczynając od nasady. Bezpośrednie porównanie wkładu wnoszonego przez dwa badane komponenty w powierzchnię całkowitą liści źdźbła wykazuje, że przewagę w tym względzie miała średnia powierzchnia liścia, ponieważ jej udział wynosił 78,8%. Natomiast liczba wyrastających na źdźbło liści miała słabsze oddziaływanie, a jej udział wynosił 21,2%. Indeks powierzchni liści łanu pszenicy był zdeterminowany głównie przez wkład całkowitej powierzchni blaszek liści źdźbła, udział tej cechy wynosił 98,3%. Przy uwzględnieniu w modelu równania regresji obsady źdźbeł w fazie pełni kłoszenia (rozwinęte liście flagowe) wkład tego komponentu należy określić jako nikły, ponieważ jego udział w powierzchni liści z 1 m², wynosił zaledwie 1,7%.

Słowa kluczowe: cechy empiryczne, cechy pośrednie, komponenty ulistnienia, pszenica ozima, współzależności

The area of leaf blades of winter wheat culm of the Sakwa variety, cultivated in the years 1998–1999 on the degraded chernozem with different forecrops, was measured with the use of the destructive method. The results indicate remarkable variation of the empirical and indirect traits, caused by the weather conditions. The influence of the forecrop groups on dimensions of the wheat culm in the full ear stage was not significant. The indirect traits should be considered a good additional source of

information about the leavage of the culm, because they allow for the comparison of relationships between two traits in various conditions. The values of the phenotypic correlation coefficients between any of the empirical and indirect traits of a single culm were, in general, high. The phenotypic correlation coefficients were, in general, high, because three of them (between empirical traits) and one of them (between indirect traits) exceeded 0,75. The majority of the Pearson correlation coefficients were highly significant. The distribution of the fresh mass per 1 cm² of leaf blade differed between erectoid and hanging leaves. In the hanging leaves the part of a leaf near the bending point had the highest weight per unit (1cm²). In the erectoid leaves the leaf blade weight per unit decreased in subsequent parts, beginning from the base. The direct comparison of contribution of the two structural components to the total area of the culm leaves indicates that average leaf area prevailed in that context because its contribution was 78,8%. The number of leaves per blade had weaker influence, and its contribution was 21,2%. Leaf area index of the wheat stand was determined mainly by the total area of leaf blades of a culm; the contribution of that component was 98,3%. After taking into account the density of culms in the full ear stage (developed flag leaves) the contribution of that element should be described as very small because its value was only 1,7%.

Key words: correlation, empirical traits, indirect traits, leavage components, winter wheat

WSTĘP

Zbiorka powierzchnia liści roślin łąnu, definiowana jako indeks powierzchni liści (LAI), ma decydujące znaczenie w wykorzystaniu przez rośliny uprawne promieniowania fotosyntetycznie czynnego (Gent, 1995). Powierzchnia liści w przeliczeniu na 1 m² powierzchni gleby może być określona metodami destrukcyjnymi, a jakkolwiek są one najdokładniejsze, jednak z uwagi na dużą pracochłonność ograniczona jest ich wykonalność. Indeks powierzchni liści łąnu roślin uprawnych można obecnie określić metodami niedstrukcyjnymi, używając do tego celu standardowych przyrządów, których szybkość pracy jest znaczna, a liczba wykonanych pomiarów duża, co sprawia że ta metoda ma decydujące znaczenie w pozyskiwaniu wyników (Gillett i in., 1999). Podolska (1999) podkreśla, że w oparciu o wykonane dotychczas badania panuje zgodny pogląd, iż intensywne i zarazem wysokopienne odmiany pszenicy cechuje większa powierzchnia liści, w połączeniu z dużymi i długo fotosyntetycznie aktywnymi liśćmi flagowymi. Obecnie uważa się, że wskaźnik LAI w okresie pełni kłoszenia się zbóż może być dobrym wskaźnikiem prognostycznym do szacowania wielkości plonu ziarna, wykorzystywanym w modelowaniu (Faber i in., 1996; Faber i Nieróbca, 1999; Gillett i in., 1999). Maksymalne wartości osiąga indeks powierzchni liści w okresie pełni kłoszenia, kiedy rośliny mają w pełni rozwinięte liście flagowe, a jego wartość w tym czasie waha się w granicach od 3 do 12 m² · m⁻² gleby. Indeks powierzchni liści determinowany jest przez dwa elementy składowe: powierzchnię blaszek liściowych pojedynczego źdźbła i liczbę źdźbeł na powierzchni 1 m². Określenia pierwszego komponentu ulistnienia można dokonać tylko przy użyciu metod destrukcyjnych. Dane literaturowe odnoszące się do powierzchni pojedynczych liści źdźbła pszenicy, zarówno w warunkach polowych, jak i kontrolowanych (fitotron) są stosunkowo nieliczne (Hotsonyame i Hunt, 1998; Podolska, 1999).

