

STANISŁAW WĘGRZYN**ANDRZEJ BICHONSKI**

Zakład Roślin Zbożowych

Instytut Hodowli i Aklimatyzacji Roślin, Oddział w Krakowie

Ocena przydatności form jęczmienia jarego jako komponentów rodzicielskich w hodowli

Estimation of usefulness of spring barley forms as parental components in breeding

Badano zdolność kombinacyjną 12 odmian i rodów jęczmienia jarego browarnego pod względem lepkości brzezki, procentowej zawartości białka ogółem w ziarnie jęczmienia i ekstraktywności słoju w pokoleniu F₅. Przeprowadzona analiza wariancji wykazała wysoce istotną wartość średniego kwadratu dla wszystkich badanych cech. Przeanalizowano efekty krzyżowania form rodzicielskich i efekty uzyskanych mieszańców. Wykazano większy wpływ kombinacji krzyżowania niż samych rodziców dla lepkości brzezki, procentowej zawartości białka w jęczmieniu i ekstraktywności mąki. Na tej podstawie wskazano grupę odmian korzystnie przekazujących na potomstwo cechy oraz wytypowano perspektywiczne kombinacje krzyżowania.

Słowa kluczowe: analiza wariancji, jakość, jęczmień jary

The combining ability was analyzed for 12 spring barley cultivars and strains in respect of wort viscosity, total protein content of grain and fine grind extract, basing on the F₅ generation derived from crosses made in the years 1996–1998. The analysis of variance proved high significance of mean squares for all the traits. The effects of parental forms and effects of crossing were analyzed. A higher influence was shown for cross combination than for the parents themselves for wort viscosity, total protein content of grain and fine grind extract. Basing on the results, the group of varieties was shown, which transmitted well the characters to progeny, and the prospective cross combinations were selected.

Key words: analysis of variance, spring barley, quality

WSTĘP

Jednym ze sposobów umożliwiających osiągnięcie wysokich efektów hodowlanych jest właściwy dobór rodziców do krzyżowania (Singh i in., 1999; Swanston i in., 2000; Marquez-Cedillo i in., 2000; Pochaba i in., 2000; Schut i Dourleijn, 2000; Virk i in., 2000). Najskuteczniejszym kryterium tego doboru jest zdolność odmiany do tworzenia wartościowego potomstwa, czyli zdolność kombinacyjna (Węgrzyn i in., 1996, 2000; Śmiałowski i Węgrzyn, 2000; Śmiałowski i in., 1999). Oszacowanie tej zdolności dla materiałów wyjściowych pozwala na uniknięcie kosztownych krzyżowań z formami, które

nie przekazują na potomstwo swoich korzystnych cech. Na ogół ocenę zdolności kombinacyjnej przeprowadza się na pokoleniu F_1 lub F_2 , kiedy heterozygotyczność jest bardzo duża. W tym celu trzeba wykonać specyficzne kombinacje krzyżowania. Można również dokonać oceny zdolności kombinacyjnej określonej przydatności form rodzicielskich do krzyżowania, na podstawie rodów hodowlanych. Węgrzyn i wsp. (1993, 1995, 1996), Bhullar i wsp. (1979), Haniš i Hanišova (1983), Lu i wsp. (2000) uważają, że ocenę zdolności kombinacyjnej form rodzicielskich można przeprowadzić na materiałach hodowlanych starszych pokoleń. Do oceny zdolności kombinacyjnej można stosować różne metody krzyżowań. Jednym z bardziej wszechstronnych modeli krzyżowania jest układ czynnikowy, który pozwala na ocenę ogólnej i swoistej zdolności kombinacyjnej (Węgrzyn, 1996). W pracach Bhullarda i wsp. (1979), Haniša i wsp. (1983), w których analizowano kilka cech ilościowych w pokoleniach F_1 – F_5 zaobserwowano podobieństwo uzyskanych wyników oceny efektów ogólnej i swoistej zdolności kombinacyjnej dla pięciu pokoleń i sugerowano prowadzenie badań w późniejszych generacjach.

