

Instytut Genetyki, Hodowli i Biotechnologii Roślin, Uniwersytet Przyrodniczy w Lublinie,
ul. Akademicka 15, 20-950 Lublin,
e-mail: krzysztof.kowalczyk@up.lublin.pl

KRZYSZTOF KOWALCZYK, AGNIESZKA JAKUBCZAK,
MICHAŁ NOWAK

**Wpływ etefonu na komponenty plonu linii izogenicznych
pszenicy zwyczajnej (*Triticum aestivum* L.) cv. 'Bezostnaja'
z genami *Rht***

The influence of etephon on yield components of common wheat
(*Triticum aestivum* L.) cv. Bezostaya isogenic lines with *Rht* genes

Streszczenie. W pracy określono wpływ etefonu na komponenty plonu linii izogenicznych pszenicy zwyczajnej: 'Bezostnaja' *Rht-B1a* (wysokie – kontrola), 'Bezostnaja' *Rht-B1b*, 'Bezostnaja' *Rht-B1d* i 'Bezostnaja' *Rht-B1e*. Linie te badano w latach 2000/2001–2002/2003 w Gospodarstwie Doświadczalnym w Czesławicach. Uzyskane wyniki badań poddano analizie wariancji. Na podstawie trzyletnich badań stwierdzono, że zastosowanie etefonu powodowało redukcję wysokości roślin w badanych liniach izogenicznych. Największą redukcję wysokości roślin obserwowano w liniach 'Bezostnaja' *Rht-B1a* i 'Bezostnaja' *Rht-B1d*, co przyczyniło się istotnie do zmniejszenia wylegania w tych liniach. W krótkosłomych liniach pszenicy zastosowanie regulatorów wzrostu zawierających etefon nie wpływało niekorzystnie na liczbę ziarniaków w kłosie. Zastosowanie preparatów zawierających ten związek w liniach 'Bezostnaja' *Rht-B1b* i 'Bezostnaja' *Rht-B1d* powodowało najczęściej wzrost wartości tej cechy. Wykazano ponadto niewielki wpływ etefonu na masę 1000 ziarniaków oraz plon ziarna z poletka analizowanych linii izogenicznych.

Słowa kluczowe: pszenica zwyczajna, geny karłowatości, etefon, wyleganie, komponenty plonu

WSTĘP

Jednym z ważnych czynników ograniczających plonowanie pszenicy jest wyleganie. Najlepszym sposobem zapobiegania temu zjawisku jest uprawa odmian odpornych na wyleganie. Genetyczna kontrola wysokości roślin u zbóż jest determinowana przez kompleks wielu genów zlokalizowanych na różnych chromosomach, z których jedne powodują wzrost wysokości roślin, inne zaś przyczyniają się do jej skrócenia. Najskuteczniej-

szym sposobem wyhodowania odmian odpornych na wyleganie jest wprowadzenie genów karłowatości. Szereg genów karłowatości wykazuje niekorzystny wpływ na plon i jego komponenty, dlatego nie są wykorzystywane w hodowli pszenicy [Gale i Youssefian 1985; Worland i Law 1986; Worland i in. 1990; Börner i in. 1996; Kowalczyk i Miazga, 1996; Kowalczyk 1997; Kowalczyk i in. 1997].

W celu dokładnego określenia wpływu niektórych genów karłowatości na plon i jego komponenty, w John Innes Centre w Anglii otrzymano linie izogeniczne: 'April Bearded', 'Cappelle Desprez', 'Maris Huntsman', 'Maris Widgeon', 'Bezostnaja' i 'Mercia', które badano w ramach Europejskiego Programu Klimatycznej Adaptacyjności Genów Karłowatości u Pszenicy, w Anglii [Worland i in. 1995], Węgrzech [Kertes i in. 1991], byłej Jugosławii [Worland i in. 1990], Niemczech [Börner i in. 1993] i Polsce [Miazga i in. 1993, 1997a 1997b; Kowalczyk i in. 1997, 2003]. Celem prowadzonych badań było określenie efektów pleiotropowych wybranych alleli *Rht* na wysokość roślin oraz plon i jego komponenty, a także zbadanie klimatycznej adaptacyjności tych genów oraz możliwości ich wykorzystania w hodowli pszenicy w tych krajach. Badania przeprowadzone w Instytucie Genetyki, Hodowli i Biotechnologii Roślin wykazały, że istnieje możliwość wykorzystania genów karłowatości niewrażliwych na kwas giberelinowy w warunkach Polski. Godne polecenia do wykorzystania w programach hodowlanych pszenicy zwyczajnej są geny *Rht-B1b*, *Rht-D1b*, *Rht-B1d* i *Rht-B1e* zarówno ze względu na dobrą adaptacyjność, jak i korzystny wpływ na plon i jego komponenty. Redukcja masy 1000 ziarniaków powodowana przez te geny jest w pełni rekompensowana przez wyższą płodność kłoska, co w konsekwencji powoduje zawiązanie większej liczby ziarniaków w kłosie [Miazga i in. 1993, 1997a, 1997b; Miazga i Kowalczyk 1996; Kowalczyk i in. 1997, 2003].

