

KRZYSZTOF KOWALCZYK**AGNIESZKA JAKUBCZAK**

Instytut Genetyki, Hodowli i Biotechnologii Roślin, Akademia Rolnicza w Lublinie

Wpływ chlorku chlormekwatu na plon i komponenty plonu linii izogenicznych pszenicy zwyczajnej cv. Bezostnaja z genami *Rht*

The influence of chlormequat chloride on yield and yield components of common wheat cv. Bezostaya isogenic lines with *Rht* genes

W pracy określono wpływ chlorku chlormekwatu (CCC) na komponenty plonu linii izogenicznych pszenicy zwyczajnej: Bezostnaja *Rht-B1a* (rośliny 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 chlorku chlormekwatu 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. Zastosowanie CCC wpłynęło na podwyższenie płodności kłoska oraz liczby ziarniaków w kłosie w liniach o najwyższych roślinach i nie wpływało niekorzystnie na plon ziarna z poletka linii izogenicznych zawierających geny z locus *Rht-B1*.

Słowa kluczowe: CCC, geny karłowatości, komponenty plonu, plon, pszenica zwyczajna, wyleganie

The aim of this study was to determine the influence of CCC on yield components in common wheat cv. Bezostaya isogenic lines: *Rht-B1a* (tall — control form), *Rht-B1b*, *Rht-B1d* and *Rht-B1e*. The lines were examined in the years 2000/2001–2002/2003 at the Experimental Station of Czesławice. The obtained results were subjected to analysis of variance. On the basis of three-years long experiment we showed that application of CCC caused plants height reduction in analysed isogenic lines. The largest reduction was observed in the Bezostaya *Rht-B1a* and Bezostaya *Rht-B1d* lines, which contributed to significant decrease of lodging. Application of CCC caused an increase of spikelet fertility and increase of number of kernels per ear in the long straw. Application of preparations containing this compound did not influence unfavourably plot yield in the isogenic lines with various alleles of the *Rht-B1* locus.

Key words: CCC, common wheat, dwarfing genes, grain yield, lodging, yield components

WSTĘP

Jednym z ważnych czynników ograniczających plonowanie pszenicy zwyczajnej jest wyleganie. Zjawisko to powoduje utrudnienie procesów asymilacji i pogorszenie

warunków wzrostu i rozwoju. Wyleganie sprzyja rozwojowi patogenów, przyczynia się do gorszego wykształcenia ziarna, obniżenia plonu oraz utrudnienia zbioru. Wpływ wylegania na plon i jakość ziarna zależy od czasu jego wystąpienia i nasilenia. Wczesne wyleganie łanu (przed lub w czasie kwitnienia) powoduje największe straty plonu (Weibel, Pendleton 1961; Roth i in., 1984; Wiersma i in., 1986). Najlepszym sposobem zapobiegania temu zjawisku jest uprawa odmian odpornych na wyleganie, dlatego w hodowli zwraca się szczególną uwagę na selekcję form krótko- i sztywnosłomych o wysokim potencjale plonowania (Gale, Youssefian 1985; Kowalczyk 1997 a; Kowalczyk i in., 1999).

W programach hodowlanych pszenicy zwyczajnej, do skrócenia długości źdźbła najszerzej wykorzystywane są geny *RhtB1b* i *RhtD1b* pochodzące od Norin 10 oraz *Rht8* pochodzący od Akakomugi (Gale, Youssefian, 1985; Worland i in., 1990; Kowalczyk, Miazga 1996; Borojević, Borojević 2005). Rzadziej wykorzystywany jest gen *Rht-B1d* pochodzący od japońskiej odmiany Saitama 27 (Worland 1986; Worland i Petrowić 1988; Börner i in., 1995). Spośród genów karłowatości należących do locus *Rht-B1* rzadko wykorzystywany jest gen *Rht-B1e* pochodzący od Bezostnaja Dwarf Mutant (Börner i in., 1995; Worland i in., 1995).

