

KINGA MATYSIAK ¹
TOMASZ SEKUTOWSKI ²
SYLWIA KACZMAREK ¹

¹ Instytut Ochrony Roślin, Zakład Herbologii i Techniki Ochrony Roślin

² Instytut Uprawy Nawożenia i Gleboznawstwa

Aktywność etefonu, trineksapaku etylu i chlorku chloromekwatu w zależności od sposobu ich aplikacji w odmianach żyta ozimego

Activity of etephon, trinexapac ethyl and chlorocholine chloride depending on application method in cultivars of winter rye

Etefon, trineksapak etylu i chlorek chloromekwatu są popularnie stosowanymi retardantami wzrostu w uprawie zbóż. Obok działania retardacyjnego (hamowania wzrostu elongacyjnego pędu), a tym samym ochrony roślin przed wyleganiem, charakteryzuje je także znaczny wpływ na procesy rozwoju roślin. Celem badań była ocena wpływu trineksapaku etylu, etefonu i chlorku chloromekwatu stosowanych w mieszaninach i w zabiegach sekwencyjnych. Badania polowe prowadzono w Instytucie Ochrony Roślin, w latach 2008–2010. Do doświadczeń wybrano dwie odmiany żyta ozimego: odmianę populacyjną — Dańkowskie Diament i odmianę heterozyjną – Visello. W doświadczeniach stosowano regulatory wzrostu i rozwoju roślin: trineksapak etylu (Moddus 250 EC), chlorek chloromekwatu (Antywylegacz płynny 675 SL) i etefon (Cerone 480 SL). Retardanty stosowano w mieszaninach (zabieg w fazie BBCH 31 rośliny uprawnej) lub w zabiegach sekwencyjnych (I zabieg w fazie BBCH 31, II zabieg w fazie BBCH 37). Mieszaniny stosowano w kombinacjach: trineksapak etylu + chlorek chloromekwatu oraz trineksapak etylu + etefon. W wariacie zabiegów sekwencyjnych stosowano: trineksapak etylu (I zabieg) i chlorek chloromekwatu (II zabieg) oraz trineksapak etylu (I zabieg) i etefon (II zabieg). W doświadczeniach oceniano wysokość roślin, wyleganie, zawartość chlorofilu w liściu podflagowym, liczbę źdźbeł kłosońskich na jednostce powierzchni, masę 1000 ziaren, liczbę ziaren w kłosie, plon, gęstość ziarna w stanie zsypanym, wilgotność ziarna oraz zawartość białka i skrobi w ziarnie. Poszczególne lata badań charakteryzowały odmienne warunki pogodowe. Zaobserwowano znaczne różnice w podatności odmianowej na badane substancje oraz sposób ich aplikacji.

Słowa kluczowe: chlorofil, regulatory wzrostu, regulatory rozwoju, wyleganie, wysokość roślin, żyto heterozyjne, żyto populacyjne

Etephon, chlorocholine chloride and trinexapac-ethyl are plant growth regulators commonly used in cereals. Besides stem elongation inhibition and lodging prevention they strongly affect many processes of plant growth and development. Scientific literature confirms that they influence the photosynthesis through enhancing of chlorophyll content in plant leaves. Under favorable conditions they can enhance weight of 1000 grains, number of grain per ear and yield, even in the absence of lodging. Activity of plant growth regulators is strongly connected with weather conditions during a

vegetation season. The aim of experiments was to evaluate the influence of trinexapac-ethyl, chlorocholine chloride and etephon on diploid (traditional) and hybrid winter rye. The plant growth regulators were used in two variants: mixtures trinexapac-ethyl + chlorocholine chloride or trinexapac-ethyl + etephon. The second variant of application was trinexapac-ethyl in a growth stage BBCH 31 and chlorocholine chloride in BBCH 37 or trinexapac-ethyl in BBCH 31 and etephon in a growth stage BBCH 37. Field trials were conducted in the years 2008–2010 in Plant Protection Institute in Poland. The experimental design was a randomized complete block containing four replications. In field trial the following parameters were estimated: plant height, chlorophyll content, lodging, weight of 1000 grains, number of grains per ear, yield, grain density, starch content, protein content and grain humidity. Results show different response of two cultivars of winter rye to the applied plant growth regulators.