Wśród gatunków roślin zbożowych pszenica charakteryzuje się dużym udziałem powierzchni blaszek liściowych w ogólnej powierzchni asymilacyjnej roślin (Zajac i Witkowicz, 1997). Wielkość indeksu powierzchni liści pszenicy oraz jej elementów

składowych zależy od czynników agrotechniki i siedliska, a oddziaływanie tych czynników w dodatnim lub ujemnym sensie jest stosunkowo mało poznane, co szczególnie podkreślają Faber i Nieróbca (1999). Czynniki siedliska w okresie wykładniczego wzrostu roślin, a głównie zbyt wysokie lub zbyt niskie temperatury oraz deficyt wody, ograniczają powierzchnię liści roślin i łanu, co prowadzi do pogorszenia szacowania wielkości plonu (Gillett i in., 1999). Z kolei wzrost poziomu nawożenia azotem w przedziale $0-90 \text{ kg N} \cdot \text{ha}^{-1}$ prowadzi do zwiększenia wymiarów determinujących powierzchnię liści, czyli ich długości i szerokości, jednak nadmierna powierzchnia liści pociąga za sobą zwiększone wyleganie roślin i łanu, a ta forma szkód prowadzi do spadku plonu ziarna. Gillett i wsp. (1999) podkreślają, że w warunkach optymalnych dla wzrostu roślin (wyeliminowane wyleganie) zarówno zmiany LAI w czasie, jak i odpowiednie zmiany indeksu zielonej powierzchni (GAI) dobrze opisują narastanie nadziemnej masy łanu pszenicy. Pomimo rozpoczęcia prac nad modelowaniem wzrostu i plonowania pszenicy mało wiemy o wymiarach liści, a także o stopniu współzależności pomiędzy cechami morfologicznymi źdźbła i łanu współcześnie zrejonizowanych odmian pszenicy ozimej, uprawianych w typowych siedliskach.

Celem podjętych badań było określenie wielkości cech empirycznych i pośrednich związanych z ulistnieniem pojedynczego źdźbła i łanu w zależności od roku uprawy i wyboru jednej z trzech grup przedplonów. Zakres poznawczy pracy poszerzono poprzez wyliczenie indywidualnego wkładu komponentów składowych w powierzchnię liści źdźbła i łanu oraz wykazanie zmian w masie 1 cm^2 blaszki liściowej w różnych przedziałach długości liścia.

MATERIAŁ I METODY

Doświadczenie polowe przeprowadzono w latach 1998–1999 w Stacji Doświadczalnej Katedry Szczegółowej Uprawy Roślin w Prusach, miejscowości położonej 18 km na północny wschód od Krakowa. Glebę pola doświadczalnego stanowił czarnoziem zdegradowany, odznaczający się dobrą zasobnością w przyswajalne formy składników pokarmowych, o odczynie obojętnym, zaliczany do kompleksu pszennego bardzo dobrego. Pszenicę ozimą odmiany. Sakwa uprawiano po 11 przedplonach:

- 1—ścierń jęczmienia ozimego (kontrola),
 - 2—zaorana słoma jęczmienia ozimego,
 - 3—wsiewka życicy wielokwiatowej,
 - 4—wsiewka koniczyny czerwonej
- oraz po międzyplonach ścierniskowych następujących gatunków i mieszanek:
- 5—gryka,
 - 6—owies,
 - 7—gorczyca biała,
 - 8—bobik,
 - 9—bobik + gorczyca biała,
 - 10—bobik + peluszką + wyka siewna (mieszanka strączkowa),
 - 11—gorczyca biała + rzodkiew oleista + facelia błękitna (mieszanka krzyżowa).

Po wstępnych obliczeniach utworzono trzy grupy przedplonów, a do grupy I zaliczono obiekty 1, 2 i 3, natomiast gatunki roślin motylkowatych, względnie ich mieszanki (obiekty 4, 8, 9 i 10) zakwalifikowano do grupy II. Z międzyplonów ścierniskowych roślin niemotylkowych (obiekty 5, 6, 7 i 11) wyodrębniono III grupę. Corocznie, na początku trzeciej dekady lipca, wysiewano międzyplony ścierniskowe, pod które przedsięwzięcie stosowano azot w ilości $30 \text{ kg N} \cdot \text{ha}^{-1}$, zaś analogiczną ilość azotu dodawano do zaorywanej słomy. Pod rośliny motylkowe nie stosowano azotu. Biomasa roślin wsiewek i międzyplonów nawozowych przyorywano po rozdrobnieniu pod koniec drugiej dekady września, a po przygotowaniu roli do siewu, w obydwu latach siewu pszenicy dokonano 24 września, wysiewając 400 ziaren na 1 m^2 , stosując rozstaw rzędów co 15 cm. Przed siewem pszenicy zastosowano nawożenie fosforowo-potasowe na hektar w ilości 40 kg P_2O_5 (superfosfat potrójny) i 60 kg K_2O w formie 57% soli potasowej. Nawożenie azotem w formie saletry amonowej przeprowadzono wiosną, stosując 50 kg N ha^{-1} . Pozostałe zabiegi pielęgnacyjne wykonano zgodnie z zasadami poprawnej agrotechniki dla pszenicy. Doświadczenia zakładano w 4 powtórzeniach, a wielkość pojedynczego poletka wynosiła 12 m^2 .