Innym sposobem zapobiegania wyleganiu roślin jest stosowanie regulatorów wzrostu (Olumekun 1996; Kulig i in., 2001; Rajala, Peltonen-Sainio 2001; Rajala i in., 2002; Stachecki i in., 2004). Do ograniczania wzrostu roślin stosuje się często inhibitory biosyntezy giberelin. Do grupy tych związków należy chlorek chlormekwatu (chlorek 2-chloroetylo trimetyloamonowy, CCC), który jest stosowany do zabezpieczania wylegania zbóż od połowy lat 60. XX wieku (Herbert, 1982; Williams i in., 1999). Chlorek chlormekwatu przerywa szlak biosyntezy giberelin hamując reakcję cyklizacji geranylo-geranylo-dwufosforanu do kopalylodwufosforanu (Davis, Curry, 1991).

Olumekun (1996) podaje, że CCC powodował redukcję wysokości roślin odmiany Avalon, głównie poprzez skrócenie trzech pierwszych międzywęźli: skrócenie długości pierwszego międzywęźla wynosiło 43%, drugiego międzywęźla 37%, zaś trzeciego 15%. Zastosowanie chlorku chlormekwatu we wczesnych fazach wzrostu powodowało krótkotrwałą redukcję długości, powierzchni i suchej masy liści, zaś w późniejszych fazach rozwoju całkowita powierzchnia liści nie ulegała zmianom.

Gale i Youssefian (1983) badali wpływ chlorku chlormekwatu na plon i jego komponenty w formach półkarłowatych pszenicy. Autorzy analizowali dwie serie linii izogenicznych Maris Huntsman i Maris Widgeon zawierające geny *Rht-B1b* i *Rht-D1b* oraz kontrole (*rht*) charakteryzujące się wysokimi roślinami. Linie izogeniczne zawierające geny *Rht-B1b* i *Rht-D1b* po zastosowaniu CCC były niższe o 4%, natomiast *rht* o 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 w pracy określono wpływ CCC na komponenty plonu w liniach izogenicznych Bezostnaja z różnymi genami karłowatości z locus *Rht-B1*.

MATERIAŁ I METODY

Przedmiotem pracy były linie izogeniczne pszenicy zwyczajnej Bezostnaja *Rht-B1a* (rośliny wysokie — kontrola), Bezostnaja *Rht-B1b*, Bezostnaja *Rht-B1d* i Bezostnaja *Rht-B1e*. Linie izogeniczne badano w sezonach 2000/2001, 2001/2002, 2002/2003 w Gospodarstwie Doświadczalnym w Czesławicach. Doświadczenia założono w układzie split-plot w czterech powtórzeniach. Każdego roku określano zdolność kiełkowania i wysiewano po 550 kiełkujących ziarniaków na poletka o powierzchni m². Rozstawa rzędów wynosiła 20 cm. We wszystkich latach ziarniaki wysiewano ręcznie. Przedplony i nawożenie przedstawiono w tabeli 1. W fazie strzelania w źdźbło stosowano oprysk preparatem Stabilan 460 SL (zawierający jako substancję czynną chlorek chlormekwatu) w dawce 2 l/ha.

Tabela 1

Przedplony oraz nawożenie linii izogenicznych cv. Bezostnaja (Czesławice 2001–2003)
Forecrops and fertilization of isogenic lines cv. Bezostaya (Czesławice 2001–2003)

	Rok — Year		
	2000–2001	2001–2002	2002–2003
przedplon forecrop			
nawożenie fertilization	fasola szparagowa snap bean	fasola szparagowa snap bean	gorczyca biała White mustard
K ₂ O (kg/ha)	110	110	110
P ₂ O ₅ (kg/ha)	92	92	92
N– jesienią — autumn (kg/ha)	34	34	34
N– wiosną — spring (kg/ha)	70	70	70

W okresie wzrostu i rozwoju roślin notowano datę kłoszenia i określano wysokość roślin (mierzone cztery wybrane losowo rośliny z poletka). Na podstawie daty kłoszenia obliczono liczbę dni, jaka upłynęła od 1 maja do pełni tej fazy. W fazie dojrzałości pełnej z każdego poletka pobrano po 10 kłosów. Oznaczono 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 kłosa.

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

WYNIKI I DYSKUSJA

Na podstawie przeprowadzonych badań wykazano, że w 2001 roku termin kłoszenia linii Bezostnaja *Rht-B1a*, Bezostnaja *Rht-B1d*, Bezostnaja *Rht-B1b* i Bezostnaja *Rht-B1e* był zbliżony (tab. 2).