Key words: chlorophyll, hybrid winter rye, lodging, plant growth regulators, plant height, traditional winter rye

WSTĘP

W ostatnich latach, coraz większe znaczenie w areale uprawy zbóż mają mieszańcowe odmiany żyta, które charakteryzują się lepszym plonowaniem, w porównaniu do odmian populacyjnych, jednak w wielu przypadkach są podatniejsze na wyleganie (Dubas i Duhr, 1973; Szempliński i in., 2001). W celu ochrony zbóż przed wyleganiem od wielu lat stosuje się chlorek chloromekwatu i etefon. Kilkanaście lat temu odkryto nową substancję o działaniu retardacyjnym — trineksapak etylu. Trineksapak etylu i chlorek chloromekwatu charakteryzuje taki sam sposób działania w roślinie. Podstawowymi czynnikami od których uzależnione jest działanie regulatorów wzrostu są indywidualne właściwości gatunku i odmiany. Zróżnicowane działanie na różne gatunki, bądź odmiany zbóż, może być spowodowane niejednakową podatnością roślin na działanie danej substancji lub innym sposobem jej pobierania (Maciorowski i in., 2000; Pisulewska, 1997). Bardzo ważnym czynnikiem decydującym o intensywności działania regulatorów wzrostu i rozwoju roślin jest przebieg warunków klimatycznych podczas wegetacji roślin. Efektywność działania regulatorów może drastycznie maleć w zbyt niskich temperaturach, braku opadów i w warunkach niedoboru wody w glebie (Łęgowiak i Wysmułek, 2000). Jednak w literaturze można znaleźć także przykłady badań, w których skuteczność działania regulatorów wzrostu była modyfikowana przez warunki pogodowe w mniejszym stopniu (Maćkowiak i in., 2001).

W praktyce rolniczej upowszechniło się stosowanie regulatorów w dawkach dzielonych. Dotychczasowe badania nad działaniem retardantów, wskazują, że mogą być one stosowane przynajmniej w dwóch fazach rozwojowych rośliny, aczkolwiek wielu autorów podaje, że najlepsze efekty można otrzymać po zastosowaniu regulatora na początku fazy strzelania w źdźbło (Cox i Otis, 1989; Naylor, 1989; Foster i in., 1991; Berry i in., 2000; Peltonen-Sainio i Rajala, 2001). Pierwsza dawka, aplikowana na początku fazy strzelania w źdźbło ma na celu zapewnienie dobrego przygotowania rośliny do wytworzenia wysokiego plonu. Stosowanie drugiej dawki w fazie liścia flagowego, ma na celu skrócenie i usztywnienie międzywęźli.

Celem badań była ocena wpływu dwóch sposobów aplikacji trineksapaku etylu, chlorku chloromekwatu i etefonu na odmianę populacyjną i heterozyjną żyta ozimego.

MATERIAŁ I METODY

Badania prowadzono w latach 2008–2010, w Rolniczym Zakładzie Doświadczalnym, należącym do Instytutu Ochrony Roślin w Poznaniu. Do doświadczeń wybrano dwie odmiany żyta ozimego: odmianę populacyjną — Dańkowskie Diament i odmianę heterozyjną — Visello F₁. Odmiana Dańkowskie Diament charakteryzuje się bardzo dobrą plennością i bardzo dużą odpornością na wyleganie. Visello F₁ to odmiana żyta ozimego o około 9 cm niższa od badanej odmiany populacyjnej, jedna z najlepiej plonujących odmian heterozyjnych o dużej odporności na wyleganie.