Celem niniejszej pracy było określenie przydatności kilkunastu form jęczmienia jarego browarnego jako komponentów rodzicielskich w hodowli dla trzech cech, tj. procentowej zawartości białka w jęczmieniu, ekstraktywności mąki i lepkości brzezki.

MATERIAŁ I METODY

Materiałem badawczym było 490 rodów jęczmienia jarego browarnego, wyprowadzonych z 25 kombinacji krzyżowania w obrębie 10 form matecznych i 11 form ojcowskich. Wykonano tylko te kombinacje krzyżowania, które miały sens z punktu widzenia hodowlanego. Schemat krzyżowania i liczba rodów dla poszczególnych kombinacji ilustruje tabela 1.

Tabela 1

Liczba rodów biorących udział w krzyżowaniu i schemat krzyżowania
Number of strains participating in the analysis and the scheme of crossing

Matki Female	Ojcowie Male	Rudzik	Maresi	Rodos	Mobek	Atol	Krona	Start	Scarlett	Elisa	Gabi	STH 2196	Liczba rodów dla matek Number of strains for females
NS 84160.11.4.14.6		20	10	6	10								46
Rudzik				6		34	5						45
Maresi				31	7			5					43
Rodos					25		17	21					63
Start					26	28							54
Atol									18				18
Scarlett							22			3	17	60	102
Elisa							14				16		30
Gabi							35					27	62
Krona												27	27
Liczba rodów dla ojców Number of strains for males		20	10	43	68	62	93	26	18	3	33	114	490

Liczebność rodów w kombinacjach krzyżowania była różna i wahała się od 3 do 60. Rody te stanowiły pokolenie F₅. Badaniami objęto trzy cechy tj. procentową zawartość białka w ziarnie, zawartość ekstraktu w słodzie i lepkość brzezki. Oceny tych cech wykonano metodami standardowymi (Bichoński, Burek; 2000) w Pracowni Biochemii i Technologii Zbóż w Krakowie. Uzyskane wyniki badań opracowano statystycznie. W pierwszym etapie analizę wariancji przeprowadzono według modelu jednokierunkowego z różną liczebnością w podklasach. Analiza wariancji polegała na podziale zmienności całkowitej na zmienność pomiędzy kombinacjami krzyżowania i zmienność wewnątrz kombinacji. Ten ostatni składnik stanowi zmienność w podklasie, który nazwano zmiennością „resztową”. W jej skład wchodzi zmienność losowa i zmienność genetyczna między rodami w obrębie podklasy, czyli danej kombinacji krzyżowania. Dla oceny wielkości tej zmienności obliczono współczynnik zmienności, czyli odchylenie standardowe ze składnika „reszta”, wyrażone w procentach średniej arytmetycznej. Jeżeli współczynnik ten będzie miał wartość większą od 5%, to należy wnioskować, że występuje zmienność genetyczna między rodzicami w obrębie krzyżowania. Średni kwadrat zmienności „resztowej” służył również do testowania hipotezy o braku różnic między kombinacjami krzyżowania. Jeśli więc test F wykazał istotność różnic pomiędzy kombinacjami krzyżowania, to przeprowadzono drugi etap analizy wariancji wg modelu:

$$x_{ij} = \mu + g_i + g_j + c_{ij} \quad (1)$$

gdzie:

x_{ij} — jest średnią wartością rodów dla kombinacji krzyżowania i -tej matki z j -tym ojcem,

μ — jest średnią dla wszystkich badanych rodów,

g_i i g_j — są wartościami genetycznymi, odpowiednio dla formy matecznej i ojcowskiej

c_{ij} — jest efektem krzyżowania i -tej matki z j -tym ojcem, a więc wynikiem rekombinacji genów obydwóch rodziców.