Tabela 2

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

Linia izogeniczna Isogenic line	Regulator wzrostu Growth regulator	Liczba dni od 1 maja do kłoszenia Number of days from 1 st May to heading	Wysokość roślin Plant height (cm)	Długość kłosa Length of spike (cm)	Liczba kłosek 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
Rok 2001 — Year 2001											
Bezostnaja	—	26,5	110,7	8,13	17,6	40,1	2,02	2,27	50,3	0,75	6,5
<i>Rht-B1a</i>	CCC	26,2	98,2 ^c	8,17	17,6	42,2	2,21	2,35	52,3	0,83	8,2 ^c
Bezostnaja	—	26,0 ^a	104,0 ^a	8,50 ^a	18,1 ^a	37,4	2,05	2,06 ^a	54,8 ^a	0,84	7,0 ^a
<i>Rht-B1d</i>	CCC	25,5 ^{bc}	91,4 ^{bc}	8,41	17,8	41,4 ^c	2,20	2,32 ^c	53,1	0,88	9,0 ^{bc}
Bezostnaja	—	26,0 ^a	85,1 ^a	8,34	17,9	40,6	2,18	2,27	53,7 ^a	0,98 ^a	9,0 ^a
<i>Rht-B1b</i>	CCC	26,0	79,4 ^{bc}	8,22	17,5	41,4	2,15	2,36	51,9	0,92	9,0 ^b
Bezostnaja	—	26,0 ^a	74,4 ^a	8,45 ^a	17,9	42,7	2,12	2,38	49,6	1,00 ^a	9,0 ^a
<i>Rht-B1e</i>	CCC	25,7 ^b	72,5 ^{bc}	8,30	18,1	41,9	2,06	2,31	49,2	0,89	9,0 ^b
Rok 2002 — Year 2002											
Bezostnaja	—	31,0	109,7	7,92	17,1	36,2	1,72	2,12	47,5	0,76	4,5
<i>Rht-B1a</i>	CCC	31,7 ^c	99,2 ^c	8,03	17,5 ^c	40,1 ^c	2,04 ^c	2,29	50,8 ^c	0,82	7,0 ^c
Bezostnaja	—	31,2	103,0 ^a	8,16	17,3	39,6 ^a	2,08 ^a	2,29	52,5 ^a	0,83	6,5 ^a
<i>Rht-B1d</i>	CCC	31,5	92,0 ^{bc}	8,07	17,1 ^b	40,4	2,12	2,36	52,4	0,87	8,0 ^{bc}
Bezostnaja	—	31,5	86,6 ^a	8,21	16,8	42,8 ^a	2,15 ^a	2,54 ^a	50,2 ^a	1,12 ^a	9,0 ^a
<i>Rht-B1b</i>	CCC	31,0 ^b	79,2 ^{bc}	8,15	16,6 ^b	43,2 ^b	2,28 ^b	2,60 ^b	52,8 ^{bc}	1,07 ^b	9,0 ^b
Bezostnaja	—	31,0	75,6 ^a	8,40 ^a	17,5 ^a	43,2 ^a	2,16 ^a	2,47 ^a	50,0 ^a	1,04 ^a	9,0 ^a
<i>Rht-B1e</i>	CCC	31,5	71,7 ^{bc}	8,31	17,8	42,1	2,10	2,37	49,8	0,96	9,0 ^b
Rok 2003 — Year 2003											
Bezostnaja	—	22,0	114,7	8,03	17,4	34,1	1,60	1,95	46,6	0,89	2,5
<i>Rht-B1a</i>	CCC	21,5	100,6 ^c	8,13	17,1	39,9 ^c	2,03 ^c	2,32 ^c	50,4 ^c	0,84	6,2 ^c
Bezostnaja	—	22,0	107,0 ^a	8,56 ^a	17,7	36,9	1,90 ^a	2,08	51,2 ^a	0,90	4,7 ^a
<i>Rht-B1d</i>	CCC	21,5	92,9 ^{bc}	8,13 ^c	16,8 ^c	35,3 ^b	1,77 ^b	2,09 ^b	50,0	0,89	7,5 ^{bc}
Bezostnaja	—	22,0	87,0 ^a	8,45 ^a	16,9 ^a	37,8 ^a	1,71	2,24 ^a	44,9	1,09	7,5 ^a
<i>Rht-B1b</i>	CCC	21,5	80,2 ^{bc}	8,27	16,9	38,8	1,84 ^b	2,29	47,2 ^{bc}	0,94	9,0 ^{bc}
Bezostnaja	—	22,0	76,2 ^a	8,77 ^a	17,4	41,3 ^a	1,92 ^a	2,36 ^a	46,5	1,07	9,0 ^a
<i>Rht-B1e</i>	CCC	21,7	72,8 ^{bc}	8,60 ^b	17,6 ^b	40,7	1,92	2,31	46,7 ^b	0,93	9,0 ^b