Kolejnym sposobem zapobiegania wyleganiu roślin jest stosowanie regulatorów wzrostu [Olumekun 1996; Kulig i in. 2001; Rajala i Peltonen-Sainio 2001; Rajala i in. 2002; Stachecki i in. 2004]. Do ograniczania wzrostu roślin stosuje się często związki zaliczane do inhibitorów biosyntezy giberelin. Do grupy tych związków zalicza się paklobutrazol, chlorek chlormekwatu, proheksadion wapnia i trineksapak etylu [Hetherington i Jones 1990; Nakayama i in. 1990; Williams i in. 1999; Pereira-Netto i in. 2003].

Odmianą rolę od inhibitorów giberelin pełni etylen. Jest on roślinnym hormonem, który w temperaturze pokojowej występuje w postaci gazu. Gaz ten wpływa na wiele procesów wzrostu i rozwoju roślin, takich jak: zapoczątkowanie procesu kiełkowania, kwitnienia, zasychania roślin oraz dojrzewania owoców [Abeles i in. 1992; Archambault i in. 2006]. Rośliny także wytwarzają etylen w warunkach stresów abiotycznych [Taylor i Gunderson 1986; Melhorn i Wellburn 1987; O'Donnell i in. 1996]. Etefon (kwas 2-chloroetylofosfonowy), który jest składnikiem czynnym preparatów takich jak: Cerone 480 SL należy do związków uwalniających etylen. Związek ten nazywany bywa ciekłym etylenem [Archambault i in. 2006]. Etefon jest stosowany na rośliny w formie oprysku i po aplikacji dociera do apoplastu, gdzie przy pH około 5,0 ulega rozkładowi, uwalniając etylen. Uwolniony etylen inhibuje transport auksyn w tkankach źdźbła i redukuje przez to proces elongacji [Dahnous i in. 1982; Wiersma i in. 1986].

Regulatory wzrostu są szeroko stosowane w produkcji zbóż w wielu krajach świata, powodując redukcję długości źdźbła i przyczyniając się w ten sposób do podniesienia odporności na wyleganie [Bingham i McCabe 2006].

Rajala i Peltonen-Sainio [2001] badali wpływ CCC, etefonu i trineksapaku etylu na wzrost i biomasę korzeni w jarych odmianach jęczmienia, pszenicy i owsa. Autorzy wykazali, że CCC i etefon nie wpływały na biomasę korzeni. Natomiast trineksapak etylu powodował wzrost proporcji suchej masy korzeni do suchej masy pędów. Jak wykazali autorzy, wzrost tej proporcji był raczej powodowany obniżeniem masy pędów po zastosowaniu regulatora wzrostu niż zwiększeniem biomasy korzeni.

Gale i Youssefian [1983] badali wpływ chlorku chlormekwatu na plon i jego komponenty w formach półkarłowych pszenicy. Autorzy analizowali dwie serie linii izogenicznych. Linie izogeniczne 'Maris Huntsman' i 'Maris Widgeon' zawierające geny *Rht-B1b* i *Rht-D1b* po zastosowaniu CCC były niższe o 4%. Redukcja wysokości roślin w formach kontrolnych wynosiła 12%. Wpływ CCC na komponenty plonu w liniach wysokich był korzystny, natomiast w liniach izogenicznych zawierających geny *Rht* w wielu wypadkach niekorzystny i zależał w dużej mierze od terminu zastosowania regulatora wzrostu. W dostępnej literaturze niewiele jest prac dotyczących wpływu regulatorów wzrostu na komponenty plonu linii izogenicznych zawierających geny *Rht*. Dlatego celem niniejszej pracy jest określenie wpływu etefonu na komponenty plonu w liniach izogenicznych z różnymi genami z locus *Rht-B1*.

MATERIAŁ I METODY BADAŃ

Przedmiotem badań były linie izogeniczne pszenicy zwyczajnej 'Bezostnaja' *Rht-B1a* (wysokie – kontrola), 'Bezostnaja' *Rht-B1b*, 'Bezostnaja' *Rht-B1d* i 'Bezostnaja' *Rht-B1e*. Linie izogeniczne otrzymano z John Innes Centre w Norwich (Anglia). Badano je w latach 2000/2001-2002/2003 w Gospodarstwie Doświadczalnym w Czesławicach. Doświadczenia zakładano w układzie split-plot w czterech powtórzeniach. Każdego roku wysiewano po 550 kielkujących ziarniaków na poletka o powierzchni 1 m². Rozstawa rzędów wynosiła 20 cm. We wszystkich latach ziarniaki wysiewano ręcznie. Przedplony i nawożenie były typowe dla pszenicy zwyczajnej. W fazie strzelania w źdźbło stosowano oprysk preparatem Cerone 480 SL (zawierający jako substancję czynną etefon (kwas 2-chloroetylofosfonowy) w dawce 0,75 l/ha.

W kolejnych latach badań w okresie wzrostu i rozwoju roślin wykonano następujące obserwacje i pomiary: datę kłoszenia, wysokość roślin (mierzone cztery wybrane losowo rośliny z poletka). Na podstawie daty kłoszenia obliczono liczbę dni, jaka upłynęła od 1 maja do pełni tych faz. W fazie dojrzałości pełnej z każdego poletka zbierano po 10 kłosów. Analizowano następujące cechy: długość kłosa, liczbę kłosek w kłosie, liczbę ziarniaków w kłosie, masę ziarniaków z kłosa. Na podstawie uzyskanych wyników obliczono masę 1000 ziarniaków i płodność kłoska.