W fazie pełni kłoszenia dla każdego z 11 obiektów doświadczalnych pobrano po 20 pędów w dwóch powtórzeniach celem oznaczenia następujących zmiennych empirycznych: wysokości źdźbła (x_1), masy źdźbła (x_2), masy liści (x_3), sumy powierzchni liści (x_4) i liczby liści (x_5). Corocznie liście flagowe i podflagowe w liczbie 30 (po 10 dla każdej z grup przedplonów) dzielono na odcinki 5 cm, poczynając od nasady. Dla każdego z odcinków ustalono powierzchnię (cm^2) i świeżą masę (mg). Wstępne wyniki analiz wykazały, że ani rodzaj liści, ani rok nie miały takiego oddziaływania jak typ liścia (erektoidalny i zwisający), dlatego dla 5 cm odcinków tych liści obliczono średnią wraz z jej błędem standardowym i 95% przedziałem ufności. Pomiarów powierzchni całych liści, jak i odcinków dokonano na planimetrze firmy LI-COR model 3100. Znajac zagęszczenie źdźbeł wyliczono indeks powierzchni liści łąnu (LAI), a także ich masę.

W oparciu o pomiary cech empirycznych (x_1 – x_5) wyprowadzono 3 wskaźniki pośrednie o charakterze ilorazowym: x_6 – świeża masa 1 cm^2 liści = masa liści / powierzchnia liści, x_7 – udział masy liści w masie źdźbła = masa liści / masa źdźbła, x_8 – kształtowanie się powierzchni liści na 1 cm długości źdźbła = powierzchnia liści / wysokość źdźbła. W zamierzeniu wskaźniki te miały służyć do obiektywnej i zarazem prostszej oceny ulistnienia w odniesieniu do pojedynczego źdźbła i łąnu pszenicy ozimej znajdującej się w pełni kłoszenia.

Wyliczono podstawowe parametry statystyczne — średnią, odchylenie standardowe, współczynnik zmienności oraz zakres wartości — dla cech empirycznych (x_1 – x_5) i pośrednich (x_6 – x_8) źdźbła pszenicy ozimej. Oszacowano współczynniki korelacji prostej między ośmioma wymienionymi cechami wraz z poziomem istotności. Dla porównań wpływu wnoszonego przez grupy przedplonów i lata wegetacji wykonano dwuczynnikową analizę wariancji z interakcją. Do obliczenia istotności różnic między średnimi odnoszącymi się do źdźbła i łąnu użyto testu wielokrotnego rozstępu Duncana, przyjmując poziom istotności $\alpha = 0,05$. Równocześnie dokonano grupowania cech empirycznych i pośrednich źdźbła pszenicy na klasy ze względu na liczbę liści źdźbła. Zakres porównań

pomiędzy powierzchnią kolejnych liści żdźbła przedstawiono w odniesieniu do pędów o trzech, czterech i pięciu liściach, uwzględniając indywidualną powierzchnię kolejnych liści.

Dokonano również obliczenia: (A) indywidualnego udziału liczby liści i średniej powierzchni liścia w powierzchni całkowitej liści żdźbła, oraz (B) udziału obsady żdźbeł i średniej powierzchni liści żdźbła w indeksie powierzchni liści łanu (LAI). Obliczenia przeprowadzono w oparciu o założenia metodyczne podane w pracy Krawontki (1997). W obu przypadkach: (A) i (B), zastosowano takie samo równanie regresji liniowej:

$$y = b_1 x_1 + b_2 x_2,$$

a procentowy wkład zmiennych x_1 i x_2 w zmienną y oznaczono odpowiednio przez z_1 i z_2 . W przypadku (A) zmienną zależną (y) była powierzchnia całkowita liści żdźbła, zaś zmiennymi niezależnymi — liczba liści (x_1) i średnia powierzchnia liścia (x_2). W przypadku (B) zmienną zależną (y) był indeks powierzchni liści, zaś zmiennymi niezależnymi — obsada żdźbeł (x_1) i średnia powierzchnia blaszek liści żdźbła (x_2).

WYNIKI I DYSKUSJA

W tabeli 1 zamieszczono wartości średnie odnoszące się do cech empirycznych i pośrednich żdźbeł pszenicy ozimej i łanu, wykorzystanych do scharakteryzowania ulistnienia tego gatunku w fazie pełni kłoszenia. Analiza wartości cech pozwala na stwierdzenie, że największy wpływ na ich istotne zróżnicowanie miały lata uprawy lub interakcja lat uprawy z grupami przedplonów. Wpływ, jaki wywierały grupy przedplonów na większość cech, był na ogół nieistotny, z wyjątkiem liczby liści wykształcanych przez pojedynczy pęd. Takie ułożenie się wyników należy interpretować jako plastyczną reakcję pszenicy na układ czynników pogodowych.

Ze względu na nieistotne oddziaływanie grup przedplonów na wymiary cech żdźbła pszenicy materiał badawczy potraktowano jako całość. Cechy empiryczne i pośrednie pszenicy różniły się zakresem zmienności, o czym świadczą różne wartości współczynników zmienności (tab. 2). Wysokość pojedynczego żdźbła w tej fazie wynosiła 71,4 cm, a zmienność tej cechy była niska. Masa pojedynczego żdźbła i jego blaszek liściowych wynosiła odpowiednio: 7,5 i 1,44 g, a obydwie cechy wykazywały znaczną zmienność. Powierzchnia blaszek liściowych liści żdźbła pszenicy wynosiła 67,52 cm², a zmienność tej cechy pozostawała na analogicznym poziomie jak świeża masa żdźbła. W badaniach Szmigła (1994), wykonanych w tych samych warunkach glebowych, powierzchnia blaszek liściowych żdźbła pszenicy wahała się w granicach od 96 do 180 cm² i zależała od dawki azotu i odmiany, a indeks powierzchni liści kształtował się w przedziale od 2,74 do 3,84. Hotsonyame i Hunt (1998) badali specyficzną powierzchnię liści pszenicy (SLA). W odniesieniu do żdźbła głównego cecha ta zależała od położenia liści, a maksymalną jej wartość stwierdzono w wąskim zakresie temperatur 18–20°C.