a — istotne różnice przy $p = 0,05$ pomiędzy liniami izogenicznymi i formą kontrolną Bezostnaja *Rht-B1a* bez stosowania CCC; significant differences at $p = 0,05$ between isogenic lines and control form Bezostaya *Rht-B1a* without CCC treatment

b — istotne różnice przy $p = 0,05$ pomiędzy liniami izogenicznymi i formą kontrolną Bezostnaja *Rht-B1a* po zastosowaniu CCC; significant differences at $p = 0,05$ between isogenic lines and control form Bezostaya *Rht-B1a* after CCC treatment

c — istotne różnice przy $p = 0,05$ pomiędzy roślinami tej samej linii izogenicznej traktowanej i nie traktowanej CCC; significant differences at $p = 0,05$ between plants of the same isogenic line after and without CCC treatment

Po zastosowaniu chlorku chlormekwanu najwcześniej wykłosiły się rośliny linii Bezostnaja *Rht-B1d* (liczba dni od 1 maja do pełni kłoszenia roślin tej linii wynosiła 25,5 dnia). Wartość ta (liczba dni od 1 maja do pełni kłoszenia) istotnie różniła się od wartości tej cechy dla linii Bezostnaja *Rht-B1d*, która nie była traktowana regulatorem wzrostu (26,0). W 2002 roku analizowane linie kłosiły się później niż w pierwszym i trzecim roku

badania. W tym samym roku badań linie Bezostnaja *Rht-B1b* po zastosowaniu CCC kłosiły się istotnie wcześniej. 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 nie traktowanych CCC (tab. 2). Miazga i wsp. (1993) oraz Kowalczyk i wsp. (1997) badali linie Maris Huntsman i Maris Widgeon z genami *Rht-B1b*, *Rht-D1b* i *Rht-B1c*. Autorzy stwierdzili, że linie *Rht-B1b* w warunkach wschodniej Polski miały zbliżoną liczbę dni od 1 maja do kłoszenia do form kontrolnych (*Rht-B1a*). Börner i wsp. (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*. Obserwowali zróżnicowaną liczbę dni od 1 maja do kłoszenia w zależności od tła genetycznego i linii, ale generalnie formy najkrótsze były najpóźniejsze.

We wszystkich latach badań wykazano, że zastosowanie chlorku chlormekwatu istotnie obniżało wysokość roślin linii Bezostnaja *Rht-B1a*, Bezostnaja *Rht-B1d*, Bezostnaja *Rht-B1b* i Bezostnaja *Rht-B1e*. Największą redukcję wysokości roślin po wykonaniu oprysku Stabilanem 460 SL obserwowano w liniach Bezostnaja *Rht-B1a* (rośliny najwyższe), zaś najmniejszą w liniach Bezostnaja *Rht-B1e* (rośliny najkrótsze). Analizując linię Bezostnaja *Rht-B1a* wykazano największą redukcję wysokości po zastosowaniu CCC wynoszącą 14,1 cm w 2003 roku, zaś najmniejszą w 2002 roku (10,5 cm). W liniach Bezostnaja *Rht-B1d* (tab. 1) stwierdzono podobną redukcję wysokości spowodowaną CCC jak w liniach kontrolnych Bezostnaja *Rht-B1a*. Redukcja wysokości w liniach Bezostnaja *Rht-B1b* była niższa w porównaniu z kontrolą (Bezostnaja *Rht-B1a*) i wynosiła od 7,4 cm w roku 2002 do 5,7 cm w 2001. Mniejsze obniżenie wysokości po zastosowaniu CCC stwierdzono w liniach Bezostnaja *Rht-B1e*. (tab. 2). Olumekun (1996) podaje, że u odmiany Avalon, zawierającej geny *Rht-D1b* (Orford i in., 2007) CCC powodował redukcję wysokości roślin zbliżoną do obserwowanej w liniach Bezostnaja *Rht-B1b*. Gale i Youssefian (1983) stwierdzili, że chlorek chlormekwatu zastosowany w liniach izogenicznych Maris Huntsman i Maris Widgeon zawierających geny *Rht-B1b* i *Rht-D1b* powodował obniżenie wysokości roślin o 4%, natomiast w liniach *Rht-B1a* i *Rht-D1a* o 12%. Kulig i wsp. (2001) badali czternaście polskich odmian pszenicy ozimej w dwóch technologiach uprawy: niskonakładowej oraz z wyższym poziomem nawożenia azotowego, stosowaniem antywylegacza i fungicydów. Autorzy wykazali, że w technologii niskonakładowej odmiana Elena zawierająca geny *Rht-D1b* (Kowalczyk, 1997 b) miała niższą wysokość roślin zaś odmiany nie zawierające genów karłowatości miały wyższe rośliny. Badania przeprowadzone przez Kulig i wsp. (2001) wskazują, że zastosowanie regulatorów wzrostu w odmianach długosłomych powoduje silniejszą redukcję wysokości roślin, niż u odmian zawierających geny karłowatości.

