

IRENA KOLASIŃSKA¹**LUCJAN MADEJ**¹**STANISŁAW WĘGRZYN**²**ANDRZEJ CYGANKIEWICZ**²¹ Zakład Genetyki i Hodowli Roślin, Instytut Hodowli i Aklimatyzacji Roślin, Radzików² Instytut Hodowli i Aklimatyzacji Roślin, Oddział w Krakowie

Ocena przydatności linii rodzicielskich żyta do hodowli mieszańców odpornych na porastanie

Evaluation of parental lines suitability for the breeding of sprouting resistant hybrids of rye

Materiał badań stanowiły pojedyncze mieszańce F_1 żyta pochodzące z krzyżowania linii męskosterylnych (linie P) z restorerami płodności (R) oraz ich komponenty rodzicielskie, wyhodowane w Instytucie Hodowli i Aklimatyzacji Roślin w Radzikowie. Badania prowadzono w Radzikowie (RAH) w latach 1999 i 2000 oraz w Smolicach (SMH) w 2000 roku. Analizowane ziarno pochodziło z doświadczeń polowych (3 powtórzenia, siew siewnikowy, wielkość poletka 5 m²). Liczbę opadania (L.O.) oznaczano metodą Hagberga-Pertena w aparacie Falling Number 1800. Obliczenia statystyczne wyników wykonano za pomocą programów komputerowych "AGRO" oraz "WAKOMBK — (TP)" w Zakładzie Roślin Zbożowych IHAR Kraków. Przeprowadzono analizę wariancji dla genotypów oraz dla zdolności kombinacyjnej. Obliczono współczynniki odziedziczalności w szerokim h^2 (s) i w wąskim sensie h^2 (w) i ich błędy standardowe. Ponadto obliczono współczynniki korelacji między liczbą opadania linii rodzicielskich a ich zdolnością kombinacyjną oraz między liczbą opadania linii rodzicielskich a liczbą opadania ich mieszańców F_1 .

Badania wykazały istotne zróżnicowanie linii rodzicielskich oraz mieszańców F_1 pod względem liczby opadania w obu latach badań. Stwierdzono wyraźny wpływ warunków pogodowych miejscowości i lat na liczbę opadania. Mieszańce F_1 żyta charakteryzowały się istotnie wyższą liczbą opadania od linii rodzicielskich we wszystkich warunkach środowiska. Nie wykazano istotnej zależności między wartością linii rodzicielskich *per se* a ich zdolnością kombinacyjną oraz między liczbą opadania linii rodzicielskich a L.O. ich mieszańców. Wyodrębniono linie rodzicielskie przekazujące potomstwu wysoką liczbą opadania. Linie te mogą być wykorzystane w programie hodowli mieszańców żyta o podwyższonej odporności na porastanie i polepszonej wartości wypiekowej ziarna. Współczynnik odziedziczalności w szerokim sensie h^2 (s) wynosił $0,8366 \pm 0,2539$, a w wąskim sensie h^2 (w) wynosił $0,0034 \pm 0,0436$. Wydaje się, iż w dziedziczeniu liczby opadania badanych obiektów odgrywały rolę zarówno addytywne, jak i nieaddytywne formy działania genów ze znaczną przewagą tych ostatnich.

Słowa kluczowe: hodowla mieszańców, liczba opadania, linie wsobne, odporność na porastanie, wartość wypiekowa, zdolność kombinacyjna, żyto

F₁ single crosses between male sterile lines (P lines) and fertility restorers (R lines) were tested together with their parents in field experiments (3 replications, plot size — 5m²) at Radzików in two seasons (1999, 2000) and at Smolice in 2000.

Falling number was determined by the Hagberg-Perten method using the Falling Number 1800 instrument. Analysis of variance was carried out with the computer software "AGRO" and "WAKOMBK — (TP)". Effects of general (GCA) and specific combining ability (SCA) of parental lines were determined. Additionally, correlation coefficients were calculated between a line *per se* performance and combining ability effects as well as between the FN of parental lines and their single crosses.