Doświadczenia założono w 4 powtórzeniach, metodą bloków losowanych, na glebie biellicowej III a. Powierzchnia poletka wynosiła 16,5 m², a szerokość międzyrzędzi 12,5 cm. Odczyn pH gleby, w zależności od roku badawczego wynosił 5,1–5,8. W warstwie ornej gleba zawierała, w zależności od roku badawczego od 0,93 do 1,35% próchnicy. Nawozy fosforowe (50 kg P₂O₅) i potasowe (95 kg K₂O) zastosowano przed siewem żyta. Zastosowano nawożenie azotowe w wysokości 160 kg N/ha. Pierwszą dawkę nawożenia azotowego (90 kg N/ha) aplikowano tuż po ruszeniu wegetacji, natomiast druga dawkę (70 kg N/ha) zastosowano w fazie rozwojowej żyta BBCH 30-31. W roku badawczym 2008/2009 przedplon stanowiło żyto ozime, natomiast w roku 2009/2010 mieszanka zbóż: pszenica jara + jęczmień jary. Norma wysiewu żyta Visello w obu latach badań wynosiła 180 kg/ha, natomiast żyta Dańkowskie Diament — 200 kg/ha. Obiekty doświadczalne:

- badanie kontrolne,
- mieszanina trineksapaku etylu 50 g s.a.·ha⁻¹ (Moddus 250 EC) z chlorkiem chloromekwatu 1012,5 g s.a.·ha⁻¹ (Antywylegacz płynny 675 SL), aplikowana w fazie rozwojowej BBCH 31 żyta,
- trineksapak etylu 50 g s.a.·ha⁻¹ (Moddus 250 EC), aplikowany osobno w fazie rozwojowej BBCH 31 oraz chlorek chloromekwatu 1012,5 g s.a.·ha⁻¹ (Antywylegacz płynny 675 SL) aplikowany osobno w fazie rozwojowej BBCH 37,
- mieszanina trineksapaku etylu 50 g s.a.·ha⁻¹ (Moddus 250 EC) z etefonem 240 g s.a.·ha⁻¹ (Cerone 480 SL) aplikowana w fazie rozwojowej BBCH 31,
- trineksapak etylu 50 g s.a.·ha⁻¹ (Moddus 250 EC) aplikowany osobno w fazie rozwojowej BBCH 31 oraz etefon 240 g s.a.·ha⁻¹ (Cerone 480 SL; 0,5 l/ha), aplikowany osobno w fazie rozwojowej BBCH 37.

W sezonie badawczym 2008/2009 temperatura podczas zabiegu wykonanego w fazie rozwojowej żyta BBCH 31 wynosiła 15°C, natomiast podczas zabiegu w fazie BBCH 37 — 18°C, natomiast w sezonie badawczym 2009/2010 odpowiednio: 16°C i 17°C. Zabiegi wykonano opryskiwaczem poletkowym, o pojemności 4 l, przy użyciu rozpylacza XR 11003.

W czasie wegetacji oceniano wysokość roślin (25 roślin/poletko), ilość chlorofilu w liściach (30 roślin/poletko) i wyleganie. Do określenia ilości chlorofilu w roślinach wykorzystano aparat N-tester i metodę SPAD. Chlorofil mierzono na liściu podflagowym żyta 3 tygodnie po zabiegu. W czasie wegetacji roślin na każdym poletku doświadczalnym policzono liczbę źdźbeł kłosonośnych w rzędzie (3 × 1 mb.), a następnie przeliczono na

1 m². Oceny stopnia wylegania roślin dokonano przed zbiorem. Stopień pochylenia źdźbeł roślin określono za pomocą skali 9-stopniowej (1 — bardzo silne pochylenie źdźbeł, 9 — brak pochylenia źdźbła). Plon zebrano kombajnem poletkowym, a następnie określono: masę 1000 ziaren, liczbę ziaren w kłosie, gęstość ziarna w stanie zsypanym, oraz cechy jakościowe plonu: zawartość białka, zawartość skrobi i wilgotność nasion. Liczbę ziaren w kłosie obliczono na podstawie próby 25 kłosów pobranych z każdego poletka. Określenia masy 1000 ziaren oraz gęstości ziarna w stanie zsypanym dokonano na podstawie 1 kg próby z każdego poletka. Pomiaru gęstości ziarna dokonano przy użyciu gęstościomierza cylindrowego, natomiast analizę jakościową wykonano na aparacie Infratec 1241 firmy Foss. Wyniki poddano analizie wariancji na poziomie istotności $NIR\alpha = 0,05$. Do obliczeń statystycznych wykorzystano program FR-ANALWAR-4,3.