Uzyskane wyniki poddano analizie statystycznej oddzielnie dla każdego roku badań. Weryfikacje różnic pomiędzy średnimi dla poszczególnych odmian przeprowadzono przy zastosowaniu metod analizy wariancji z wykorzystaniem testu F-Snedecora i wielokrotnych przedziałów ufności T-Tukeya. Do obliczeń wykorzystano programy opracowane przez Ośrodek Informatyki Akademii Rolniczej (obecnie Uniwersytetu Przyrodniczego) w Lublinie.

WYNIKI I DYSKUSJA

Na podstawie przeprowadzonych badań wykazano, że w 2002 roku analizowane linie kłosiły się później niż w pierwszym i trzecim roku badań. W drugim roku badań linie 'Bezostnaja' *Rht-B1a* po zastosowaniu regulatora wzrostu istotnie opóźniły termin kłoszenia (tab. 1). Istotnie większą liczbę dni od 1 maja do pełni kłoszenia stwierdzono w linii 'Bezostnaja' *Rht-B1d* po zastosowaniu etefonu, w porównaniu do linii 'Bezostnaja' *Rht-B1d* oraz 'Bezostnaja' *Rht-B1a*, których nie traktowano retardantami. Linie 'Bezostnaja' *Rht-B1b* traktowane etefonem kłosiły się istotnie później niż linie 'Bezostnaja' *Rht-B1b*. W trzecim roku badań nie wykazano istotnych różnic w kłoszeniu w liniach 'Bezostnaja' *Rht-B1a*, 'Bezostnaja' *Rht-B1d*, 'Bezostnaja' *Rht-B1b* i 'Bezostnaja' *Rht-B1e*, zarówno traktowanych, jak i nietraktowanych regulatorami wzrostu (tab. 1). Worland i in. [1991] oraz Börner i in. [1993] analizowali w Niemczech cztery serie linii izogenicznych: 'April Bearded', 'Bersee', 'Maris Huntsman' i 'Maris Widgeon' z genami *Rht-B1b*, *Rht-D1b*, *Rht-B1b* + *Rht-D1b*, *Rht-B1c* i *Rht-D1b* + *Rht-B1c*. Cytowani autorzy wykazali, że w 1989 r. linie izogeniczne 'Maris Widgeon' oraz 'Bersee' *Rht-B1b* i 'Bersee' *Rht-D1b* kłosiły się wcześniej niż ich wysokie kontrole. W pozostałych latach badań obserwowali zróżnicowaną liczbę dni od 1 maja do kłoszenia w zależności od tła genetycznego i linii, ale generalnie formy najkrótsze były najpóźniejsze. Kowalczyk i in. [1997] podają, że linie izogeniczne zawierające geny *Rht-B1b* i *Rht-D1b* kłosiły się w terminie zbliżonym do form wysokich. Fischer i Quail [1990] stwierdzili, że linie z genami karłowatości *Rht-B1b*, *Rht-D1b* i *Rht-B1b* + *Rht-D1b* kwitły wcześniej niż genotypy *rht*.

We wszystkich latach badań zastosowanie etefonu istotnie redukowało wysokość roślin we wszystkich badanych liniach. Największą redukcję wysokości roślin po wykonaniu oprysku preparatem Cerone 480 SL obserwowano w liniach najdłuższych 'Bezostnaja' *Rht-B1a*, zaś najmniejszą w liniach najkrótszych 'Bezostnaja' *Rht-B1e* (tab. 1). Nafziger i in. [1986] badali wpływ CCC i etefonu na wysokość roślin pięciu odmian pszenicy. Autorzy wykazali większą redukcję wysokości powodowaną przez etefon. Olumekun [1996] podaje, że w odmianie Avalon, zawierającej geny *Rht-D1b* [Orford i in. 2007] CCC powodował redukcję wysokości roślin zbliżoną do obserwowanej w badaniach własnych w liniach 'Bezostnaja' *Rht-B1b*. Simmons i in. [1988] analizowali wpływ etefonu na wysokość roślin siedmiu jarych odmian pszenicy zwyczajnej, z których dwie: 'Butte' i 'Stoa' były długosłome, zaś pięć: 'Era', 'Len', 'Marshall', 'Olaf' i 'Wheaton' były krótkosłome. Autorzy obserwowali większą redukcję wysokości roślin w odmianach długosłomych. Badania przeprowadzone przez Kuliga i in. [2001] wskazują, że zastosowanie regulatorów wzrostu w odmianach długosłomych powoduje silniejszą redukcję wysokości roślin niż u odmian zawierających geny karłowatości.

Zastosowanie etefonu nie wpłynęło istotnie na długość kłosa w liniach 'Bezostnaja' *Rht-B1a*, 'Bezostnaja' *Rht-B1d*, 'Bezostnaja' *Rht-B1b* i 'Bezostnaja' *Rht-B1e*. W badaniach własnych stwierdzono jednak istotne różnice w długości kłosa pomiędzy liniami izogenicznymi a wysoką formą kontrolną (tab. 1). Borojević [1968] analizował mieszańce odmian karłowatych oraz półkarłowatych i wykazał, że długość kłosa głównego nie zależała od wysokości roślin. Miazga i in. [1993] oraz Kowalczyk i in. [1997] wykazali, że w warunkach środkowowschodniej Polski linie izogeniczne 'Maris Huntsman' z różnymi genami *Rht* miały kłosa główne zbliżone lub dłuższe niż kontrola (*rht*). Kulig i in. [2001] wykazali, że zastosowanie antywyłegacza, którego składnikiem czynnym jest CCC powodowało redukcję długości kłosa w badanych polskich odmianach pszenicy zwyczajnej z wyjątkiem cv. Roma.