A considerable variability (cv) of the falling number was found among the parental lines and among the single crosses in the both years. Analysis of variance indicated significant differences among the parental lines and among the single crosses for this character in the both years. Effects of the environmental conditions on the FN were pronounced. The FN of single crosses was higher than that of parental lines in all environments. Both general and specific combining abilities proved to be significant for the FN. No relation was found between a line *per se* performance and its GCA effect. High coefficient of heritability in broad sense ($0,8366 \pm 0,2539$) was indicated for the FN in 1999. Several lines with high and significant GCA effects for the FN could be used in hybrid rye breeding programmes for the improving sprouting resistance and baking quality.

Key words: baking quality, combining ability, falling number, hybrid breeding, inbred lines, rye, sprouting resistance

WSTĘP

Ważnym problemem w hodowli i uprawie żyta jest jego skłonność do porastania (Wolski i Pietrusiak, 1988). Problem ten pojawia się głównie w latach o dużej ilości opadów, w okresie przedźniwnym i w czasie zbioru żyta. W warunkach takich występuje przedźniwne porastanie ziarna powodujące znaczne obniżenie wartości wypiekowej mąki żytniej. Pełna ocena wartości wypiekowej obejmująca analizy amylograficzne i wypiek laboratoryjny jest kosztowna, pracochłonna, wymaga dużej ilości ziarna, stąd jest wykonywana dla zaawansowanych materiałów hodowlanych. W początkowych etapach hodowli liczba opadania L.O. (Hagberg, 1960; Perten, 1964) jest używana jako cecha wskaźnikowa do charakterystyki wartości wypiekowej ziarna. Wcześniejsze badania wykazały istotne korelacje między liczbą opadania a wskaźnikami oceny amylograficznej mąki żytniej: czasem rozklejania, temperaturą końcową kleikowania, maksymalną lepkością kleiku skrobiowego (Rattunde i in., 1994; Kolasińska i in., 1998 a, 1999). Ocena liczby opadania okazuje się być efektywnym, łatwym, szybkim testem do charakterystyki wartości wypiekowej we wszystkich etapach programu hodowlanego. Żyto do celów konsumpcyjnych powinno wykazywać liczbę opadania ponad 110 s (Cygankiewicz, 1995).

Dotychczasowe prace wykazały, iż jest możliwe ulepszenie odporności na porastanie, a następnie jakości ziarna żyta zarówno w hodowli populacyjnej, jak i w hodowli odmian mieszańcowych. W hodowli populacyjnej osiągnięto znaczne podwyższenie odporności na porastanie w wyniku prowadzenia kierunkowej selekcji (Wolski, Pietrusiak, 1988). Hodowla odmian mieszańcowych stwarza także duże możliwości poprawienia tej cechy. Zdaniem wielu autorów istnieje duża zmienność genetyczna liczby opadania w większości materiałów hodowlanych (Geiger, Morgenstern, 1979; Kolasińska i in., 1998 a, 1999; Loock i in., 1990; Prestler i in., 1996). Efektywność selekcji opartej na liczbie opadania

linii *per se* wykazał Wehmann i wsp. (1991) dla linii z grupy Carsten stwierdzając istotną korelację między wartością cechy linii a ich ogólną zdolnością kombinacyjną. Dalszym dowodem potwierdzającym efektywność selekcji na liczbę opadania we wczesnych pokoleniach jest istotna korelacja między wartością cechy linii S_1 a ich potomstwem w późniejszych pokoleniach chowu wsobnego (Köhler i in., 1985; Kolasińska i in., 1998 b). Loock i wsp. (1990) oraz Wehmann i wsp. (1991) uważają, iż selekcja na liczbę opadania stwarza możliwość ulepszenia odporności na porastanie bez niekorzystnego wpływu na zdolność plonowania.

Celem badań było poznanie przydatności wartościowych linii męskosterylnych (linii P) i restorerów (R) do tworzenia odpornych na porastanie mieszańców F_1 żyta o dobrej wartości wypiekowej.