Do analizy warunków pogodowych wykorzystano współczynnik Sielianinowa, który wyznaczono dzieląc sumę opadów atmosferycznych przez sumę temperatur danego miesiąca pomniejszonych dziesięciokrotnie (tab. 1). Współczynnik Sielianinowa wskazuje na różnice pogodowe podczas wiosennej wegetacji żyta w poszczególnych latach badawczych. W obu latach badawczych podobne warunki termiczno-wilgotnościowe wystąpiły w marcu oraz lipcu. W tych miesiącach odnotowano dużą ilość opadów. Kwiecień charakteryzował się okresem suszy w 2009 roku i bardzo dobrymi warunkami wilgotnościowymi w 2010 roku. Czerwiec 2009 roku był miesiącem o dużej wilgotności, natomiast nieco mniejszy współczynnik dla tego miesiąca, wskazujący na okres względnie wilgotny uzyskano w 2010 roku.

Tabela 1

Współczynnik Sielianinowa w Polowej Stacji Doświadczalnej w Winnej Górze
Sielianionov's index at the Experimental Station in Winna Gora

Lata Years	Miesiąc — Month				
	III	IV	V	VI	VII
2009	4,2	0,1	1,7	2,2	1,7
2010	3,9	1,3	2,9	0,8	1,1

0–0,5 — Okres suszy; Drought period

0,51–1,0 — Okres półsuszy; Semi-drought period

1,01–2,0 — Okres względnie wilgotny; Relatively moist period

>2,01 — Okres bardzo wilgotny; Very moist period

WYNIKI I DYSKUSJA

W poszczególnych latach badawczych obserwowano niejednakowy wpływ badanych regulatorów wzrostu i rozwoju roślin oraz ich mieszanin na wysokość badanych odmian żyta (tab. 2 i 3). W obu latach uzyskano istotne skrócenie źdźbeł żyta odmiany Visello po zastosowaniu mieszanin trineksapaku etylu i chlorku chloromekwatu (TE + CCC) oraz trineksapaku etylu z etefonem (TE + ETE).

Tabela 2

Wpływ regulatorów wzrostu i rozwoju na wysokość roślin i wyleganie żyta ozimego odmiany Visello
Influence of plant growth regulators on plant height and lodging of winter rye var. Visello

Obiekt Treatment	Dawka na ha (g s.a·ha ⁻¹) Dose per ha (g a.i.·ha ⁻¹)	Termin zabiegu w skali BBCH Timing of application in BBCH scale	Żyto heterozyjne odmiana Visello Hybrid rye var. Visello			
			wysokość roślin (cm) plant height (cm)		wyleganie w skali 9° lodging in 9° scale*	
			2008/2009	2009/2010	2008/2009	2009/2010
Kontrola — Untreated	—	—	143	145	4	6
TE + CCC	50 + 1012,5	31	130	132	7	7
TE // CCC	50 // 1012,5	31 // 37	137	139	6	8
TE + ETE	50 + 240	31	128	126	8	7
TE // ETE	50 + 240	31 // 37	139	138	6	6
NIR _{0,05} — LSD _{0,05}			10,7	9,6	—	—

*1° — całkowite wylegnięcie roślin — total lodging of canopy, 9° — brak wylegania lack of lodging

TE — trineksapak etylu trinexapac-ethyl; CCC — chlorek chloromekwatu chlorocholine chloride; ETE — etefon etephon

Tabela 3

Wpływ regulatorów wzrostu i rozwoju na wysokość roślin i wyleganie żyta ozimego odmiany Dańkowskie Diament
Influence of plant growth regulators on plant height and lodging of winter rye var. Dańkowskie Diament