Aby znaleźć wartości c_{ij} , które nas najbardziej interesują, należy wcześniej oszacować wartości $\hat{\mu}$, $\hat{g}_i$, $\hat{g}_j$ w równaniu (1). Wartości te znajdziemy z analizy wariancji według dwukierunkowej klasyfikacji, gdzie jeden kierunek wyznacza formy mateczne, drugi zaś formy ojcowskie. Następnie sumy kwadratów i liczby stopni swobody dla matek i ojców połączono razem, aby otrzymać składnik zmienności rodziców (EGP). Składnik ten jest odpowiednikiem ogólnej zdolności kombinacyjnej form rodzicielskich. Z różnicy zaś pomiędzy sumą kwadratów dla kombinacji, otrzymanej w pierwszym etapie analizy, a sumą kwadratów dla rodziców otrzymano składnik, który charakteryzuje interakcję między formami matecznymi i ojcowskimi (EGC). W klasycznej analizie wariancji jest on składnikiem swoistej zdolności kombinacyjnej. W naszym przypadku istotność tego składnika wskazywać będzie na obecność efektu krzyżowania. Jeśli składnik ten, testowany do średniego kwadratu wewnątrz kombinacji, czyli „reszty” był istotny, to oszacowano efekty c_{ij} z równania (1), czyli:

$$\hat{c}_{ij} = x_{ij} - \hat{\mu} - \hat{g}_i - \hat{g}_j \quad (2)$$

a ich istotność, różną od zera, testowano testem „t”, zaś istotność średnich kwadratów odchyłeń w analizie wariancji weryfikowano testem „F”.

WYNIKI

Analiza wariancji dla trzech cech (tab. 2) wykazała wysoce istotne zróżnicowanie między kombinacjami krzyżowania. Świadczy to o genetycznym zróżnicowaniu badanych odmian, które zostały wykorzystane jako formy rodzicielskie w ocenianych kombinacjach krzyżowania. Z wielkości średnich kwadratów wyliczonych dla rodziców i kombinacji krzyżowania można wnioskować, że odpowiedni dobór form rodzicielskich w przeprowadzonych kombinacjach krzyżowania był bardziej istotny, niż wynikałoby to z oznaczonych efektów krzyżowania dla poszczególnych form rodzicielskich. Podobne zjawisko, ale na materiale heterozygotycznym, zostało opisane w publikacjach Węgrzyna i wsp. (1970, 1980), Lipińskiej (1985), Webera (1991), Eissa i wsp. (1994), Lonca i wsp. (1993, 1995) oraz Scheerena i wsp. (1995), którzy obserwowali przewagę swoistej nad ogólną zdolnością kombinacyjną.

Tabela 2

Analiza wariancji dla trzech cech technologicznych z 25 kombinacji krzyżowania jęczmienia jarego
Analysis of variance for three technological traits in 25 cross combinations of spring barley

Źródło zmienności Source of variation	Liczba stopni swobody Degrees of freedom	Średnie kwadraty — Mean squares		
		Lepkość brzezki (mPa.s) Wort viscosity	Białko ogółem jęczmienia (%) Total protein content of grain	Ekstrakt mąki (%) Fine grind extract
Kombinacje krzyżowania Cross combinations	24	0,1151**	6,1026**	9,7832**
Efekty genetyczne rodziców/ EGP Genetic effects of parents	19	0,0950**	3,8284**	6,2459**
Efekty genetyczne krzyżowania/EGC Genetic effects of crossing	5	0,1912**	17,1876**	23,2247**
Wewnątrz kombinacji Within combinations	465	0,0029	0,3296	2,3091
Średnia Mean		1,65	13,07	81,13
CV%		3,3	2,7	2,4

*, ** — Istotne odpowiednio dla 0,05 i 0,01

*, ** — Significant at levels 0.05 and 0.01 respectively

Wyniki oszacowanych efektów form rodzicielskich (EGP) i efektów krzyżowania (EGC) przedstawiono w tabeli 3. Do odmian charakteryzujących się wysokimi efektami EGP w kierunku obniżenia lepkości brzezki można zaliczyć Kronę i NS 84160.11.4.14.6, natomiast EGC mieszańce Maresi × Start i NS 84160.11.4.14.6 × Rodos. Odmiana Scarlett i mieszańce Elisa × Krona, Maresi × Mobek, Scarlett × Gabi oraz Gabi × STH 2196 istotnie zwiększały lepkość. Chociaż niektóre z pozostałych odmian wykazywały tendencje w kierunku zmniejszenia lub zwiększenia lepkości brzezki, a ich efekty były istotnie różne od zera, to jednak nie powodowały większych zmian w lepkości. Podobnie sytuacja przedstawia się u mieszańców (tab. 3).