Wartości trzech cech pośrednich pod względem zmienności wykazały duże podobieństwo do cech empirycznych. Pierwsza z cech (x_6), miała większą zmienność w porównaniu do dwóch pozostałych.

Tabela 1

Średnie cech empirycznych i pośrednich źdźbła i cech łanu według klasy przedplonu i roku uprawy
Means for the empirical and indirect traits of culms and for the traits of stand by forecrop group and by year of cultivation

Cecha Trait	Grupa przedplonów Forecrop group			Rok uprawy Year of cultivation		Grupa przedplonów × rok uprawy Forecrop group × year of cultivation					
	I	II	III	1998	1999	I 98	I 99	II 98	II 99	III 98	III 99
Cechy empiryczne źdźbła Empirical traits of culm											
x_1^*	71,53a**	72,94a	70,71a	69,65a	72,31b	69,28ab	72,28ab	71,33ab	73,35a	68,35b	71,30ab
x_2	7,38a	7,74a	7,35a	10,12a	6,79b	9,64a	6,65b	10,29a	7,10b	10,44a	6,58b
x_3	1,49a	1,47a	1,37a	2,03a	1,28b	2,01a	1,31b	2,09a	1,31b	1,98a	1,22b
x_4	67,61a	68,95a	66,03a	93,71a	60,38b	93,26a	59,06b	95,91a	62,21b	91,96a	59,55b
x_5	3,75b	3,60ab	3,44a	4,13a	3,44b	4,30a	3,57b	4,05a	3,49bc	4,05a	3,29c
Cechy pośrednie źdźbła Indirect traits of culm											
x_6	0,022a	0,021a	0,021a	0,022a	0,021a	0,021a	0,022a	0,022a	0,021a	0,021a	0,020a
x_7	0,20a	0,19a	0,19a	0,20a	0,19a	0,21a	0,20a	0,21a	0,18a	0,19a	0,19a
x_8	0,95a	0,94a	0,93a	0,34b	0,83a	1,34a	0,82b	1,35a	0,84b	1,34a	0,83b
Cechy łanu Traits of canopy											
x_9	26840a	29957a	27861a	38319a	25591b	39339a	22653b	40093a	27424b	35463a	25961b
x_{10}	2931a	3360a	3096a	4131a	2874b	4073a	2551b	4300a	3125b	4019a	2866b
x_{11}	589,90a	638,22a	578,07a	830,41a	540,89b	851,28a	502,77c	873,72a	579,34bc	766,22ab	531,04c
x_{12}	41,28a	46,35a	43,92a	59,49a	39,82b	58,88a	35,41b	60,88a	42,72b	58,71a	40,22b
x_{13}	8,28a	8,79a	8,20a	11,94a	7,48b	12,29a	6,95b	12,36a	7,90b	11,19a	7,46b

* — Nazwy cech empirycznych i pośrednich jak w tabeli 2

* — Names of empirical and indirect traits as in table 2

** — Średnie oznaczone tą samą literą nie różnią się istotnie między sobą (test Duncana)

** — Means with the same letter are not significantly different (Duncan test)

Objaśnienia cech (x_9 – x_{13}) — explanation of the traits (x_9 – x_{13}): x_9 — indeks powierzchni liści — leaf area index; x_{10} — świeża masa roślin — total fresh crop yield [$\text{kg} \cdot \text{ha}^{-1}$]; x_{11} — świeża masa blaszek liści — leaf blade fresh crop yield [$\text{kg} \cdot \text{ha}^{-1}$]; x_{12} — świeża masa na 1 cm wysokości łanu — fresh crop yield per 1 cm canopy height above ground [$\text{kg} \cdot \text{cm}^{-1}$]; x_{13} — świeża masa blaszek liściowych na 1 cm wysokości łanu — fresh leaf crop yield per 1 cm canopy height above ground [$\text{kg} \cdot \text{cm}^{-1}$];

Świeża masa 1 cm^2 blaszki liściowej wyniosła 0,021 g, a należy podkreślić znaczny rozstęp wartości skrajnych, odnoszących się do tej cechy, jak i dwóch pozostałych. Udział świeżej masy blaszek liściowych w masie całego źdźbła wynosił 0,19, co pozwala na stwierdzenie, że jedną piątą jego masy stanowią blaszki liściowe. Nieróbca (1998) podkreśla, że rozdysponowanie suchej masy u pszenicy ozimej odmiany Almari różniło się wyraźnie w porównaniu ze współczynnikami ustalonymi dla warunków zachodniej Europy, a stwierdzona różnica polegała na wyraźnie mniejszej alokacji suchej masy do liści i większej do źdźbła. W celu dodatkowego scharakteryzowania i umożliwienia porównań powierzchni ulistnienia pojedynczego pędu rośliny i łanów wprowadzono wskaźnik „powierzchnia liści na 1 cm długości źdźbła”. W naszych badaniach na 1 cm długości źdźbła przypadało średnio 0,94 cm^2 blaszek liściowych, zaś wielkość ta zmieniała się od 0,48 cm^2 do 1,76 cm^2 .