Tabela 1. Wpływ etefonu na komponenty plonu linii izogenicznych 'Bezostnaja' z różnymi genami z locus *Rht-B1* (Czesławice 2001–2003)
 Table 1. The influence of etephon on yield components of isogenic lines cv. Bezostnaja with different genes in *Rht-B1* locus (Czesławice 2001–2003)

Lata Years	Linia izogeniczna Isogenic line	Regulator wzrostu Growth regulator	Liczba dnia od 1 maja do kłoszenia Number of days from 1st May to heading	Wysokość roślin Plant height (cm)	Długość kłosa Length of spike (cm)	Liczba kłosków w kłosie Number of spikelets in ear	Liczba ziarniaków w kłosie Number of kernels in ear	Masa ziarniaków z kłosa Weight of kernels in ear (g)	Plodność kłosa Fertility of spikelets	Masa 1000 ziarniaków 1000 grains weight (g)	Plon ziarna z poletka Plot yield (dag)	Wyleganie Lodging
2001	Bezostnaja <i>Rht-B1a</i>	- eteefon	26,5 26,5	110,7 96,2 ^c	8,13 8,20	17,6 17,8	40,1 39,3	2,02 1,94	2,27 2,20	50,3 49,4	0,75 0,90 ^c	6,5 9,0 ^c
	Bezostnaja <i>Rht-B1d</i>	- eteefon	26,0 ^a 25,7 ^b	104,0 ^a 86,8 ^{bc}	8,50 ^a 8,56 ^b	18,1 ^a 17,6 ^c	37,4 40,7 ^c	2,05 2,21 ^b	2,06 ^a 2,31 ^c	54,8 ^a 54,3 ^b	0,84 ^a 0,91 ^c	7,0 ^a 9,0 ^c
	Bezostnaja <i>Rht-B1b</i>	- eteefon	26,0 ^a 26,2	85,1 ^a 74,9 ^{bc}	8,34 8,40	17,9 17,2 ^{bc}	40,6 43,8 ^{bc}	2,18 2,34 ^b	2,27 2,54 ^{bc}	53,7 ^a 53,4 ^b	0,98 ^{ab} 0,91	9,0 ^a 9,0
	Bezostnaja <i>Rht-B1e</i>	- eteefon	26,0 ^a 26,2	74,4 ^a 67,3 ^{bc}	8,45 ^a 8,52 ^b	17,9 17,7	42,7 42,5 ^b	2,12 2,14 ^b	2,38 2,40 ^b	49,6 50,3	1,00 ^a 0,90	9,0 ^a 9,0
	Bezostnaja <i>Rht-B1a</i>	- eteefon	31,0 31,7 ^c	109,7 96,2 ^c	7,92 8,10	17,1 17,4	36,2 38,2	1,72 1,94 ^c	2,12 2,20	47,5 50,7 ^c	0,76 0,81	4,5 8,0 ^c
2002	Bezostnaja <i>Rht-B1d</i>	- eteefon	31,2 32,0 ^c	103,0 ^a 86,4 ^{bc}	8,16 8,22	17,3 17,4	39,6 ^a 41,2 ^b	2,08 ^a 2,24 ^b	2,29 ^a 2,37 ^b	52,5 ^a 54,4 ^{bc}	0,83 0,83	6,5 ^a 9,0 ^{bc}
	Bezostnaja <i>Rht-B1b</i>	- eteefon	31,5 31,7	86,6 ^a 75,1 ^{bc}	8,21 8,32	16,8 17,1	42,8 ^a 45,3 ^{bc}	2,15 ^a 2,30 ^b	2,54 ^a 2,64 ^b	50,2 ^a 50,6	1,12 ^a 0,97 ^{bc}	9,0 ^a 9,0 ^b
	Bezostnaja <i>Rht-B1e</i>	- eteefon	31,0 31,2	75,6 ^a 66,5 ^{bc}	8,40 ^a 8,35	17,5 ^a 17,3	43,2 ^a 43,8 ^b	2,16 ^a 2,12 ^b	2,47 ^a 2,52 ^b	50,0 ^a 48,4 ^b	1,04 ^a 0,95 ^b	9,0 ^a 9,0 ^b
	Bezostnaja <i>Rht-B1a</i>	- eteefon	22,0 21,7	114,7 97,6 ^c	8,03 8,20	17,4 17,0 ^c	34,1 36,8	1,60 1,86 ^c	1,95 2,17 ^c	46,6 50,4 ^c	0,89 0,93	2,5 7,5 ^c
	Bezostnaja <i>Rht-B1d</i>	- eteefon	22,0 21,7	107,0 ^a 88,6 ^{bc}	8,56 ^a 8,70 ^b	17,7 17,5 ^b	36,9 37,3	1,90 ^a 2,03	2,08 2,12	51,2 ^a 54,2 ^{bc}	0,90 0,85	4,7 ^a 9,0 ^{bc}
2003	Bezostnaja <i>Rht-B1b</i>	- eteefon	22,0 21,7	87,0 ^a 76,8 ^{bc}	8,45 ^a 8,57 ^b	16,9 ^a 16,7	37,8 ^a 42,8 ^{bc}	1,71 2,13 ^{bc}	2,24 ^a 2,56 ^{bc}	44,9 50,0 ^c	1,09 ^a 0,96	7,5 ^a 9,0 ^{bc}
	Bezostnaja <i>Rht-B1e</i>	- eteefon	22,0 21,7	76,2 ^a 68,8 ^{bc}	8,77 ^a 8,77 ^b	17,4 17,5 ^b	41,3 ^a 41,3 ^b	1,92 ^a 1,98	2,36 ^a 2,37 ^b	46,5 47,8 ^b	1,07 0,93	9,0 ^a 9,0 ^b

