

PLEJOTROPOWE EFEKTY GENÓW *PPD-B1* NA PŁON I JEGO  
KOMPONENTY W LINIACH REKOMBINACYJNYCH PSZENICY  
ZWYCZAJNEJ CV. MERCIA W WARUNKACH POLSKI

Krzysztof Kowalczyk<sup>1</sup>, Danuta Miazga<sup>1</sup>, Anthony J. Worland<sup>2</sup>,  
Edyta Paczos-Grzęda<sup>1</sup>, Maria Chrzęstek<sup>1</sup>, Agnieszka Jakubczak<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Instytut Genetyki i Hodowli Roślin, Akademia Rolnicza  
ul. Akademicka 15, Lublin 20-950  
e-mail: krzysztof.kowalczyk@ar.lublin.pl

<sup>2</sup>John Innes Centre, Norwich Research Park, Colney, Norwich NR4 7UH, UK

**Streszczenie.** W pracy badano linie rekombinacyjne odmiany Mercia z genami niewrażliwości na fotoperiod (*Ppd-B1*) oraz formy kontrolne wrażliwe na długość dnia (*ppd-B1*). Doświadczenie przeprowadzono w Gospodarstwie Doświadczalnym w Czesławicach. Analizowano liczbę dni od 1 maja do pełni kłoszenia, wysokość roślin, liczbę kłosek w kłosie, liczbę ziarniaków w kłosie, masę ziarniaków z kłosa, masę 1000 ziarniaków, płodność kłoska, plon ziarna z poletka oraz oceniono porażenie przez choroby. Na podstawie przeprowadzonych badań wykazano, że geny *Ppd-B1* istotnie wpływały na przyspieszenie terminu kłoszenia roślin badanych linii. Wykazano również korzystne efekty plejotropowe genów *Ppd-B1* na plon ziarna z poletka. Wartości pozostałych analizowanych cech ilościowych w liniach z genami *Ppd-B1* i formach kontrolnych były podobne.

**Słowa kluczowe:** pszenica zwyczajna, linie rekombinacyjne, geny *Ppd-B1*, komponenty plonu

#### WSTĘP

Wrażliwość na fotoperiod odgrywa istotną rolę w rozwoju pszenicy zwyczajnej (*Triticum aestivum* L.). W warunkach tropikalnych u pszenicy jarej długość okresu wegetacyjnego wynosi około 10 tygodni, a u fotoperiodycznie wrażliwej pszenicy ozimej w chłodnym klimacie europejskim rozszerzony jest prawie do całego roku [20].

Genetyczna kontrola niewrażliwości na fotoperiod jest uwarunkowana przez wiele genów znajdujących się na różnych chromosomach. Największy wpływ na ekspresję tej cechy mają geny *Ppd-A1*, *Ppd-B1* i *Ppd-D1* zlokalizowane na chromosomach 2 grupy homeologicznej [4,6,12,14,15]. Na wartość tych cech wpły-

wają również geny zlokalizowane na innych chromosomach z pierwszej i szóstej grupy homeologicznej [5] oraz na 3D [11] i 4B [3].

Butterworth i in. [2] badali w kontrolowanych warunkach linie rekombinacyjne odmiany Mercia zawierające geny niewrażliwości na fotoperiod *Ppd-A1*, *Ppd-B1* i *Ppd-D1*. Autorzy wykazali, że spośród analizowanych form najwcześniej kłosiły się i kwitły linie zawierające geny *Ppd-D1*. Linie rekombinacyjne zawierające geny *Ppd-B1* kłosiły się i kwitły najpóźniej. Miazga i in. [7,8,9,10] stwierdzili, że w warunkach Polski geny *Ppd-D1* wpływały na przyspieszenie kłoszenia, redukowały wysokość roślin oraz niektóre elementy plonu. Na podstawie badań przeprowadzonych w Anglii [21], Jugosławi [21,22], Niemczech [1,20] i Polsce [7,8] nad serią linii rekombinacyjnych Cappelle-Desprez (Mara 2D) wynika, że plejotropowe efekty genu *Ppd-D1* na termin kłoszenia i kwitnienia oraz inne elementy plonu zależą również od warunków środowiska. Celem pracy było określenie efektów plejotropowych genów niewrażliwości na fotoperiod (*Ppd-B1*) na plon i jego komponenty w liniach rekombinacyjnych pszenicy zwyczajnej cv. Mercia w warunkach Polski.