Współczynniki korelacji fenotypowej obliczone dla cech empirycznych i pośrednich, odnoszących się do pojedynczego źdźbła, charakteryzowały się na ogół wysoką wartością (tab. 2). Większość wyliczonych współczynników korelacji prostej była wysoce istotna. Wykazano, że masa świeżych blaszek liściowych była dodatnio i zarazem wysoce istotnie skorelowana z pozostałymi cechami. Z drugiej strony należy podkreślić fakt, że długość źdźbła nie wykazywała prawie żadnego związku z cechami pośrednimi. W trzech przypadkach związki pomiędzy cechami były istotne, a szczególnie odnosiło się to do zależności pomiędzy powierzchnią blaszek przypadających na 1 cm długości, a jedną z jej składowych tzn. sumą powierzchni blaszek liściowych źdźbła ($r = 0,92^{***}$).

Tabela 2

Podstawowe statystyki dla cech empirycznych i pośrednich źdźbeł pszenicy ozimej
Basic statistics for empirical and indirect traits for the culms of winter wheat

Statystyka Statistics	Cechy źdźbła The traits of culm							
	cechy empiryczne empirical traits					cechy pośrednie indirect traits		
	x_1 - wysokość [cm ²] x_1 - height [cm ²]	x_2 - masa źdźbła [g] x_2 - culm weight [g]	x_3 - masa liści [g] x_3 - weight of leaves [g]	x_4 - suma po- wierzchni liści [cm ²] x_4 - total area of leaves [cm ²]	x_5 - liczba liści [sztuk] x_5 - number of leaves [pieces]	x_6 - świeża masa 1 cm ² blaszki [g] x_6 - fresh mass of 1 cm ² leaf blade	x_7 - udział liści w masie źdźbła x_7 - share of leaf blades in culm mass	x_8 - powierz- chnia liści na 1 cm wysokości źdźbła x_8 - leaf area per 1 cm culm height
Srednia- Mean	71,74	7,50	1,44	67,52	3,59	0,021	0,19	0,94
Sd Sd	7,98	2,17	0,59	19,85	0,60	0,007	0,05	0,26
V [%] Cv [%]	11	29	41	29	17	34	28	28
Minimum Minimum	51	3,56	0,61	30,90	2	0,015	0,10	0,48
Maksimum Maximum	95	14,78	7,09	140,60	6	0,138	0,97	1,76
Korelacja z cechą Correlation with trait:	Macierz współczynników korelacji prostej między cechami x_1-x_8 Matrix of Pearson correlation coefficients among traits x_1-x_8							
	x_1	x_2	x_3	x_4	x_5	x_6	x_7	x_8
x_2	0,36***							
x_3	0,29***	0,75***						
x_4	0,39***	0,89***	0,77***					
x_5	-0,13*	0,37***	0,29***	0,43***				
x_6	0,01	0,13*	0,67***	0,05	-0,03			
x_7	0,06	0,03	0,68***	0,17**	0,04	0,87***		
x_8	0,01	0,81***	0,68***	0,92***	0,52***	0,05	0,17**	

* — Współczynnik istotnie różny od zera (poziom istotności $\alpha = 0,05$)

* — Coefficient significantly different from zero (significance level $\alpha = 0,05$)

** — Współczynnik istotnie różny od zera (poziom istotności $\alpha = 0,01$)

** — Coefficient significantly different from zero (significance level $\alpha = 0,01$)

*** — Współczynnik istotnie różny od zera (poziom istotności $\alpha = 0,001$)

*** — Coefficient significantly different from zero (significance level $\alpha = 0,001$)

Mimo, iż zależność ta może mieć charakter korelacji pozornej, należy zwrócić uwagę, że związek z drugą składową (wysokością źdźbła) okazał się słabszy i zarazem nieistotny ($r = 0,01$).

Dla lepszego przedstawienia układu cech empirycznych i pośrednich, pogrupowano je w klasy na podstawie liczby żywych zielonych liści zachowanych na źdźble (tab. 3). Najwyższe źdźbła zachowały zaledwie dwa liście, natomiast w miarę wzrostu liczby zachowanych liści wysokość źdźbeł systematycznie się zmniejszała, co może sugerować, że wykształciły się one później. Wzrost liczby liści źdźbła, poczynając od trzech, przekładał się na wzrastającą świeżą masę blaszek liści oraz większy jej udział w świeżej masie źdźbła.