Tabela 3

Średnie wartości cech jakościowych, efekty rodziców i krzyżowania dla badanych cech
Estimation of the mean values for qualitative traits, effects of parents and their crossing for the investigated traits

Genotyp Genotype	Liczba kombinacji No. of combinations	Liczba rodów No. of strains	Lepkość brzożki Wort viscosity (mPa .s)			Białko ogółem jęczmienia Total protein content of grain (%)			Ekstrakt mąki Fine grind extract (%)		
			wartość cechy value of characters	efekty rodziców effects of parents	efekty krzyżowania effects of crossing	wartość cechy value of characters	efekty rodziców effects of parents	efekty krzyżowania effects of crossing	wartość cechy value of characters	efekty rodziców effects of parents	efekty krzyżowania effects of crossing
				EGP	EGC		EGP	EGC		EGP	EGC
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
NS 84160.11.4.14.6	4	46		-0,0625**			1,0401**			-0,9431**	
Rudzik	4	65		-0,0480**			0,4392**			-0,8907**	
Maresi	4	53		-0,0440**			0,2781**			-0,8048**	
Rodos	6	106		-0,0068			0,7350**			-0,3594**	
Start	4	80		-0,0244**			-0,1498**			-0,8752**	
Atol	3	80		0,0046			-0,1973**			0,8754**	
Scarlett	5	120		0,0959**			-0,4686**			0,9660**	
Elisa	3	33		0,0015			-0,4341**			0,5841**	
Gabi	4	95		-0,0145*			-0,7682**			0,7410**	
Krona	6	120		-0,1829**			-0,5501**			0,8620**	
Mobek	4	68		0,0264**			-0,0479**			0,2099**	
STH 2196	3	114		0,0259**			0,1927**			-0,5395**	
NS 84160.11.4.14.6 × Rudzik		20	1,55		0,0009	14,15		0,0297	80,13		-0,0217
NS 84160.11.4.14.6 × Maresi		10	1,54		0,0009	13,64		0,0297	80,53		-0,0217
NS 84160.11.4.14.6 × Rodos		6	1,54		-0,0599	14,20		-0,1733**	79,74		-0,4150
NS 84160.11.4.14.6 × Mobek		10	1,65		0,0374	14,44		0,1516**	80,41		0,2143
Rudzik × Rodos		6	1,65		0,0324	14,21		0,4374**	80,87		0,3455
Rudzik × Atol		34	1,62		0,0100	13,15		-0,0701	81,18		-0,3873
Rudzik × Krona		5	1,58		-0,0011	14,38		0,5852**	81,15		1,4756**
Maresi × Rodos		31	1,64		0,0210	13,66		0,1451*	80,29		-0,1604
Maresi × Mobek		7	1,70		0,0665	13,64		0,2484**	79,47		-0,5978

c.d. Tabela 3

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Maresi × Start	5	1,48			-0,1096*	13,34		0,2734**	81,90		0,5099
Rodos × Mobek	25	1,64			-0,0325	14,03		0,1149*	81,26		0,2451
Rodos × Krona	17	1,62			-0,0017	13,83		-0,1587**	78,91		-0,6577
Rodos × Start	21	1,65			0,0238	13,52		-0,0303	81,33		-0,3573
Start × Mobek	26	1,66			0,0086	12,85		0,0076	79,01		-0,8535*
Start × Atol	28	1,65			0,0131	12,97		0,3618**	81,61		-0,0850
Atol × Scarlett	18	1,63			-0,0293	12,16		-0,5826**	81,90		-0,3074
Scarlett × Krona	22	1,73			0,0054	12,63		0,0270	80,69		-0,7137
Scarlett × Elisa	3	1,57			0,0009	12,57		0,0297	81,37		-0,0217
Scarlett × Gabi	17	1,77			0,0703	12,92		0,0989	81,40		0,0465
Scarlett × STH 2196	60	1,75			-0,0203	12,76		0,0111	81,99		0,2128
Elisa × Krona	14	1,77			0,1429**	12,77		0,1113*	81,58		0,3172
Elisa × Gabi	16	1,59			-0,0150	12,79		-0,0462	81,04		0,1619
Gabi × Krona	35	1,60			-0,0140	12,11		-0,1231*	82,42		0,7869*
Gabi × STH 2196	27	1,73			0,0697	12,34		-0,0498	81,22		-0,1360
Krona × STH 2196	27	1,51			0,0181	12,62		-0,0238	82,18		0,4533
NIR/LSD (0,05)			0,0343			0,0364			0,2552		
NIR/LSD ($m_i - m_j$)				0,0167			0,0178			0,1246	
NIR/LSD ($s_{ij} - s_{ij}$)					0,0343			0,0364			0,2552