#### MATERIAŁ I METODY

Przedmiotem pracy były linie rekombinacyjne odmiany Mercia z genami niewrażliwości na fotoperiod (*Ppd-B1*) oraz formy kontrolne wrażliwe na długość dnia (*ppd-B1*). Doświadczenie przeprowadzono w latach (2001/02, 2002/03, 2003/04) w Gospodarstwie Doświadczalnym w Czesławicach. Przedplonem była gorczyca biała. Nawożenie oraz uprawa były typowe dla pszenicy ozimej. We wrześniu każdego roku wysiewano ręcznie 250 ziarniaków na poletka pięciorzędowe o długości 1 m. Rozstawa rzędów wynosiła 20 cm. Doświadczenia zakładano w sześciu powtórzeniach. W okresie wzrostu i rozwoju roślin oceniono porażenie przez choroby oraz określono datę kłoszenia i na jej podstawie wyliczono liczbę dni, jaka upłynęła od 1 maja do pełni tej fazy. Porażenie przez rdzę brunatną oraz setoriozę liści i plew określono w dziewięciostopniowej skali COBORU. Do szczegółowej analizy zbierano po 10 roślin z każdego poletka w fazie dojrzałości pełnej. Analizowano wysokość roślin, liczbę kłosek w kłosie, liczbę ziarniaków w kłosie, masę ziarniaków z kłosa, masę 1000 ziarniaków, płodność kłosa (określono jako liczbę ziarniaków przypadających na jeden kłosek) oraz plon ziarna z poletka. Otrzymane wyniki opracowano statystycznie. Analizę wariancji przeprowadzono dla każdego roku oddzielnie wykorzystując test F-Snedecora. W celu stwierdzenia istotności różnic pomiędzy obiektami zastosowano przedziały ufności Tukey'a.

## WYNIKI I DYSKUSJA

Na podstawie przeprowadzonych badań stwierdzono, że geny *Ppd-B1* wpływały na przyspieszenie terminu kłoszenia. We wszystkich latach badań stwierdzono istotną różnicę pomiędzy liniami rekombinacyjnymi w liczbie dni od 1 maja do pełni kłoszenia (tab. 1). Linie zawierające geny *Ppd-B1* kłosiły się wcześniej od form kontrolnych od ponad 1 do 2 dni. Miazga i in. [10] analizowali linie Avalon (Mara 2D), Avalon (Ciano 2D), Brimstone (Mara 2D) i Brimstone (Ciano 2D) i wykazali, że w trzyletnich badaniach nieznacznie bardziej wpływał na przyspieszenie terminu kłoszenia gen *Ppd-D1* wprowadzony od odmiany Mara. Worland i in. [19] analizowali linie rekombinacyjne Cappelle-Desprez, do których podstawiono allele *Ppd-D1* z odmian Mara i Ciano. Autorzy wykazali, że geny *Ppd-D1* pochodzące od odmiany Ciano wpływały bardziej na przyspieszenie terminu kłoszenia niż od 'Mara', chociaż różnice były niewielkie. Wielu autorów na podstawie doświadczeń przeprowadzonych nad liniami rekombinacyjnymi, substytucyjnymi, monosomicznymi i odmianami wykazało, że formy zawierające geny niewrażliwości na fotoperiod kłoszą się wcześniej w porównaniu z formami zawierającymi allele *ppd* (wrażliwe na długość dnia) [1,13,17,18,22].

W trzyletnich badaniach wykazano, że linie rekombinacyjne cv. Mercia zawierające geny *Ppd-B1* były niższe w porównaniu z kontrolą *ppd-B1*. Jednak istotnych różnic nie stwierdzono (tab. 1). Redukcja wysokości wynosiła od 1,8 cm w 2002 roku do 2,8 cm w 2003 roku Börner i in. [1] badali w Niemczech linie Cappelle-Desprez (Mara 2D) i wykazali, że gen *Ppd-D1* również wpływał na redukcję wysokości roślin.

Analizując liczbę kłosek w kłosie nie stwierdzono istotnych różnic pomiędzy liniami rekombinacyjnymi zawierającymi geny *Ppd-B1* i ich formami kontrolnymi (tab. 2). Miazga i in. [7,8] badali linie Cappelle-Desprez zawierające geny *Ppd-D1* i wykazali, że wykształciły one istotnie mniej kłosek w kłosie niż formy kontrolne. Zróżnicowane wartości tej cechy w trzech latach badań w liniach rekombinacyjnych Cappelle-Desprez wykazali Börner i in. [1], oraz Worland i in. [19].