Tabela 3

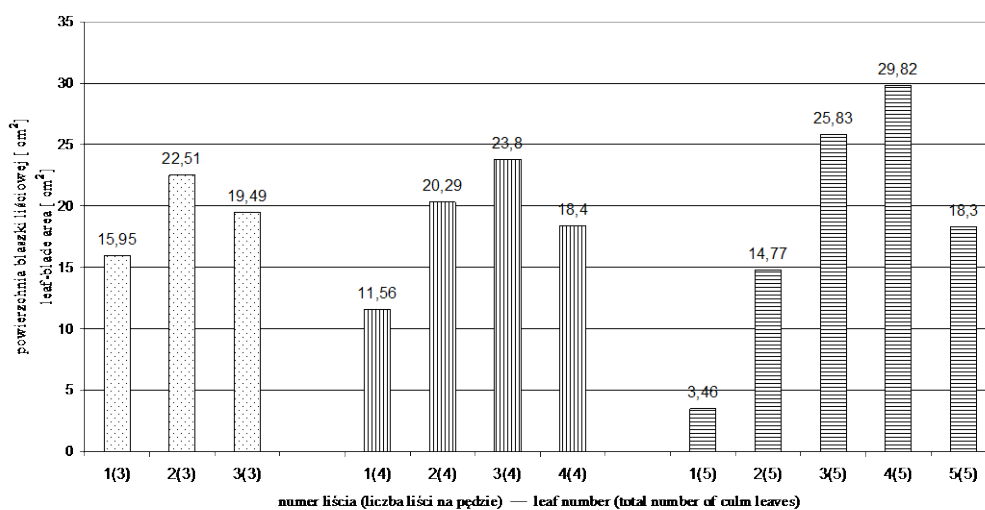
Średnie dla cech empirycznych i pośrednich źdźbła pszenicy ozimej z podziałem na klasy według liczby zachowanych liści

Means for empirical and indirect traits of winter wheat culm by number of present leaves					
Cechy źdźbła Culm traits	Klasy według liczby liści (x_s) Classes by number of leaves				
	2	3	4	5	6
x_1 (*)	78,00	72,68	71,06	69,72	65,00
x_2	7,70	6,54	8,18	9,49	7,62
x_3	1,02	1,25	1,57	1,94	1,59
x_4	49,37	57,95	74,05	92,18	73,70
x_6	0,021	0,022	0,021	0,021	0,022
x_7	0,13	0,19	0,19	0,20	0,21
x_8	0,63	0,79	1,04	1,34	1,13

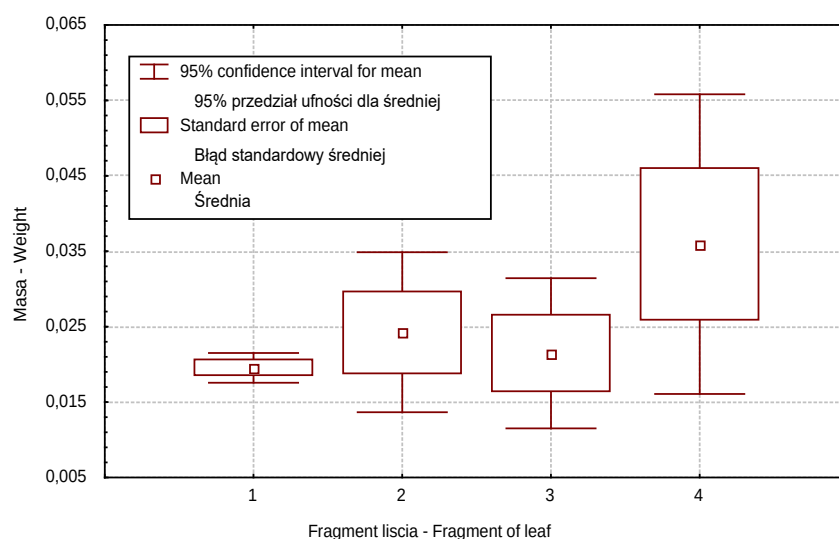
(*) — Oznaczenia cech, tak jak w tabeli 1

(*) — Names of traits as in table 1

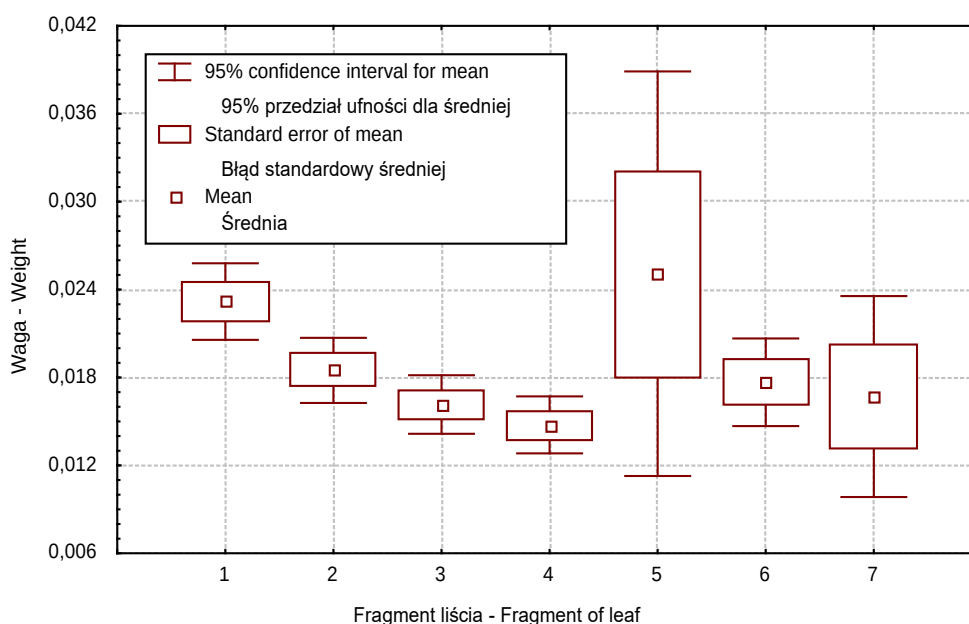
Wychodząc od założeń metodycznych, omówionych w rozdziale „Materiał i metody”, przedstawiono indywidualną powierzchnię blaszek liściowych poszczególnych liści źdźbeł (rys. 1). Myślą przewodnią tej prezentacji było porównanie powierzchni blaszek liściowych, szczególnie liścia podflagowego i flagowego w miarę zwiększania się liczby liści źdźbła. Stwierdzono, że systematycznie rosła powierzchnia liścia podflagowego, natomiast powierzchnię blaszki liścia flagowego można ocenić jako prawie stałą. Zakres porównań wzrostu blaszek liści poszerzono o analizę ich stałych odcinków, jednak niejednorodność wariancji błędu uniemożliwiła przeprowadzenie typowej analizy wariancji. Porównano kształtowanie się masy 1 cm² blaszki liści erektoidalnych i zwisających (rys. 2 i 3). Przy rozpatrywaniu zmian masy 1 cm² blaszki liści należy podkreślić, że wraz ze wzrostem kolejnych odcinków od nasady liścia zwiększa się przedział ufności dla średniej oraz odchylenie standardowe. Punkt przebiegu się blaszki liściowej w liściach zwisających zaznacza się występowaniem największej masy 1 cm², z uwagi na najlepszą ekspozycję tej części blaszki liściowej względem promieniowania fotosyntetycznie czynnego. W liściach mających wyprostowaną blaszkę nie wykazano podobnej zależności. Należy dodać, że analiza blaszek liściowych w odniesieniu do lat wegetacji, jak i rodzaju liści, nie dała wyników układających się w jednoznaczną tendencję.