MATERIAŁ I METODY

Materiał badawczy stanowiły pojedyncze mieszańce F_1 żyta pochodzące z krzyżowania linii męskosterylnych (linie P) z restorerami płodności (R) oraz ich komponenty rodzicielskie, wyhodowane w Instytucie Hodowli i Aklimatyzacji Roślin w Radzikowie. Badania prowadzono w latach 1999 i 2000 w Radzikowie (RAH) i w Smolicach (SMH) w 2000 roku:

- 48 mieszańców F_1 z krzyżowania 16 linii P z 3 restorerami (R), Radzików 1999 rok,
- 19 linii rodzicielskich (16 linii P, 3 restorery), Radzików 1999 rok,
- 40 mieszańców F_1 z krzyżowania 20 linii P z 2 restorerami, Radzików, Smolice 2000 rok,
- 22 linii rodzicielskich (20 linii P, 2 restorery), Radzików i Smolice 2000 rok.

Analizowane ziarno pochodziło z doświadczeń polowych (trzy powtórzenia, siew siewnikowy, wielkość poletka $5m^2$) prowadzonych w Radzikowie w 1999 roku oraz w Radzikowie i Smolicach w 2000 roku. Ogółem badaniami objęto 213 obiektów w trzech powtórzeniach, czyli 639 prób ziarna.

Liczbę opadania (L.O.) oznaczano metodą Hagberga-Pertena (Hagberg, 1961; Perten, 1964) w aparacie Falling Number 1800 (Norma ICC Standard No. 107 i AACC Standard No. 58–81B). Oznaczenia przeprowadzono w Pracowni Biochemii i Technologii Zbóż, Zakładu Roślin Zbożowych, Instytutu Hodowli i Aklimatyzacji Roślin w Krakowie.

Obliczenia statystyczne wykonano za pomocą programów komputerowych "AGRO" i "WAKOMBK — (TP)", opracowanego w Zakładzie Roślin Zbożowych IHAR Kraków. Przeprowadzono jednoczynnikową analizę wariancji dla genotypów oraz analizę wariancji dla zdolności kombinacyjnej. Ponadto obliczono współczynniki odziedziczalności w szerokim h^2 (s) i w wąskim sensie h^2 (w) i ich błędy standardowe według Hallauer i Miranda (1995) z uwzględnieniem wag według Wricke i Weber (1986). Obliczono także współczynniki korelacji między liczbą opadania linii rodzicielskich a ich efektami ogólnej zdolności kombinacyjnej oraz między L.O. rodziców a wartością tej cechy u mieszańców F_1 .

WYNIKI I DYSKUSJA

Lata badań wyraźnie różniły się pod względem warunków meteorologicznych (tab. 1). W 1999 roku w Radzikowie wystąpiła niewielka ilość opadów w okresie przedżniwnym i w czasie zbioru żyta. Natomiast niekorzystny układ warunków pogodowych w tym okresie w 2000 roku stworzył warunki prowokacyjne dla porastania ziarniaków zarówno w Radzikowie, jak i w Smolicach. W Radzikowie wysoka ilość opadów, szczególnie w trzeciej dekadzie lipca, przy wysokiej temperaturze i wilgotności względnej powietrza sprzyjały przedżniwnemu porastaniu ziarniaków żyta. W Smolicach odnotowano trochę mniej opadów w ostatniej dekadzie lipca, niższą temperaturę i wilgotność względną powietrza.

W tabeli 2 przedstawiono współczynniki zmienności liczby opadania badanych obiektów w obu miejscowościach i latach. Stwierdzono znacznie większą zmienność wśród linii rodzicielskich niż ich mieszańców pojedynczych. Ponadto większą zmienność obserwowano w roku 2000 niż 1999 zarówno wśród linii rodzicielskich, jak i mieszańców. W Smolicach wystąpiła znacznie większa zmienność szczególnie wśród linii rodzicielskich ($cv = 51\%$) niż w Radzikowie ($cv = 37,2\%$). Współczynniki zmienności dla mieszańców były zbliżone w obu miejscowościach.