a – istotne różnice przy $p = 0,05$ pomiędzy liniami izogenicznymi i formą kontrolną Bezostnaja *Rht-B1a* bez stosowania etefonu

a – significant differences at $p = 0,05$ between isogenic lines and control form Bezostnaja *Rht-B1a* without etephon treatment

b – istotne różnice przy $p = 0,05$ pomiędzy liniami izogenicznymi i formą kontrolną Bezostnaja *Rht-B1a* po zastosowaniu etefonu

b – significant differences at $p = 0,05$ between isogenic lines and control form Bezostnaja *Rht-B1a* after etephon treatment

c – istotne różnice przy $p = 0,05$ pomiędzy roślinami tej samej linii izogenicznej traktowanej i nietraktowanej etefonem

c – significant differences at $p = 0,05$ between plants of the same isogenic line after and without etephon treatment

W badaniach własnych stwierdzono zróżnicowany wpływ etefonu na liczbę kłosek w kłosie w badanych liniach izogenicznych. Zazwyczaj zastosowanie regulatora wzrostu obniżało wartość tej cechy (tab. 1). W 2001 r. zastosowanie etefonu istotnie wpływało na obniżenie liczby kłosek w kłosie w liniach 'Bezostnaja' *Rht-B1d* i 'Bezostnaja' *Rht-B1b* (tab. 1). W trzecim roku badań istotną redukcję wartości tej cechy po zastosowaniu regulatora wzrostu stwierdzono w liniach 'Bezostnaja' *Rht-B1a* (tab. 1). Jain i in. [1973] obserwowali w doświadczeniu z czterema odmianami półkarłowymi wahania w średniej liczbie kłosek w kłosie w granicach od 18,2 u 'Moti' do 20,8 u 'Sharbati Sonora'. Miazga [1993] oraz Kowalczyk [1997] analizowali linie 'Maris Huntsman' i 'Maris Widgeon' zawierające geny *Rht-B1b* i wykazali znaczne zróżnicowanie liczby kłosek w kłosie w zależności od roku, linii i tła genetycznego.

We wszystkich latach badań zastosowanie etefonu zazwyczaj wpływało na zwiększenie liczby ziarniaków w kłosie w liniach najdłuższych (tab. 1). W pierwszym roku badań zastosowanie regulatora wzrostu istotnie podwyższyło liczbę ziarniaków w kłosie w liniach 'Bezostnaja' *Rht-B1d*. We wszystkich latach badań zastosowanie etefonu istotnie podwyższyło liczbę ziarniaków w kłosie w liniach 'Bezostnaja' *Rht-B1b*. Simmons i in. [1988] badali w kilku miejscach [Crookston, Morris, St. Paul i Waseca] w Minnesocie (USA) wpływ etefonu na liczbę ziarniaków w kłosie w pszenicach krótkosłomych 'Era', 'Len', 'Marshall', 'Olaf' i 'Wheaton'. Autorzy wykazali, że tylko w odmianie 'Era' etefon wpływał istotnie na zwiększenie wartości tej cechy. W pozostałych odmianach liczba ziarniaków w kłosie po zastosowaniu etefonu nie ulegała większym zmianom w porównaniu z odmianami nietraktowanymi etefonem.

Na podstawie przeprowadzonych badań stwierdzono zróżnicowany wpływ Cerone 480 SL na masę ziarniaków z kłosa w liniach izogenicznych. Najczęściej wzrost lub obniżenie wartości analizowanej cechy pod wpływem etefonu w badanych liniach nie było istotne. W liniach 'Bezostnaja' *Rht-B1b* w 2003 roku po zastosowaniu etefonu stwierdzono istotnie wyższą wartość analizowanej cechy w porównaniu z linią 'Bezostnaja' *Rht-B1b* nietraktowaną tym regulatorem wzrostu. Istotnie wyższą masę ziarniaków z kłosa stwierdzono również w liniach 'Bezostnaja' *Rht-B1a* po zastosowaniu etefonu w drugim i trzecim roku badań (tab. 1). Rajala i Peltonen-Sainio [2002] podają, że w warunkach Finlandii zastosowanie CCC i etefonu redukowało masę ziarniaków z kłosa w odmianach Mahti i Tjalve. Kulig i in. [2001] analizowali wpływ CCC na masę ziarniaków z kłosa czternastu polskich odmian pszenicy zwyczajnej. Autorzy wykazali zróżnicowany wpływ antywylegacza płynnego 675 SL na wartość tej cechy.