W trzyletnich badaniach analizowane linie rekombinacyjne z genami *Ppd-B1* nie różniły się istotnie od form kontrolnych pod względem liczby i masy ziarniaków z kłosa oraz płodności kłoska i masy 1000 ziarniaków. Pomiedzy latami badań pod względem tych cech obserwowano nieznaczne różnice (tab. 2). Worland i in. [19] badali linie Cappelle-Desprez z podstawionymi genami *Ppd-D1* z odmian Mara i Ciano w Anglii i w Niemczech. Autorzy wykazali, że linie Cappelle-Desprez (Mara 2D) w obu krajach zawiązywały więcej ziarniaków w kłosie niż formy kontrolne zawierające allele *ppd-D1*. Miazga i in. [10] wykazali, że linie rekombinacyjne Cappelle-Desprez (Mara 2D) miały zbliżoną płodność kłoska do form kontrolnych. Worland i in. [19] analizowali efekty plejotropowe genów *Ppd-D1* w liniach

**Tabela 1.** Wartości analizowanych cech ilościowych oraz porażenie przez choroby linii rekombinacyjnych pszenicy zwyczajnej z różnymi allelami *Ppd-B1* (Czesławice 2001-2004)

**Table 1.** Values of analysed quantitative traits and disease infestation in recombinant lines of common wheat with different *Ppd-B1* alleles (Czesławice 2001-2004)

Linia rekombinacyjna Recombinant line	Liczba dni od 1 maja do kłoszenia Number of days from 1st May to ear emergence			Wysokość roślin Plant height (cm)			Plon ziarna z poletka Plot yield (kg·m <sup>-2</sup> )			Rdza brunatna Leaf rust (9°)			Septorioza liści Septoria leaf spot (9°)			Septorioza plew Septoria glume blotch (9°)		
	Rok Year	2002	2003	2004	2002	2003	2004	2002	2003	2004	2002	2003	2004	2002	2003	2004	2002	2003
Mercia <i>Ppd-B1</i>	20,7*	28,3*	31,9*	85,6	87,2	87,0	0,67	0,73*	0,71*	7,4	6,7	5,9	4,3	4,8	4,4	5,2	4,7	5,6
Mercia <i>ppd-B1</i>	21,8	30,4	33,0	87,4	90,0	89,3	0,61	0,65	0,62	7,2	6,6	5,5	4,5	4,7	4,5	5,4	4,6	5,3

\* - istotne różnice pomiędzy analizowanymi liniami rekombinacyjnymi przy p = 0,05

\* - significant differences between analysed recombinant lines at p = 0.05

**Tabela 2.** Wartości średnie analizowanych cech ilościowych linii rekombinacyjnych pszenicy zwyczajnej z różnymi allelami *Ppd-B1* (Czesławice 2001-2004)

**Table 2.** Values of analysed quantitative traits in recombinant lines of common wheat with different *Ppd-B1* alleles (Czesławice 2001-2004)

Linia rekombinacyjna Recombinant line	Liczba kłosek w kłosie Number of spikelets in spike			Liczba ziarniaków w kłosie Number of kernels in spike			Masa ziarniaków z kłosa Weight of kernels in spike (g)			Płodność kłosa Spikelet fertility			Masa 1000 ziarniaków 1000 kernels weight (g)		
	Rok Year	2002	2003	2004	2002	2003	2004	2002	2003	2004	2002	2003	2004	2002	2003
Mercia <i>Ppd-B1</i>	20,5	17,9	18,1	46,3	48,8	49,6	2,11	2,37	2,45	2,25	2,71	2,74	45,5	48,7	49,5
Mercia <i>ppd-B1</i>	19,6	17,1	17,2	43,8	45,9	48,1	1,96	2,44	2,38	2,20	2,68	2,78	45,6	50,3	49,4

rekombinacyjnych Cappelle-Desprez (Mara 2D) i Cappelle-Desprez (Ciano 2D). Autorzy wykazali, że badane linie z genami *Ppd-D1* w Anglii charakteryzowały się wyższą plodnością kłosa Niemczech porównaniu Niemczech formami kontrolnymi zawierającymi allele *ppd-D1*. W Niemczech natomiast linie Cappelle-Desprez (Mara 2D) miały wyższą, a Cappelle-Desprez (Ciano 2D) nieznacznie niższą wartość tej cechy niż formy kontrolne.