Rys. 1. Średnia powierzchnia blaszek liściowych źdźbeł pszenicy różniących się ich liczbą
 Fig. 1. Average area of leaf-blades for wheat culms with different number of leaves



Rys. 2. Średnia, błąd standardowy średniej i 95% przedział ufności dla średniej masy fragmentów liści
 erektoidalnych do 20 cm długości
 Fig. 2. Mean, standard error of the mean and 95% confidence interval for the mean mass of the erect
 leaf fragments to 20 cm length



Rys. 3. Średnia, błąd standardowy średniej i 95% przedział ufności dla średniej masy fragmentów liści zwisających powyżej 20 cm długości

Fig. 3. Mean, standard error of the mean and 95% confidence interval for the mean mass of the hanging leaf fragments above 20 cm length

W pracy po raz pierwszy przeprowadzono porównanie udziału komponentów strukturalnych w kształtowaniu się powierzchni liści (blaszek) pojedynczego źdźbła i łanu pszenicy ozimej. (tab. 4). Bezpośrednie porównanie wkładu wnoszonego przez obydwa komponenty w odniesieniu do powierzchni całkowitej liści źdźbła wykazuje, że przewagę w tym względzie miała średnia powierzchnia liścia, ponieważ jej udział wynosił 78,8%. Natomiast liczba wyrastających na źdźbło liści miała słabsze oddziaływanie, bowiem udział tego komponentu w powierzchni liści źdźbła wynosił 21,2%.

Przy rozpatrywaniu udziału komponentów strukturalnych w indeks powierzchni liści (LAI) należy podkreślić supremację wkładu całkowitej powierzchni blaszek liści źdźbła, ponieważ udział tej cechy wynosił 98,3%. Przy uwzględnieniu w modelu równania regresji obsady źdźbeł w fazie pełni kłoszenia (rozwinęte liście flagowe) wkład tego komponentu należy określić jako nikły, ponieważ jego udział w powierzchni liści z 1 m² wynosił zaledwie 1,7%.

Uzyskane dane należy traktować ostrożnie, ponieważ odnoszą się do jednej odmiany, tym niemniej sugerują one, że w tym wypadku trudno mówić o równorzędnym wkładzie obu elementów składowych, a także trudno założyć, aby pomiędzy nimi mogło dochodzić do pełnej kompensacji w odniesieniu do powierzchni liści źdźbła i łanu.

Tabela 4

Udział poszczególnych komponentów powierzchni liści źdźbła (A) i łanu (B) we wskaźnikach „powierzchnia liści źdźbła” i „LAI”
Share of individual components of the culm leaves area (A) and stand leaves area (B) in the indices „culm leaves area” and „LAI”

A) Dane z poszczególnych źdźbeł (y — powierzchnia całkowita liści źdźbła; x_1 — liczba liści źdźbła; x_2 — średnia powierzchnia liścia);						
A) Data from individual culms (y — total culm leaves area; x_1 — number of culm leaves; x_2 — average leaf area)						
zmienna variable	odchylenie standardowe SD standard deviation SD	SD / SD(y)	współczynnik (b_i) regresji liniowej na: linear regression coefficient (b_i) of y on:	współczynnik r_1 korelacji prostej y z: Pearson correlation coefficient r_1 of y with:	iloczyn $b_i r_1$ $b_i r_1$ product	udział [%] share [%]
y	19,85					
x_1	0,60	0,03	8,45	0,43	0,11	21,17
x_2	5,77	0,29	2,01	0,70	0,41	78,83
Razem Total					0,52	
B) Dane z całego łanu (y — LAI; x_1 — obsada; x_2 — średnia powierzchnia liści źdźbła);						
B) Data from the stand (y — leaf area index; x_1 — number of culms per 1m ² ; x_2 — average culm leaves area)						
zmienna variable	odchylenie standardowe SD standard deviation SD	SD / SD(y)	współczynnik (b_i) regresji liniowej na: linear regression coefficient (b_i) of y on:	współczynnik r_1 korelacji prostej y z: Pearson correlation coefficient r_1 of y with:	iloczyn $b_i r_1$ $b_i r_1$ product	udział [%] share [%]
y	25845					
x_1	134,73	0,0052	9,39	0,28	0,014	1,70
x_2	60,06	0,0023	362,95	0,94	0,793	98,30
Razem Total					0,807	