W badaniach własnych stwierdzono zróżnicowany wpływ etefonu na płodność kłoska w badanych liniach. Zazwyczaj w liniach najdłuższych stwierdzano korzystny wpływ regulatora wzrostu na wartość analizowanej cechy. Istotnie wyższą płodność kłoska po zastosowaniu etefonu stwierdzono w liniach 'Bezostnaja' *Rht-B1b* i 'Bezostnaja' *Rht-B1d* w pierwszym roku badań oraz w liniach 'Bezostnaja' *Rht-B1a* i 'Bezostnaja' *Rht-B1b* w trzecim roku badań (tab. 1). Miazga i in. [1993] oraz Kowalczyk i in. [1997] obserwowali zróżnicowaną płodność kłoska w liniach 'Maris Huntsman' i 'Maris Widgeon' z genami *Rht-B1b* w zależności od roku badań i odmiany. Natomiast Gale i Youssefian [1985] w swoich badaniach stwierdzili istotnie wyższą płodność w liniach z genami *Rht-B1b*. Worland i in. [1990] stwierdzili, że w warunkach Jugosławii gen *Rht-B1d* wpływał na wzrost płodności kłoska o ok. 9%.

W badaniach własnych stwierdzono niewielki wpływ etefonu na masę 1000 ziarniaków. W pierwszym roku badań nie stwierdzono istotnych różnic pomiędzy badanymi liniami traktowanymi i nietraktowanymi tym regulatorem wzrostu (tab. 1). W drugim i trzecim roku badań linie 'Bezostnaja' *Rht-B1a* i 'Bezostnaja' *Rht-B1d* istotnie zwiększyły masę 1000 ziarniaków po zastosowaniu etefonu. Ponadto w trzecim roku badań stwierdzono istotnie wyższą wartość tej cechy po opryskaniu roślin linii 'Bezostnaja' *Rht-B1b* preparatem Cerone 480 SL. (tab. 1). Rajala i Peltonen-Sainio [2002] w doświadczeniach przeprowadzonych w Finlandii opryskali preparatami: Cycocel (zawierający jako składnik czynny CCC) i Cerone 480 SL (zawierający jako składnik czynny etefon) dwie odmiany pszenicy zwyczajnej 'Mahti' oraz 'Tjalve' i stwierdzili redukcję masy 1000 ziarniaków w tych odmianach. Także Green i in. [1984] wykazali, że zastosowanie CCC przyczynia się do redukcji wartości tej cechy w pszenicy zwyczajnej.

We wszystkich latach badań najwyższy plon ziarna z poletka stwierdzono w liniach 'Bezostnaja' *Rht-B1b* i 'Bezostnaja' *Rht-B1e*. Zastosowanie etefonu wpływało nieznacznie na wartość tej cechy w analizowanych liniach w poszczególnych latach badań. Jednak pomiędzy badanymi liniami traktowanymi oraz nietraktowanymi etefonem nie stwierdzono istotnych różnic w plonie ziarna z poletka. Wielu autorów wykazało, że linie i odmiany zawierające geny karłowatości pochodzące od 'Norin 10' plonują lepiej niż formy wysokie [Gale i Youssefian 1985; Allan 1989; Feingold i in. 1990, Fischer i Quail 1990; Börner i in. 1993]. Rajala i Peltonen-Sainio [2002] wykazali, że w warunkach Finlandii zbyt późny oprysk regulatorami wzrostu (chlorkiem chlormekwatu lub etefonem) przyczynia się do redukcji plonu ziarna pszenicy.

We wszystkich latach badań zastosowanie etefonu w liniach najdłuższych 'Bezostnaja' *Rht-B1a* i 'Bezostnaja' *Rht-B1d* przyczyniło się istotnie do zmniejszenia wylegania. W ostatnim roku badań zastosowanie tego regulatora wzrostu istotnie przyczyniło się do zmniejszenia wylegania w liniach 'Bezostnaja' *Rht-B1b*. Nie stwierdzono wylegania w liniach 'Bezostnaja' *Rht-B1e* w czasie trzyletnich badań oraz w 2001 i 2002 r. w liniach 'Bezostnaja' *Rht-B1b* (tab. 1).

WNIOSKI

1. Zastosowanie etefonu (Cerone 480 SL) w formie oprysku powodowało redukcję wysokości roślin w liniach izogenicznych. Największą redukcję wysokości obserwowano w liniach 'Bezostnaja' *Rht-B1a* i 'Bezostnaja' *Rht-B1d*.

2. W krótkosłomych liniach pszenicy zastosowanie regulatorów wzrostu zawierających etefon nie wpływało niekorzystnie na liczbę ziarniaków w kłosie. Zastosowanie preparatów zawierających ten związek w liniach 'Bezostnaja' *Rht-B1b* i 'Bezostnaja' *Rht-B1d* powodowało najczęściej wzrost wartości tej cechy.

3. Z przeprowadzonych badań wynika, że zastosowanie preparatów zawierających etefon do ograniczania wylegania w krótkosłomych formach pszenicy może korzystnie wpływać na niektóre komponenty plonu, takie jak: liczba ziarniaków w kłosie i masa ziarniaków z kłosa.