Miazga i in. [10] badali linie rekombinacyjne różnych odmian pszenicy zwyczajnej, zawierające geny niewrażliwości na fotoperiod i wykazali, że masa 1000 ziarniaków zależała głównie od roku badań. Worland i in. [19] wykazali niekorzystne efekty pleiotropowe genów *Ppd-D1* pochodzących z odmian Mara i Ciano na wartość tej cechy w Anglii. Natomiast w Niemczech linie Cappelle-Desprez (Mara 2D) z genami *Ppd-D1* miały niższą, a Cappelle-Desprez (Ciano 2D) wyższą wartość tej cechy niż u form kontrolnych.

Plon ziarna z poletka był zróżnicowany w zależności od roku badań i linii. Jednak linie rekombinacyjne zawierające geny *Ppd-B1* plonowały wyżej niż formy kontrolne. Istotne różnice pod względem tej cechy pomiędzy liniami rekombinacyjnymi stwierdzono w latach 2003 i 2004 (tab. 1). Börner i in. [1] oraz Miazga i in. [7-10] analizowali linie rekombinacyjne zawierające geny niewrażliwości na fotoperiod i stwierdzili zróżnicowaną wartość tej cechy w zależności od roku badań.

W przeprowadzonych badaniach nie wykazano zróżnicowania w porażeniu roślin badanych linii przez rdzę brunatną oraz septoriozę liści i plew (tab. 1).

#### WNIOSKI

1. W analizowanych liniach rekombinacyjnych cv. Mercia geny *Ppd-B1* istotnie wpływały na przyspieszenie terminu kłoszenia.
2. Na podstawie przeprowadzonych badań wykazano korzystne efekty pleiotropowe genów *Ppd-B1* na plon ziarna z poletka. Wartości pozostałych analizowanych cech ilościowych w liniach z genami *Ppd-B1* i formach kontrolnych były podobne.

#### PIŚMIENNICTWO

1. **Börner A., Worland A. J., Plaschke J., Schumann E., Law C. N.:** Pleiotropic Effects of Genes for Reduced Height (Rht) and Day-Length Insensitivity (Ppd) on Yield and its Components for Wheat Grown in Middle Europe. *Plant Breed.*, 111, 204-216, 1993.
2. **Butterworth K., Reid A., Sayers L., Worland A.J.:** A comparison of the pleiotropic effects of photoperiod insensitive genes *Ppd-A1*, *Ppd-B1* and *Ppd-D1* in a Mercia winter wheat background. *Ann. Wheat Newsl.*, 47, 230-231, 2001.