Obiekt Treatment	Dawka na ha (g s.a·ha ⁻¹) Dose per ha (g a.i.·ha ⁻¹)	Termin zabiegu w skali BBCH Timing of application in BBCH scale	Żyto populacyjne odmiana Dańkowskie Diament Traditional rye var. Dańkowskie Diament			
			wysokość roślin (cm) plant height (cm)		wyleganie w skali 9° lodging in 9° scale*	
			2008/2009	2009/2010	2008/2009	2009/2010
Kontrola — Untreated	—	—	147	149	5	6
TE + CCC	50 + 1012,5	31	131	132	7	8
TE // CCC	50 // 1012,5	31 // 37	141	146	7	8
TE + ETE	50 + 240	31	133	139	7	7
TE // ETE	50 + 240	31 // 37	142	144	7	7
NIR _{0,05} — LSD _{0,05}			9,4	8,7	—	—

*1° — całkowite wylegnięcie roślin — total lodging of canopy, 9° — brak wylegania — lack of lodging

TE — trineksapak etylu trinexapac-ethyl; CCC — chlorek chloromekwatu chlorocholine chloride; ETE — etefon etephon

W odmianie mieszańcowej, w sezonie wegetacyjnym 2008/09, w wyniku aplikacji TE + CCC otrzymano rośliny niższe od kontrolnych o 13 cm (9%) a w roku 2009/10 o 8 cm (6%), w odniesieniu do roślin kontrolnych. Zastosowanie mieszaniny TE + ETE spowodowało zmniejszenie wysokości roślin o 15 cm (11%) i 16 cm (10%), w zależności od roku badawczego. W odmianie populacyjnej Dańkowskie Diament istotny wpływ regulatorów wzrostu na wysokość roślin wystąpił również w tych kombinacjach, w których stosowano mieszaniny preparatów. W sezonie 2008/9 mieszanina TE + CCC skróciła rośliny o 16 cm (11%) a TE + ETE o 14 cm (10%). W drugim roku doświadczeń dla tych obiektów doświadczalnych uzyskano odpowiednio rośliny niższe o 17 cm (11%) i 10 cm (7%). Dla żadnej z badanych odmian nie odnotowano istotnych różnic w wysokości roślin po zastosowaniu regulatorów wzrostu i rozwoju w dwóch fazach rozwojowych żyta. Adamczewski i Banaszak (2001) porównując działanie trineksapaku etylu w odmianie populacyjnej i heterozyjnej stwierdzili, że badana substancja silniej skraca odmianę

mieszaniczą, a procent skrócenia roślin jest silnie skorelowany z terminem stosowania retardant. Z kolei słaby wpływ retardantów — chlorku chloromekwatu i etefonu na skrócenie źdźbeł uzyskał także Woźnica i in. (1992). Matysiak i in. (1993) udowodnili, że dwukrotne stosowanie retardantu na tym samym obiekcie nie wpływa istotnie na ograniczenie wysokości źdźbeł, w przeciwieństwie do aplikacji jednorazowej.

Zawartość chlorofilu istotnie zmieniła się tylko w liściach żyta populacyjnego (tab. 6 i 7). Kombinacjami, w których zanotowano istotny wzrost zawartości chlorofilu były te, w których sekwencyjnie aplikowano regulatory wzrostu i rozwoju roślin. W roku 2008/9 zastosowanie TE w fazie BBCH 31, a następnie CCC w fazie BBCH 37 (TE//CCC) zwiększało zawartość barwnika o 40%, a w kombinacji, w której zamiast CCC zastosowano ETE (TE+ETE) otrzymano wzrost barwnika na poziomie 38%. W kolejnym sezonie badawczym wzrost zawartości barwnika w tych obiektach wynosił 25–26%. Korzystny wpływ trineksapaku etylu na zawartość chlorofilu stwierdził również Kerber (1989). Z kolei Maciorowski i in. (2000) otrzymali wzrost zawartości chlorofilu w liściach żyta po zastosowaniu CCC. Wzrost zawartości barwnika chlorofilowego w liściach zbóż, wywołany działaniem trineksapaku etylu otrzymali też Grzyś i in. (2007) oraz Matysiak (2006).