Tabela 1

Warunki meteorologiczne w okresie przedżniwnym w Radzikowie (RAH) i w Smolicach (SMH) w latach 1999 i 2000

Weather conditions in pre-harvest time at Radzików (RAH) and Smolice (SMH) in 1999 and 2000									
Dekada lipca Decade of July	Suma opadów (mm) Total precipitation (mm)			Średnia dobową temperaturę (°C) Daily mean temperature (°C)			Średnia dobową wilgotność względną powietrza (%) Daily mean air relative humidity (%)		
	1999			2000			2000		
	RAH	RAH	SMH	RAH	RAH	SMH	RAH	RAH	SMH
1	8,7	27,5	32,6	24,2	18,0	17,3	86,4	85,1	76,0
2	21,0	21,7	41,7	23,3	17,0	14,9	86,7	86,4	80,0
3	1,0	27,8	22,8	24,1	21,3	17,6	92,1	97,3	80,0
Suma miesięczna Month total	30,7	77,0	97,1	716	563	498	2652	2688	2360
Średnia miesięczna Month mean	0,99	2,48	3,1	23,1	18,1	16,1	85,5	86,7	76,1

Tabela 2

Współczynniki zmienności liczby opadania linii rodzicielskich i mieszańców w Radzikowie i Smolicach w latach 1999 i 2000

Coefficient of variability for falling number of parental lines and hybrids at Radzików and Smolice in 1999 and 2000					
Miejscowość Location	Rok Year	Liczba obiektów Number of entries		Współczynnik zmienności (cv%) Coefficient of variability (cv%)	
		Linie P i R P and R lines	Mieszańce F ₁ F ₁ crosses	Linie P i R P and R lines	Mieszańce F ₁ F ₁ crosses
Radzików	1999	19	48	24,5	14,3
	2000	23	40	37,2	25,1
Smolice	2000	23	40	51,0	27,9

Analiza statystyczna wyników (tab. 3) wykazała istotne zróżnicowanie badanych genotypów zarówno linii rodzicielskich, jak i mieszańców F_1 pod względem liczby opadania. Średnie wartości liczby opadania mieszańców typu $P \times R$ i ich linii rodzicielskich w Radzikowie w 1999 roku przedstawiono w tabeli 4.

Tabela 3

Analiza wariancji liczby opadania dla genotypów
Analysis of variance of falling number for genotypes

Źródło zmienności Source of variance	Stopnie swobody Degrees of freedom	Średni kwadrat Mean square
Genotypy:	66	4508,64**
Rodzice a mieszańce Parents vs. crosses	1	331,00
Rodzice Parents	18	6541,65**
Mieszańce Crosses	47	3818,93**
Błąd Error	104	429,48

*, ** — Istotne odpowiednio przy $P = 0,05$ i $P = 0,01$

*, ** — Significant at $P = 0,05$ and $P = 0,01$, respectively

Tabela 4

Liczba opadania mieszańców z krzyżowania $P \times R$ i ich rodziców (pogrubiona) w Radzikowie
w 1999 roku

Falling number of $P \times R$ crosses and their parents (bold) at Radzików in 1999

Linie P P lines		Restorery Restorers			
		5 R	340 R	363 R	Średnia Mean
Nr No	L. O.	181	97	171	150
103	237	290	231	257	259
130	192	219	186	249	218
332	147	251	195	254	233
343	188	247	226	289	254
349	220	224	169	254	215
399	72	234	189	251	225
420	213	254	186	237	226
463	203	248	232	277	252
482	199	287	258	294	280
620	253	279	206	270	251
904	238	267	247	271	262
2053	184	236	221	260	239
2130	191	232	225	269	242
2683	257	258	162	263	227
4475	213	248	176	217	214
53165	205	229	163	238	210
Średnia Mean	201	250	204	259	238

NIR ($P = 0,05$) - 31

LSD ($P = 0,05$) - 31

Wszystkie mieszańce charakteryzowały się wysoką i bardzo wysoką liczbą opadania (L.O. > 150 s). Większość linii rodzicielskich także wykazała wysoką i bardzo wysoką L.O. Tylko u dwóch linii rodzicielskich 399 P i 340 R stwierdzono liczbę opadania poniżej 100 s. W 2000 roku obserwowano odmienną sytuację. W Radzikowie większość mieszańców pojedynczych i prawie wszystkie linie rodzicielskie charakteryzowały się niską jakością ziarna (tab. 5).