W pierwszych dwóch latach badań zastosowanie CCC nie wpłynęło istotnie na długość kłosa badanych linii. W 2003 roku stwierdzono, że linia Bezostnaja *Rht-B1d* traktowana CCC miała kłosa istotnie krótsze, w porównaniu do roślin nie traktowanych regulatorem wzrostu (tab. 2). Kulig i wsp. (2001) wykazali, że zastosowanie antywylegacza, którego składnikiem czynnym jest CCC powodowało redukcję długości kłosa u polskich odmianach pszenicy zwyczajnej: Elena, Izolda, Kaja, Kobra, Korweta, Mikula, Mobela,

Rysa, Sakwa, Symfonia, Wanda, Wilga i Zyta, zaś u odmiany Roma nie stwierdzili zmniejszenia wartości tej cechy.

Stwierdzono zróżnicowany wpływ zastosowanego regulatora wzrostu na liczbę kłosek w kłosie w badanych liniach izogenicznych (tab. 2). W 2002 roku w linii Bezostnaja *Rht-B1a* stwierdzono istotnie wyższą liczbę kłosek w kłosie w porównaniu do roślin nie traktowanych chlorkiem chlormekwatu (tab. 2). Miazga i in. (1993) oraz Kowalczyk i in. (1997) analizowali linie Maris Huntsman i Maris Widgeon zawierające geny *Rht-B1b* i wykazali znaczne zróżnicowanie liczby kłosek w kłosie w zależności od roku i linii.

W przeprowadzonych doświadczeniach zastosowanie regulatora wzrostu zazwyczaj wpływało na zwiększenie liczby ziarniaków w kłosie w liniach o najwyższych roślinach (tab. 2). Istotnie wyższą wartość analizowanej cechy po zastosowaniu CCC w porównaniu do form nie traktowanych, stwierdzono w liniach Bezostnaja *Rht-B1d* w 2001 roku oraz w Bezostnaja *Rht-B1a* w 2002 i 2003 roku. Gale i Youssefian (1983) oraz Allan (1989) podają, że najwyższą liczbą ziarniaków w kłosie charakteryzują się linie *Rht-B1b*. Börner i in. (1993) oraz Miazga i wsp. (1993) wykazali, że liczba ziarniaków w kłosie linii izogenicznych z różnymi genami *Rht* była zmienna i zależała od roku oraz odmiany, ale generalnie linie *Rht-B1b* charakteryzowały się wyższą liczbą ziarniaków w kłosie niż kontrole. Worland i Petrović (1988) wykazali, że odmiany zawierające gen *Rht-B1d* miały istotnie więcej ziarniaków w kłosach. Worland i wsp. (1995) podają, że geny *Rht-B1e* powodują wzrost liczby ziarniaków w kłosie głównym o ok. 20%.