PIŚMIENNICTWO

- Abeles F.B., Morgan P.W., Saltveit Jr., M.E., 1992. Ethylene in Plant Biology. 2nd edition, Acad. Press, Inc. New York, 1–414.
- Allan R.E., 1989. Agronomic Comparisons Between Rht₁ and Rht₂ Semidwarf Genes in Winter Wheat. *Crop Sci.* 29, 1103–1108.
- Archambault D.J., Li X., Foster K.R., Jack T.R., 2006. A screening test for the determination of ethylene sensitivity. *Environ. Monitoring and Assessment*, 115, 509–530.
- Bingham I.J., McCabe V.B., 2006. Commercially available plant growth regulators and promoters modify bulk tissue abscisic acid concentrations in spring barley, but not root growth and yield response to drought. *Ann. Appl. Biol.* 149, 291–304.
- Borojević S., 1968. Characteristics of some new dwarf and semi-dwarf wheat lines. *Euphytica Supp.*, 1, 143–151.
- Börner A., Furste A., Tapsell C.R., Schumann E., Knopf E., Worland A.J., 1995. Alternative dwarfing genes in wheat and their pleiotropic effects. *EWAC Newsletter. Proc. of the 9th EWAC Conference 1994, Gatersleben – Weringerode*, 158–161.
- Börner A., Worland A., Plaschke J., Schumann E., Law C.N., 1993. Pleiotropic effects of genes for reduced height (*Rht*) and day-length insensitivity (*Pdp*) on yield and its components for wheat grown in Middle Europe. *Plant Breed.* 111, 204–216.
- Dahnous K., Vigue G.T., Law A.G., Konzak C.F., Miller D.G., 1982. Height and yield response of selected wheat, barley and triticale cultivars to ethephon. *Agron. J.* 74, 580–582.
- Feingold S.E., Calderini D.F., Slafer G.A., Andrade F.H., 1990. Grain yield, grain nitrogen concentration and some associated physiological attributes of a semidwarf and tall Argentinian wheat cultivars. *Cereal Res. Commun.* 18(4), 291–297.
- Fischer R.A., Quail K.J., 1990. The effect of major dwarfing genes on yield potential in spring wheats. *Euphytica*, 46, 51–56.
- Gale M.D., Youssefian S., 1983. Pleiotropic effects of the Norin 10 dwarfing genes, Rht1 and Rht2, and interactions in response to chlormequat. *Proc. of 6th Int. Wheat Genet. Symp. Kyoto*, 271–277.
- Gale M.D., Youssefian S., 1985. Dwarfing genes in wheat. [in:] *Progress in plant breeding*. 1st Ed. G. E. Russell, Butterworths, London, 1–35.
- Green C.F., Dawkins T.C.K., McDonald H.G., 1984. Yield response of winter wheat and triticale to chlormequat applications in the absence of lodging. *Speculations Sci. Techn.*, 7, 67–4.
- Hetherington S., Jones K.M., 1990. Effectiveness of paclobutrazol in retarding growth of *Eucalyptus globosus* seedlings. *Can. J. For. Res.* 20, 1811–1813
- Jain H.K., Sinha S.K., Kulshrestha V.P., Mathur V.S., 1973. Breeding for yield in dwarf wheats. *Procc. 4th Internat. Wheat Genet. Symp. Missouri, Columbia*, 527–531.
- Kertesz Z., Flintham J. E., Gale M.D., 1991. Effects of Rht dwarfing genes on wheat grain yield and its components under Eastern European conditions. *Cereal Res. Commun.* 19 (3): 297–304.
- Kowalczyk K., 1997. Wpływ genów Rht1, Rht2 i Rht3 na niektóre właściwości fizjologiczne i morfologiczne pszenicy. *Wiad. Botaniczne*, 41, 27–32.
- Kowalczyk K., Miazga D., 1996. Geny karłowatości w pszenicy. *Hod. Rośl. Nasienn. Biul. Branż.* 4, 1–4.
- Kowalczyk K., Worland A.J., Miazga D., 1997. Pleiotropic effects of *Rht1*, *Rht2*, and *Rht3* genes in wheat isogenic lines Maris Huntsman and Maris Widgeon. *J. Genetic & Breeding*, 51, 129–135.