*,** — Istotne odpowiednio dla 0,05 i 0,01

*,** — Significant at levels 0.05 and 0.01, respectively

Do odmian wpływających istotnie na zmniejszenie zawartości białka w ziarnie można zaliczyć Gabi i Kronę, zaś z mieszańców jedynie Atol $\times$ Scarlett. Do odmian istotnie zwiększających zawartość białka w ziarnie możemy zaliczyć NS 84160.11.4.14.6 i Rodos, zaś do mieszańców Rudzik $\times$ Krona, Start $\times$ Atol, Maresi $\times$ Start oraz Maresi $\times$ Mobek. Oznacza to, że korzystając z tych komponentów rodzicielskich i wytworzonych mieszańców należy się liczyć z możliwością wzrostu zawartości białka, co będzie niekorzystne z punktu widzenia przemysłu browarnego.

Do form rodzicielskich istotnie zwiększających w potomstwie zawartość ekstraktu uzyskanego z mąki można zaliczyć Scarlett, Atol oraz Kronę. Wśród mieszańców, u których można oczekiwać wzrostu zawartości ekstraktu, można wymienić Rudzik $\times$ Krona, Rudzik $\times$ Rodos, Start $\times$ Atol, Maresi $\times$ Start i Maresi $\times$ Mobek. Natomiast do odmian zmniejszających zawartość ekstraktu z mąki należy zaliczyć NS 84160.11.4.14.6, a spośród mieszańców Atol $\times$ Scarlett. Podobne badania wykonane na innym materiale genetycznym dotyczące ekstraktywności mąki opisali wcześniej Węgrzyn i wsp. (1977), Garcera i wsp. (1991), Winiarski (1998), Lu i wsp. (1995), Węgrzyn i Bichoński (2001), dla lepkości brzezki Vargas i wsp. (1983), Węgrzyn i Bichoński (2001) oraz dla zawartości białka Węgrzyn i wsp. (1982), Winiarski (1998) i Górny (1999).

WNIOSKI

1. Największy wpływ na obniżenie takich cech, jak lepkość brzezki i zawartość białka w ziarnie miał odpowiedni dobór komponentów rodzicielskich użytych do krzyżowania.
2. Do odmian korzystnie zmniejszających lepkość brzezki w uzyskiwanych z nią mieszańcach można zaliczyć Kronę i NS 84160.11.4.14.6, a obniżających poziom zawartości białka w ziarnie Gabi i Kronę, zaś do odmian zwiększających ekstraktywność mąki zaliczyć należy Scarlett, Atol oraz Kronę.
3. Podwyższoną wartość lepkości brzezki przekazywała na potomstwo odmiana Scarlett, zaś odmiany NS 84160.11.4.14.6 i Rodos przekazywały wzrost zawartości białka w ziarnie. Odmiana NS 84160.11.4.14.6 będzie powodować również zmniejszenie zawartości ekstraktu.
4. U mieszańców Maresi $\times$ Start i NS 84160.11.4.14.6 $\times$ Rodos można oczekiwać spadku lepkości brzezki. Natomiast wśród mieszańców Elisa $\times$ Krona, Maresi $\times$ Mobek, Scarlett $\times$ Gabi i Gabi $\times$ STH 2196 możemy oczekiwać zwiększenia lepkości brzezki, co jest cechą niepożądaną.
5. Wśród potomstwa mieszańca Atol $\times$ Scarlett możemy oczekiwać podwyższonej zawartości białka. Natomiast potomstwo mieszańców Rudzik $\times$ Krona, Rudzik $\times$ Rodos, Start $\times$ Atol, Maresi $\times$ Start i Maresi $\times$ Mobek możemy liczyć się ze wzrostem zawartości białka.
6. Spośród potomstwa mieszańców Rudzik $\times$ Krona, Rudzik $\times$ Rodos, Start $\times$ Atol, Maresi $\times$ Start i Maresi $\times$ Mobek można oczekiwać wzrostu zawartości ekstraktu, natomiast w potomstwie mieszańca Atol $\times$ Scarlett istotny spadek zawartości tego składnika.