Tabela 5

Liczba opadania mieszańców P × R i rodziców (pogrubiona) w Radzikowie w 2000 roku
Falling number of P × R crosses and parents (bold) at Radzików in 2000

Linie P P lines		Restorery Restorers		
		5 R	3332 R	Średnia Mean
Nr No	L. O.	65	65	64
103	65	91	97	96
118	62	75	75	75
121	83	117	127	122
130	65	77	81	79
167	185	100	117	109
343	62	84	81	83
381	74	118	141	130
383	81	123	136	130
399	62	76	76	76
447	87	103	125	114
463	64	112	141	127
482	83	137	171	154
620	64	100	111	106
854	90	131	160	146
904	143	89	83	86
2130	62	75	83	79
2683	63	88	92	90
4475	63	72	86	79
5491	88	84	84	84
54206	71	96	85	91
Średnia Mean	81	97	108	103

NIR (P = 0,05) - 17

LSD (P = 0,05) - 17

Spośród ocenianych linii rodzicielskich wyróżniły się tylko dwie linie — 167 P i 904 P. Liczba opadania wynosiła odpowiednio 185 s i 143 s. W Smolicach 6 linii (167 P, 904 P, 4475 P, 854 P, 5491 P, 54206 P) wykazało liczbę opadania ponad 110 s (tab. 6). Warunki pogodowe w 2000 roku sprzyjające porastaniu pozwoliły na stwierdzenie, iż linie P (118, 343, 399, 2130, 2683) wartościowe pod względem wielu cech hodowlanych wykazują wrażliwość na porastanie i przekazują tę cechę swoim mieszańcom. Na uwagę zasługują linie wyróżniające się L.O. w obu miejscowościach — 167 P i 904 P. Porównano liczbę opadania 11 mieszańców pochodzących z krzyżowania linii P z restorerem 5R i ich linii rodzicielskich w latach 1999 i 2000. W tych latach badań średnia liczba opadania linii rodzicielskich wynosiła odpowiednio 202 s i 72 s, a mieszańców 255 s i 91 s. W 1999 roku

wszystkie mieszańce pojedyncze i wszystkie linie rodzicielskie wykazały dobrą jakość ziarna, z wyjątkiem 399 P. Na niekorzystne warunki pogodowe 2000 roku wszystkie obiekty zareagowały wyraźnym obniżeniem jakości ziarna. Tylko dwa mieszańce (482 × 5R i 463 × 5R) i jedna linia męskosterylna (904 P) wykazały zadawalającą liczbę opadania.

Tabela 6

Liczba opadania mieszańców P × R i rodziców (pogrubiona) w Smolicach w 2000 roku
Falling number of P × R crosses and parents (bold) at Smolice in 2000

Linie P P lines		Restorery Restorers		
		5 R	3332 R	Średnia Mean
Nr No	L.O.	68	62	65
103	78	154	104	129
118	71	89	108	99
121	107	176	197	187
130	71	126	115	121
167	270	155	184	170
343	67	132	83	108
381	81	173	173	173
383	97	105	136	121
399	65	97	110	104
447	81	193	221	207
463	70	170	138	154
482	83	229	216	223
620	81	153	135	144
854	127	179	181	180
904	194	127	142	135
2130	62	83	90	87
2683	63	117	86	102
4475	140	163	94	129
5491	121	158	132	145
54206	120	155	135	145
Średnia Mean	102	147	139	143