3. **Halloran G. M., Boydell C. W.:** Wheat chromosomes with genes for photoperiodic response. *Canad. J. Genet. Cytol.*, 9, 394-398, 1967.
4. **Hanocq E., Niarquin M., Heumez E., Rousset M., Le Gouis J.:** Detection and mapping of QTL for earliness components in a bread wheat recombinant inbred lines population. *Theor. Appl. Genet.*, 110, 106-115, 2004.
5. **Law C. N.:** Genetic control of flowering in wheat – a personal view. Proc of the 10<sup>th</sup> EWAC Conference, Viterbo, Italy, EWAC Newsletter, 46-52, 1998.
6. **Law C. N., Sutka J., Worland A. J.:** A genetic study of day-length response in wheat. *Heredity*, 41, 185-191, 1978.
7. **Miazga D., Worland A. J., Kowalczyk K.:** Plejotropowe efekty genów Ppd1 i Rht8 na chromosomie 2D pszenicy zwyczajnej. *Zeszyty Problemowe AR we Wrocławiu*, 223, 223-228, 1993.
8. **Miazga D., Worland A. J., Kowalczyk K.:** Pleiotropic effects of Rht and Ppd genes on yield and its components in Poland. EWAC Newsletter. Proc. 9<sup>th</sup> EWAC Conference 1994, Gatterleben – Werningerode, 161-162, 1995.
9. **Miazga D., Worland A. J., Kowalczyk K.:** Pleiotropic effects of Ppd1 gene on yield and its components in recombinant lines of wheat in Poland. EWAC Newsletter. Proc. of the 11<sup>th</sup> EWAC Conf. Novosibirsk, Russia, 68-70, 2001.
10. **Miazga D., Worland A. J., Kowalczyk K., Chrzastek M., Paczos E.:** Plejotropowe efekty genu *Ppd1* w liniach rekombinacyjnych pszenicy zwyczajnej. *Biuletyn IHAR*, 218/219, 49-55, 2001.
11. **Miura H., Worland A. J.:** Genetic control of vernalisation and day length responses and earliness per se by the homeologous group 3 chromosomes in wheat. *Plant Breed.*, 113, 160-169, 1994.
12. **Mohler V., Lukman R., Ortiz-Islas S., William M., Worland A.J., van Beem J., Wenzel G.:** Genetic and physical mapping of photoperiod insensitive gene *Ppd-B1* in common wheat. *Euphytica*, 138, 33-40, 2004.
13. **Petrović S., Worland A. J.:** The use of reciprocal monosomic analysis to detect variation between certain chromosomes of the wheat varieties Bersée and Sava. Proc. of the 7<sup>th</sup> Int. Wheat Genet. Symp. Cambridge, England, 629-633, 1988.
14. **Scarth R., Law C. N.:** The Control of the Day-Length Response in Wheat by the Group 2 Chromosomes. *Z. Pflanzenzuchtg.*, 92, 140-150, 1984.
15. **Snape J. W., Butterworth K., Whitechurch E., Worland A. J.:** Waiting for fine times: genetics of flowering time in wheat. *Euphytica*, 119, 185-190, 2001.
16. **Welsh J. R., Keim D. L., Pirasteh B., Richarda R. D.:** Genetic control of photoperiod response in wheat. Proc. of 4<sup>th</sup> Int. Wheat Genet. Symp., Missouri, USA, 879-884, 1973.
17. **Whitechurch E.M., Slafer G.A.:** Responses to photoperiod before and after jointing in wheat substitution lines. *Euphytica*, 118, 47-51, 2001.
18. **Worland A. J., Law C. N.:** Genetic analysis of chromosome 2D of wheat. *Z. Pflanzenzuchtg.*, 96, 331-345, 1986.
19. **Worland A. J., Börner A., Korzun V., Li W. M., Petrović S., Sayers E. J.:** The influence of photoperiodic genes on the adaptability of European winter wheats. *Euphytica*, 100, 385-394, 1998.
20. **Worland A. J., Law C. N., Börner A., Petrović S.:** The utilization of photoperiodic response genes in breeding winter wheat varieties adapted to specific European ecoclimatic conditions. Proc. of the 8<sup>th</sup> Int. Wheat Genet. Symp., Beijing, China, 1055-1060, 1993.
21. **Worland A. J., Law C. N., Petrović S.:** Pleiotropic effects of the chromosome 2D genes Ppd1, Rht8 and Yr16. Proc. of the 7<sup>th</sup> Int. Wheat Genet. Symp. Cambridge, England, 669-674, 1988.
22. **Worland A. J., Law C. N., Petrović S.:** Height reducing genes and their importance to Yugoslavian winter varieties. "Savremena Poljoprivreda", Zbornik, 38, 245-257, 1990.

PLEIOTROPIC EFFECTS OF *PPD-B1* GENE ON YIELD  
AND ITS COMPONENTS IN MERCIA RECOMBINANT LINES  
OF COMMON WHEAT IN POLAND

Krzysztof Kowalczyk<sup>1</sup>, Danuta Miazga<sup>1</sup>, Anthony J. Worland<sup>2</sup>,  
Edyta Paczos-Grzęda<sup>1</sup>, Maria Chrzęstek<sup>1</sup>, Agnieszka Jakubczak<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Institute of Genetics and Plant Breeding, Agricultural University  
ul. Akademicka 15, Lublin 20-950  
e-mail: krzysztof.kowalczyk@ar.lublin.pl

<sup>2</sup>John Innes Centre, Norwich Research Park, Colney, Norwich NR4 7UH, UK

Abstract. Recombinant lines cv. Mercia with day-length insensitive genes (*Ppd-B1*) and control lines day-length sensitive (*ppd-B1*) were investigated. Experiments were conducted in Experimental Farm in Czesławice. Number of days from 1<sup>st</sup> May to full ear emergence, plant height, number of spikelets in spike, number of grains in spike, weight of grains in spike, 1000 grains weight, spikelet fertility, plot yield and disease resistant were investigated. *Ppd-B1* genes significantly influenced acceleration of ear emergence in recombinant lines. On the basis of these investigations favourable pleiotropic effects on plot yield were shown. Values of other quantitative traits in lines with *Ppd-B1* genes and their control form were similar.

Key words: common wheat, recombinant lines, *Ppd-B1* gene, yield components