LITERATURA

- Bhullar G. S., Gill K. S., Khehra A. S. 1979. Combining ability analysis over F₁-F₅ generations in diallel crosses of bread wheat. *Theor. Appl. Genet.* 55: 77 — 80.
- Bichoński A., Burek J. 2000. Wartość browarna i plonowanie rodów jęczmienia ozimego ocenianych w latach 1989–1998. *Biul. IHAR* 215: 153 — 160.
- Haniš M., Hanišova A. 1983. Estimate of the yield potential of winter wheat cross combinations from grain yield in the F₁ generation. *Genet. a Slecht.* 19: 213 — 220.
- Eissa M. M., Kadalousi A. R., Solama S. M. 1994. Combining ability over sowing dates for earliness and some morphophysiological traits in wheat. *J. Agric. Sci.* 19: 1281 — 1291.
- Garcera R., Sarrafi A., Jestin L., Ecochard R. 1991. Variabilité génétique de certains paramètres de la qualité Brassicole de l'Orge. *Plant Breeding* 106: 235 — 241.
- Górny A. G. 1999. Inheritance of nitrogen and phosphorus utilization efficiency in spring barley at the vegetative growth stages under high and low nutrition. *Plant Breeding* 118 (6): 511 — 516.
- Lipińska J. 1985. Ogólna i swoista wartość kombinacyjna w hodowli roślin. (Przegląd). *Biul. IHAR.* 156: 91 — 101.
- Lonc W., Kadłubiec W., Zalewski D. 1993. Zdolność kombinacyjna cech jakościowych ziarn linii pszenicy ozimej. *Zesz. Nauk. AR Wrocław* 223: 255 — 264.
- Lonc W., Zalewski D. 1995. Zdolność kombinacyjna cech jakościowych kilku linii pszenicy ozimej. *Biul. IHAR* 194: 5 — 12.
- Lonc W., Zalewski D. 1996. Ocena zdolności kombinacyjnej siedmiu linii pszenicy ozimej. *Biul. IHAR* 200: 259 — 265.
- Lu MQ, O'Brien L., Stuart I. M. 1999. Environmental and genetic variation for grain yield and barley malting quality attributes. *Austr. J. Agric. Res.* 50 (8): 1425 — 1434.
- Lu MQ, O'Brien L., Stuart I. M. 2000. Barley malting quality and yield interrelationships and the effect on yield distribution of selection for malting quality in the early generations *Austr. J. Agric. Res.* 51 (2): 247 — 258.
- Marquez-Cedillo L. A., Hayes P. M., Jones B. L., Kleinhofs A., Legge W. G., Rossnagel B. G., Sato K., Ullrich E., Wesenberg D. M. 2000. QTL analysis of malting quality in barley based on the doubled-haploid progeny of two elite North American varieties representing different germplasm groups. *Theor. Appl. Genet.* 101 (1-2): 173 — 184.
- Mihaljev I. 1980. Combining ability for grain yield in F₁-F₆ generations of diallel wheat crosses. *Proc. of 3rd International Wheat Conference. Madrid, Spain:* 102 — 109.
- Pochaba L., Węgrzyn S. 2000. Zmienność i współzależność kilku cech pszenicy ozimej. *Biul. IHAR* 216: 261 — 266.
- Scheeren P. L., Decarvalho F. J. F., Federizzi L. C. 1995. Combining ability of six agronomic traits in wheat (*Triticum aestivum*) *Pesq. Agrop. Brasil.* 30: 831 — 846.
- Schut J. W., Dourleijn C. J. 2000. Prediction of barley progeny performance in the presence of genotype-environment interaction. *Plant Breed.* 119 (1): 47 — 50.
- Singh A., Negi M. S., Rajagopal J., Bhatia S., Tomar U. K., Srivastava P. S. 1999. Lakshmikumaran M. Assessment of genetic diversity in *Azadirachta indica* using AFLP markers. *Theor. Appl. Genet.* 99 (1/2): 272 — 279.
- Swanston J. S., Newton A. C., Guy D. C., Gacek E. S. 2000. Malting performance of barley cultivar mixtures from the UK and Poland. *Journal of the Institute of Brewing.* 106 (4): 239 — 243.
- Śmiałowski T., Węgrzyn S., Nita Z. 1999. Zdolność kombinacyjna rodów i odmian owsa na podstawie oceny kilku cech. Część I. Owies białozarnisty (*Avena sativa* L. var. *Aristata*) *Biul. IHAR* 210: 53 — 59.
- Śmiałowski T., Węgrzyn S. 2000. Zmienność i zależność oraz genetyczne uwarunkowania wybranych cech u odmian i rodów żyta ozimego. *Biul. IHAR* 216: 61 — 68.
- Vargas I., Molina-Cano J. L., Hassan S. 1983. A quality index for the assessment of barley varieties. *Monatsh. Brauwiss.* 12: 481 — 485.
- Virk P. S., Newbury H. J., Jackson M. T., Ford-Lloyd B. V. 2000. Are mapped markers more useful for assessing genetic diversity? *Theor. Appl. Genet.* 100 (3/4): 607 — 613.