Na podstawie przeprowadzonych badań stwierdzono zróżnicowany wpływ zastosowanego regulatora wzrostu na masę ziarniaków z kłosa w badanych liniach. W drugim i trzecim roku badań w linii Bezostnaja *Rht-B1a* stwierdzono istotnie wyższą masę ziarniaków z kłosa po zastosowaniu CCC w porównaniu do roślin nie traktowanych chlorkiem chlormekwatu. W 2003 roku po zastosowaniu CCC w porównaniu do linii Bezostnaja *Rht-B1a* istotnie niższą wartość tej cechy stwierdzono w liniach Bezostnaja *Rht-B1b* i Bezostnaja *Rht-B1d*. Rajala i Peltonen-Sainio (2002) podają, że w warunkach Finlandii zastosowanie CCC obniżało masę ziarniaków z kłosa odmian Mahti i Tjalve. Kulig i in. (2001) analizowali wpływ CCC na masę ziarniaków z kłosa czternastu polskich odmian pszenicy zwyczajnej i wykazali zróżnicowany wpływ antywylegacza płynnego 675 SL na wartość tej cechy.

W przeprowadzonych doświadczeniach stwierdzono zróżnicowany wpływ CCC na płodność kłosa badanych linii. W liniach o najwyższych roślinach stwierdzano najczęściej korzystny wpływ regulatora wzrostu na wartość analizowanej cechy (tab. 2). W 2001 roku w liniach Bezostnaja *Rht-B1d* oraz w 2003 roku w Bezostnaja *Rht-B1e* zaobserwowano istotnie wyższą płodność kłosa po zastosowaniu CCC, w porównaniu do form nie traktowanych tym regulatorem wzrostu. Miazga i wsp. (1993) oraz Kowalczyk i wsp. (1997) obserwowali zróżnicowaną płodność kłosa w liniach Maris Huntsman i Maris Widgeon z genami *Rht-B1b* w zależności od roku badań i odmiany. Natomiast Gale i Youssefian (1985) stwierdzili istotnie wyższą płodność w liniach z genami *Rht-B1b*. Worland i wsp. (1990) stwierdzili, że w warunkach Jugosławii gen *Rht-B1d* powodował wzrost płodności kłosa o ok. 9%. Również Gale i Youssefian (1985) oraz Börner i wsp.

(1993) podają, że geny karłowatości Norin 10 wpływają korzystnie na podwyższenie płodności kłoska.

W pierwszym roku badań po zastosowaniu regulatora wzrostu nie stwierdzono istotnych różnic pomiędzy liniami traktowanymi i nie traktowanymi CCC (tab. 2). W 2002 roku oraz w 2003 w liniach Bezostnaja *Rht-B1a* i Bezostnaja *Rht-B1b* opryskanych Stabilanem 460 SL stwierdzono istotnie wyższą masę 1000 ziarniaków w porównaniu do linii Bezostnaja *Rht-B1a* i Bezostnaja *Rht-B1b* nie traktowanych tym regulatorem wzrostu. Rajala i Peltonen-Sainio (2002) stwierdzili redukcję masy 1000 ziarniaków po zastosowaniu CCC do odmian pszenicy zwyczajnej Mahti i Tjalve. Także Green i wsp. (1984) wykazali, że zastosowanie CCC przyczynia się do obniżenia wartości tej cechy u pszenicy zwyczajnej.

Najwyższy plon ziarna z poletka stwierdzono w liniach Bezostnaja *Rht-B1b* i Bezostnaja *Rht-B1e*. Pomiedzy badanymi liniami traktowanymi oraz nie traktowanymi CCC nie stwierdzono istotnych różnic w plonie ziarna z poletka. Wielu autorów wykazało, że linie i odmiany zawierające geny karłowatości Norin 10 plonują wyżej niż formy wysokie (Gale, Youssefian, 1983; Allan, 1989; Börner i in., 1993). Rajala i Peltonen-Sainio (2002) wykazali, że zbyt późny oprysk chlorkiem chlormekwatu przyczynia się do obniżenia plonu ziarna pszenicy.

We wszystkich latach badań zastosowanie chlorku chlormekwatu w liniach najdłuższych Bezostnaja *Rht-B1a* i Bezostnaja *Rht-B1d* przyczyniło się istotnie do zmniejszenia wylegania. W ostatnim roku badań zastosowanie CCC istotnie przyczyniło się do zmniejszenia wylegania w liniach Bezostnaja *Rht-B1b* (tab. 2). Nie stwierdzono wylegania w liniach Bezostnaja *Rht-B1e* w okresie trzyletnich badań oraz w 2001 i 2002 roku w liniach Bezostnaja *Rht-B1b*.