NIR (P = 0,05) - 19

LSD (P = 0,05) - 19

Analiza wariancji zdolności kombinacyjnej przedstawiona w tabeli 7 wykazała istotną zmienność ogólnej zdolności kombinacyjnej (OZK) linii męskosterylnych i restorerów oraz istotną zmienność swoistej zdolności kombinacyjnej (SZK) mieszańców. Wydaje się, iż w dziedziczeniu liczby opadania odgrywały role zarówno addytywne, jak i nieaddytywne formy działania genów. W tabeli 8 zamieszczono efekty ogólnej i swoistej wartości kombinacyjnej badanych obiektów. Dodatkowo, istotnie różne od zera efekty OZK wykazały linie męskosterylne: 103, 130, 332, 420, 2053, 53165 oraz restorer 5 R. Wymienione linie rodzicielskie podwyższały liczbę opadania potomstwa. Natomiast linie męskosterylne: 349, 399, 463, 2130, 2683, oraz restorer 363 R wpłynęły na obniżenie liczby opadania mieszańców (istotne, ujemne efekty OZK).

Tabela 7

Analiza wariancji zdolności kombinacyjnej liczby opadania
Analysis of variance for combining ability of falling number

Zródło zmienności Source of variance	Stopnie swobody Degrees of freedom	Sredni kwadrat Mean square
OZK linii P GCA of P lines	15	1643,67**
OZK restorerów GCA of restorers	2	4673,90**
SZK P × R SCA P × R	30	860,90**
Błąd Error	104	141,11

*, ** — Istotne odpowiednio przy P = 0,05 i P = 0,01

*, ** — Significant at P = 0,05 and P = 0,01, respectively

Tabela 8

Efekty ogólnej i specyficznej wartości kombinacyjnej dla liczby opadania
Effects of general and specific combining ability for falling number

Linie P P lines	Restorery Restorers			OZK linii P GCA of P lines
	5 R	340 R	363 R	
103	-9,83	-1,11	10,94	39,97**
130	-28,12**	19,01*	9,12	13,62**
332	22,47*	-34,47**	12,00	15,72**
343	-15,38	13,11	2,27	9,90
349	-35,00**	-16,20	51,20**	-48,41**
399	-3,31	-57,56**	60,86**	-30,24**
420	-13,74	21,67*	-7,93	17,19*
463	24,73**	-5,59	-19,14*	-20,55**
482	-0,64	14,39	-13,75	-5,67
620	-6,80	0,78	6,01	3,80
904	48,20**	-8,77	-39,40**	-9,98
2053	14,94	18,07	-33,01**	15,20*
2130	22,42*	2,85	-25,27**	-13,60*
2683	12,76	15,86	-28,62**	-16,16*
4475	-15,70	9,07	6,63	-6,16
53165	-16,97	8,88	8,09	35,39**
OZK restorerów GCA of restorers	16,07*	1,88	-17,95**	

*, ** — Istotne odpowiednio przy P = 0,05 i P = 0,01

*, ** — Significant at P = 0,05 and P = 0,01, respectively

Współczynnik odziedziczalności w szerokim sensie h^2 (s) był wysoki i wynosił $0,8366 \pm 0,2539$. Natomiast współczynnik odziedziczalności w wąskim sensie h^2 (w) wynosił $0,0034 \pm 0,0436$. Taka różnica w wielkości współczynników odziedziczalności w szerokim i wąskim sensie wskazuje na dużą rolę nieaddytywnych form działania genów w dziedziczeniu liczby opadania. Nie wykazano istotnej korelacji ani między liczbą opadania linii rodzicielskich a ich efektami ogólnej zdolności kombinacyjnej ($N = 19$), ani między L.O. rodziców a wartością tej cechy u mieszańców F_1 w obu latach badań ($N = 19$ i $N = 23$). Brak korelacji może być wynikiem zarówno małej liczebności badanych obiektów jak również warunków pogodowych w okresie przedzimoowym, które spowodowały, iż w 1999 roku przeważająca większość obiektów charakteryzowała się wysoką L.O., a w 2000 roku

większość obiektów miała niską liczbę opadania. W takiej sytuacji praca hodowcy byłaby bardzo utrudniona, gdyż należałoby oceniać liczbę opadania zarówno linii rodzicielskich, jak i mieszańców otrzymanych z ich udziałem. Pociuszający jest fakt, iż niektórzy autorzy (Wehmann i in., 1991; Presterl i in., 1996) wskazywali na wysoką efektywność selekcji opartej na liczbie opadania linii *per se* ze względu na istnienie istotnej korelacji między wartością tej cechy linii *per se* a ich zdolnością kombinacyjną oraz wysokie współczynniki odziedziczalności (0,6–0,8).