- Weber R. 1991. Zdolność kombinacyjna cech użytkowych pszenicy ozimej. Zesz. Nauk. AR Wrocław 207: 189 — 198.
- Węgrzyn S., Nalepa S., Pochaba L. 1979. Ogólna i swoista wartość kombinacyjna dla plonu i jego komponentów u pszenicy ozimej. Hod. Rośl. Aklim. 23 (2): 61 — 71.
- Węgrzyn S., Pochaba L. 1980. Wartość kombinacyjna i sposoby działania genów dla kilku cech odmian i mieszańców pszenicy ozimej. Hod. Rośl. Aklim. 24 (3): 211 — 224.
- Węgrzyn S., Kowalska M., Ruśniak L. 1982. Zmienność i genetyczne uwarunkowanie plonu oraz cech wartości browarnej jęczmienia jarego. Hod. Rośl. Aklim. 26/ 1: 41 — 51.
- Węgrzyn S., Pochaba L., Cygankiewicz A., Witkowski E. 1993. Zdolność kombinacyjna form rodzicielskich na podstawie oceny kilku cech rodów hodowlanych pszenicy ozimej. Biul. IHAR 187: 19 — 28.
- Węgrzyn S., Pochaba L., Witkowska K. 1995. Zdolność kombinacyjna form rodzicielskich pod względem odporności na mączniaka (*Erysiphe graminis* f. sp. *tritici*) określona na podstawie porażenia rodów hodowlanych pszenicy ozimej. Biul. IHAR 194: 169 — 177.
- Węgrzyn S., Pochaba L., Choma K. 1996. Zdolność kombinacyjna form rodzicielskich określona na podstawie oceny kilku cech rodów hodowlanych pszenicy ozimej. Biul. IHAR 200: 277 — 287.
- Węgrzyn S., Cygankiewicz A., Stachowicz M., Witkowski E. 2000. Zdolność kombinacyjna form rodzicielskich dla liczby sedymentacji i zawartości białka odmian i rodów pszenicy ozimej. Część I. Biul. IHAR. 214: 69 — 78.
- Węgrzyn S., Bichoński A. 2001. Zdolność kombinacyjna jęczmienia jarego dla procentowej zawartości białka, ekstraktu mąki i lepkości brzezki. Biul. IHAR 217: 95 — 105.
- Winiarski J. 1998. Odziedziczalność wybranych cech wartości browarnej jęczmienia jarego. Biul. IHAR 207: 25 — 34.