WNIOSKI

1. Uzyskane dane wskazują na znaczną zmienność cech empirycznych i pośrednich wywołanych przebiegiem pogody. Oddziaływanie grup przedplonów na wielkość cech źdźbła pszenicy w fazie pełni kłoszenia było nieistotne.
2. Zaproponowane ilorazowe wskaźniki pośrednie nie okazały się lepszym źródłem informacji o ulistnieniu źdźbła niż cechy empiryczne.
3. Współczynniki korelacji fenotypowej obliczone odrębnie między cechami empirycznymi oraz między cechami pośrednimi, odnoszącymi się do pojedynczego źdźbła, charakteryzowały się na ogół wysoką istotnością, a ich wartości mieściły się w granicach od 0,29 do 0,87.
4. Rozkład świeżej masy 1 cm² blaszki liściowej przebiegał odmiennie u liści zwisających i wyprostowanych. W liściach zwisających największą jednostkową masę posiadała część liścia w punkcie przegięcia się blaszki liściowej. W liściach wyprostowanych masa 1 cm² blaszki liścia ulegała zmniejszeniu w kolejnych odcinkach poczynając od nasady.
5. Bezpośrednie porównanie wkładu wnoszonego przez analizowane komponenty w powierzchnię całkowitą liści źdźbła wykazuje, że przewagę w tym względzie miała średnia powierzchnia liścia, ponieważ jej udział wynosił 78,8%. Natomiast liczba

wyrastających na źdźble liści miała słabsze oddziaływanie, a jej udział wynosił 21,2%. Indeks powierzchni liści łanu pszenicy determinował głównie wkład całkowitej powierzchni blaszek liści źdźbła, udział tej cechy wynosił 98,3%. Przy uwzględnieniu w modelu równania regresji obsady źdźbeł w fazie pełni kłoszenia (rozwinęte liście flagowe) wkład tego komponentu należy określić jako nikły, ponieważ jego udział w powierzchni liści z 1 m² wynosił zaledwie 1,7%.

LITERATURA

- Faber A., Bloch Z., Nieróbca A., Demidowicz G., Kaczyński L. 1996. Symulacja wzrostu i plonowania pszenicy ozimej uprawianej w Polsce przy użyciu modelu WOFOST. Cz. 1. Kalibracja modelu. *Fragm. Agron.* XIII, nr 4 (52): 40 — 50.
- Faber A., Nieróbca A. 1999. Prognozowanie plonu pszenicy ozimej na podstawie indeksu powierzchni liści. *Fragm. Agron.* XVI, 1 (61): 59 — 68.
- Gent M.P.N 1995. Canopy light interception, gas exchange, and biomass in reduced height isolines of winter wheat. *Crop Sci.* 35 (6): 1636 — 1642.
- Gillett A. G., Crout N. M. J., Stokes D. T., Sylvester-Bradley R., Scott R. K. 1999. Simple winter wheat green area index model under UK conditions. *J. Agric. Sci.* 132 (3): 263 — 271.
- Hotsonyame G. K., Hunt L. A., 1998. Seeding date, photoperiod and nitrogen effects on specific leaf area of field-grown wheat. *Can. J. Plant Sci.*, 78 (1): 51 — 61.
- Krawontka J. 1997. Analiza zmienności dochodu gospodarstw rolnych w modelach symulacyjnych. *Przegląd Statystyczny*, R. XLIV, 1: 95 — 103.
- Nieróbca A. 1998. Rozdysponowanie suchej masy w okresie rozwoju pszenicy ozimej. *Fragm. Agron.* XV, 2 (58): 33 — 44.
- Nieróbca A., Faber A. 1996. Indeks powierzchni liści jako wskaźnik stanu wegetacji oraz wielkości spodziewanego plonu pszenicy. *Fragm. Agron.* XIII, 3 (51): 54 — 5.
- Podolska G. 1999. Budowa i wydajność łanu pszenicy ozimej w zależności od wybranych czynników agrotechnicznych i modelu rośliny. *Pam. Puł.* 116: 1 — 133.
- Szmigiel A. 1994. Wpływ nawożenia azotem na powierzchnię asymilacyjną liści i plonowanie pszenicy ozimej. *Rocz. Nauk Rol.*, ser. A T. 111 z. 3/4: 59 — 66.
- Zajac T., Witkiewicz R. 1997. Porównanie wartości ochronnej zbóż jarych i bobiku dla koniczyny czerwonej Cz. I. Wartość ochronna i produktywność zbóż jarych i bobiku. *Acta Agr. Silv. ser. Agr.* 35: 121 — 132.