W celu wyjaśnienia tego ważnego dla hodowców problemu konieczne są dalsze badania, obejmujące większą liczbę obiektów ocenianych w różnych warunkach środowiska.

WNIOSKI

1. Istnieje możliwość ulepszenia liczby opadania u mieszańców żyta ze względu na dużą zmienność tej cechy wśród posiadanych materiałów hodowlanych, oraz wysoki współczynnik odziedziczalności h^2 (s).
2. Wstępnie wyselekcjonowane obiekty wyróżniające się wysoką liczbą opadania i zdolnością przekazywania tej cechy potomstwu mogą być wykorzystane w dalszych etapach programu hodowli do ulepszenia odporności na porastanie i wartości wypiekowej mieszańców żyta.
3. Wydaje się, iż w dziedziczeniu liczby opadania badanych obiektów odgrywały rolę zarówno addytywne jak i nieaddytywne formy działania genów ze znaczną przewagą tych ostatnich.
4. Warunki pogodowe w okresie przedzimoowym wywarły wyraźny wpływ na liczbę opadania badanych obiektów.

LITERATURA

- Cygankiewicz A. 1995. Wartość wypiekowa nowych rodów żyta. Biul. IHAR 195/196: 323 — 328.
- Geiger H. H., Morgenstern K. 1979. Stand der Hybridzüchtung bei Roggen. Getreide, Mehl und Brot 33: 225 — 231.
- Hagberg S. 1960. A rapid method for determining alpha-amylase activity. Cereal Chem. 37: 218 — 222.
- Hallauer A.R., Miranda J.B. 1995. Quantitative genetics in maize breeding. Iowa State Univ. Press, Ames.
- Kolańska I., Madej L., Cygankiewicz A. 1998 a. Zmienność liczby opadania w liniach wsobnych i mieszańcach żyta. Biul. IHAR 205/206: 51 — 58.
- Kolańska I., Osiński R., Osińska A. 1998 b. Zmienność cech związanych z wartością żywieniową w liniach wsobnych żyta. Biul. IHAR 205/206: 59 — 69.
- Kolańska I., Madej L., Cygankiewicz A. 1999. Zmienność liczby opadania w komponentach rodzicielskich mieszańców żyta. Biul. IHAR 211: 281 — 292.
- Köhler K. L., Geiger H. H., Wilde P. 1985. Analysis of inbreeding effects on falling number in diploid winter rye. Proc. Eucarpia Meeting of the Cereal Section on Rye, Part 2 Svalöv, Sweden: 525 — 536.
- Loock A., Geiger H. H., Wehmann F. 1990. Recurrent selection for falling number in rye. In: Proc. 5th Int. Symp. on Pre-Harvest Sprouting in Cereals. K. Ringlund et al. (eds.). Westview Press, Boulder, Colorado.
- Perten H. 1964. Application of the falling number method of evaluating alpha-amylase activity. Cereal Chem. 41: 127 — 128.

- Presterl T., Spanakakis F., Looock A., Rattunde F., Miedaner T., Geiger H. H. 1996. Improving falling number in rye: Genetic basis and selection strategies. *Vortr. Pflanzenzüchtg.* 35: 121 — 128.
- Rattunde H. F., Geiger H. H., Weipert D. 1994. Variation and covariation of milling-and baking-quality characteristics among winter rye single cross hybrids. *Plant Breeding* 113: 287 — 293.
- Wehmann F., Geiger H. H., Looock A. 1991. Quantitative-genetic basis of sprouting resistance in rye. *Plant Breeding* 106: 196 — 203.
- Wolski T., Pietrusiak A. 1988. Breeding of rye for high falling number. *Hod. Rośl. Aklim.* 32: 305 — 309.
- Wricke G., Weber W.E. 1986. Quantitative genetics and selection in plant breeding. Walter de Gruyter, Berlin, New York.