WNIOSKI

1. Zastosowanie chlorku chlormekwatu w liniach izogenicznych powodowało obniżenie wysokości roślin. Największą redukcję wysokości obserwowano w liniach Bezostnaja *Rht-B1a* i Bezostnaja *Rht-B1d*.
2. Zastosowanie CCC przyczyniło się do zwiększenia płodności kłoska oraz liczby ziarniaków w kłosie w liniach Bezostnaja *Rht-B1a*, Bezostnaja *Rht-B1d* i Bezostnaja *Rht-B1b*.
3. Na podstawie przeprowadzonych badań wykazano, że dla zapobiegania wyleganiu roślin pszenicy, zawierających geny karłowatości *Rht-B1b* i *Rht-B1d* celowe jest stosowanie chlorku chlormekwatu, bez obawy redukcji plonu ziarna.

LITERATURA

- Allan R. E. 1989. Agronomic comparisons between *Rht₁* and *Rht₂* semidwarf genes in winter wheat. *Crop Sci.* 29: 1103 — 1108.
- 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 — Wernigerode: 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 intensively (*Pdp*) on yield and its components for wheat grown in Middle Europe. *Plant Breed.* 111: 204 — 216.
- Borojević K., Borojević K. 2005. The transfer and history of Reduced Height Genes (*Rht*) in wheat from Japan to Europe. *Journal of Heredity* 96: 455 — 459.
- Davis T. D., Curry E. A. 1991. Chemical regulation as aids in adapting new floricultural crops to pot culture. *Acta Hort.* 252: 77 — 85.
- 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*. 1 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 in Science and Technology* 7: 67 — 74.
- Herbert C. D. 1982. Growth regulation in cereals — chance or design? In: McLaren J.S. (ed) *Chemical manipulation of crop growth and development*. London, Butterworth Sci.: 315 — 327.
- Kowalczyk K. 1997 a. Historia i wykorzystanie w hodowli pszenicy genów karłowatości pochodzących od Norin 10. *Post. Nauk Rol.* 1: 63 — 71.
- Kowalczyk K. 1997 b. Identyfikacja genów karłowatości niewrażliwych na kwas giberelinowy u odmian Elena i Parada. *Hod. Rośl. Nasien. Biul. Branż.* 3: 1 — 3.
- Kowalczyk K., Miazga D. 1996. Geny karłowatości w pszenicy. *Hod. Rośl. Nasien. Biul. Branż.* 4: 1 — 4.
- Kowalczyk K., Miazga D., Tarkowski C. 1999. Znaczenie genów karłowatości w hodowli pszenicy i pszenżyta. *Biul. IHAR* 211: 39 — 46.
- 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. *Journal of Genetic & Breeding* 51: 129 — 135.
- Kulig B., Kania S., Szafranski W., Zajac T. 2001. Reakcja wybranych odmian pszenicy ozimej na intensywność uprawy. *Biul. IHAR* 218/219: 117 — 126.
- Miazga D., Worland A. J., Kowalczyk K. 1993. Pleiotropowe efekty genów karłowatości *Rht* w liniach izogenicznych pszenicy Maris Huntsman i Maris Widgeon. *Biul. IHAR* 187: 47 — 57.
- 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.
- 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. *Agricultural and Food Science in Finland*, 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 Regulation*, 38: 51 — 59.
- Roth G. W., Marshal H. G., Hatley O. E., Hill Jr. R. R. 1984. Effects of management practices on grain yield, test weight, and lodging of Soft Red Winter Wheat. *Agron. J.* 76: 848 — 850.
- Stachecki S., Praczyk T., Adamczewski K. 2004. Adjuvant effects on plant growth regulators in winter wheat. *J. of Plant Protection Research*, 44: 365 — 371.
- Weibel R.O., Pendleton J.W. 1961. Effect of artificial lodging on winter wheat grain yield and quality. *Agron. J.* 56: 487 — 488.
- 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 gibberellins biosynthesis inhibitors. *Plant Growth Regul.* 27: 125 — 129.
- Worland A. J. 1986. Gibberellic acid insensitive dwarfing genes in Southern European wheats. *Euphytica*, 35: 857 — 866.

- 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., Petrović S. 1988. The gibberellic acid insensitive dwarfing gene from the wheat variety Saitama 27. *Euphytica*, 38: 55 — 63.
- Worland A. J., Sayers E. J., Kirby J., Howie J. 1995. Progress report of wheat genetics. EWAC Newsletter. Proc. of the 9th EWAC Conference 1994, Gatersleben — Wernigerode: 55 — 57.