- Kowalczyk K., Worland A.J., Miazga D., 2003. Possibilities utilization of GA insensitive dwarfing genes in wheat breeding in Poland based on co-operative research with Anthony Worland. EWAC Newsletter. Proc. of the 12th EWAC Conf. Norwich, England, 113–117.
- Kulig B., Kania S., Szafranski W., Zajac T., 2001. Reakcja wybranych odmian pszenicy ozimej na intensywność uprawy. Biul. IHAR, 218/219, 117–126.
- Melhorn H., Wellburn A.R., 1987. Stress ethylene formation determines plant sensitivity to ozone. Nature, 327, 417–418.
- Miazga D., Kowalczyk K., 1996. Wpływ genów Rht1K na komponenty plonu w prawie izogenicznych liniach pszenicy Bezostaya i Mercia. Hod. Rośl. Nasienn. Biul. Branż. 4, 4–7.
- Miazga D., Worland A.J., Kowalczyk K., 1993. Plejotropowe efekty genów karłowatości Rht w liniach izogenicznych pszenicy Maris Huntsman i Maris Widgeon. Biul. IHAR. 187, 47–57.
- Miazga D., Worland A.J., Kowalczyk K., 1997a. Efekty plejotropowe genów Rht1S w prawie izogenicznych liniach pszenicy Bezostaya i Mercia. Biul. IHAR, 201, 61–65.
- Miazga D., Worland A.J., Kowalczyk K., 1997b. Pleiotropic effects of dwarfing (*Rht*) genes in near-izogenic lines of comon wheat cv. Bezostaya in Central European environment. Acta Agron. Hun. 45(4), 419–426.
- Nafziger E.D., Wax L.M., Brown C.M., 1986. Response of five winter wheat cultivars to growth regulators and increased nitrogen. Crop Sci. 26, 767–770.
- Nakayama I., Miyazawa T., Kobayashi M., Kamiya Y., Sakurai A., 1990. Effects of a new plant growth regulator prohexadione calcium (BX-112) on shoot elongation caused by exogenously applied gibberellins in rice (*Oryza sativa* L.) seedlings. Plant Cell Physiol. 31, 195–200.
- O'Donnell P.J., Calvert C., Atzorn R., Wasternack C., Leyser H.M.O. Bowles D.J., 1996. Ethylene as a signal mediating the wound response of tomato plants. Science, 274, 1914–1917.
- Olumekun V.O., 1996 An analysis of the response of winter wheat (*Triticum aestivum*) components to Cycocel (Chlormequat) application. J. Agron. Crop Sci., 176, 145–150.
- Orford S., Alibert L., Griffiths S., Snape J., 2007. The Wheat Genetic Improvement Network (WGIN) Populations at the JIC. The 14th International EWAC Workshop, 6–10 May, Istanbul, Turkey, 4.
- Pereira-Netto A.B., McCown B.H., Pharis B.P., 2003. Inhibition of growth of microcultured *Han-coria speciosa* shoots by 3β-hydroxylated gibberellins and one of their C-3 deoxy precursors. Plant Cell Rep. 21, 491–496.
- Rajala A., Peltonen-Sainio P., 2001. Grain and oil drops: Plant growth regulator effects on spring cereal root and shoot growth. Agron. J. 93, 936–943.
- Rajala A., Peltonen-Sainio P., 2002. Timing applications of growth regulators to alter spring cereal development at high latitudes. Agric. Food Sci. Finl., 11, 233–244.
- Rajala A., Peltonen-Sainio P., Onnela M., Jackson M., 2002. Effects of applying stem-shortening plant growth regulators to leaves on root elongation by seedlings of wheat, oat and barley: Mediation by ethylene. Plant Growth Regul., 38, 51–59.
- Simmons S.R., Oelke E.A., Wiersma J.V., Leuschen W.E., Warnes D.D., 1988. Spring Wheat and Barley Responses to Ethephon. Agron. J. 80, 829–834.
- Stachecki S., Praczyk T., Adamczewski K., 2004. Adjuvant effects on plant growth regulators in winter wheat. J. Plant Prot. Res., 44, 365–371.
- Taylor G.E., Gunderson C.A., 1986. The response of foliar gas exchange to exogenously applied ethylene. J. Plant Physiol. 82, 653–657.
- Wiersma D.W., Oplinger E.S., Guy S.O., 1986. Environment and cultivar effects on winter wheat response to ethephon plant growth regulator. Agron. J. 78, 761–764

- Williams D.R., Ross J.J., Reid J.B., Potts B.M., 1999. Response of *Eucalyptus nitens* seedlings to gibberellin biosynthesis inhibitors. *Plant Growth Regul.* 27, 125–129.
- Worland A.J., Law C.N. 1986. Genetic Analysis of Chromosome 2D of Wheat. I. The Location of Genes Affecting Height, Day-Length Insensitivity, Hybrid Dwarfism and Yellow-Rust Resistance. *Z. Pflanzzüchtg.* 96, 331–345.
- Worland A.J., Boerner A., Petrovic S., 1991. Co-operative on climatic adaptability of dwarfing genes. EWAC Workshop, Cordoba, Spain July 16–19, 1991, 1–5.
- Worland A.J., Law C.N., Petrović S., 1990. Height reducing genes and their importance to Yugoslavian winter wheat varieties. „Savremena Poljoprivreda”, *Zbornik*, 38 (3–4), 245–257.
- Worland A.J., Sayers E.J., Kirby J., Howie J., 1995. Progress report of wheat genetics. EWAC Newsletter. *Procc. of the 9th EWAC Conference 1994, Gatersleben–Wernigerode.* 55–57.

Summary. The aim of this study was to determine the influence of etephon on of the yield the components: number of spikelets in ear, number of kernels in ear, weight of kernels in ear, fertility of spikelets, 1000 grains weight in common wheat cv. Bezostaya isogenic lines: *Rht-B1a* (tall – control form), *Rht-B1b*, *Rht-B1d* and *Rht-B1e*. These lines were examined in the years 2000/2001–2002–2003 at the Experimental Station of Czesławice. The obtained results were subjected to the analysis of variance. On the basis of a three-year-long experiment we showed that the application of etephon caused plants height reduction in the analysed isogenic lines. The largest reduction was observed in ‘Bezostaya’ *Rht-B1a* and ‘Bezostaya’ *Rht-B1d* lines, which was the reason for a significant decrease of lodging. In short straw wheat lines, the application of growth regulators containing etephon did not influence the number of kernels in ear. Using the substances containing that compound in lines ‘Bezostaya’ *Rht-B1b* and ‘Bezostaya’ *Rht-B1d* most often increased the number of kernels per ear. Moreover, a slight influence of etephon was shown on 1000 grains weight and plot yield of examined isogenic lines.

Key words: common wheat, dwarfing genes, etephon, lodging, yield components