Dla badanych odmian żyta nie uzyskano istotnych zmian w liczbie źdźbeł kłosośnych na jednostce powierzchni (tab. 4 i 5).

Tabela 4

Wpływ regulatorów wzrostu i rozwoju na liczbę kłosów na 1 m², plon, masę 1000 ziaren, liczbę ziaren w kłosie oraz gęstość ziarna żyta ozimego odmiany Visello
Influence of plant growth regulators on number of ears per square meter, yield, weight of 1000 seeds, number of grains per ear and grain density of winter rye var. Visello

Obiekt Treatment	Dawka na ha (g s.a·ha ⁻¹) Dose per ha (g a.i.·ha ⁻¹)	Termin zabiegu w skali BBCH Timing of application in BBCH scale	Żyto heterozyjne odmiana Visello Hybrid rye var. Visello									
			plon ziarna (t·ha ⁻¹) yield of seeds (t·ha ⁻¹)		liczba kłosów na 1 m ² number of ears per 1 m ²		masa 1000 ziaren (g) weight of 1000 seeds (g)		liczba ziaren w kłosie number of grains per ear		gestość ziarna (kg·hl ⁻¹) grain density (kg·hl ⁻¹)	
			2008/09	2009/10	2008/09	2009/10	2008/09	2009/10	2008/09	2009/10	2008/09	2009/10
			NIR _{0,05} — LSD _{0,05}		0,801	0,956	r.n	r.n	2,78	3,13	n.i	n.i
Kontrola Untreated	—	—	8,07	6,93	346	340	35,4	30,3	65,2	66,2	73	68
TE + CCC	50 + 1012,5	31	8,23	6,71	356	350	35,8	28,5	63,5	66,1	72	67
TE // CCC	50 // 1012,5	31 // 37	8,87	7,77	348	362	38,5	32,3	64,3	65,9	73	69
TE + ETE	50 + 240	31	8,20	7,13	338	351	36,7	30,2	65,4	66,5	72	73
TE // ETE	50 + 240	31 // 37	8,92	7,93	350	368	38,9	32,5	63,8	65,3	72	73

TE — trineksapak etylu trinexapac-ethyl; CCC — chlorek chloromekwatu — chlorocholine chloride; ETE — etefon — etephon

n.i — różnice nieistotne — not significant differences

W odmianie Visello odnotowano statystycznie istotny wpływ sekwencyjnego stosowania regulatorów wzrostu na masę 1000 ziaren (tab. 4). W roku badawczym 2008/2009 uzyskano około 9%, a w roku 2009/2010, 7% wzrost masy 1000 ziaren, w obiektach, w których stosowano TE w fazie BBCH 31 i CCC w fazie BBCH 37. W kolejnym roku dla

tych obiektów uzyskano wzrost masy 1000 ziaren o 7% w stosunku do obiektu kontrolnego. Adamczewski i Bubniewicz (1990), analizując działanie regulatorów wzrostu, we wszystkich badanych odmianach pszenżyta stwierdzili wyraźną tendencję do wzrostu masy 1000 ziaren pod wpływem CCC i etefonu. Podobnie Maciorowski i in. (2000) w kilku latach badawczych potwierdzili korzystne działanie etefonu na tę cechę.

Tabela 5

Wpływ regulatorów wzrostu i rozwoju na liczbę kłosów na 1 m², plon, masę 1000 ziaren i liczbę ziaren w kłosie żyta ozimego Dańkowskie Diament
Influence of plant growth regulators on number of ears per square meter, yield, weight of 1000 seeds and number of grains per ear of winter rye var. Dańkowskie Diament

Obiekt Treatment	Dawka na ha (g s.a·ha ⁻¹) Dose per ha (g a.i.·ha ⁻¹)	Termin zabiegu w skali BBCH Timing of application in BBCH scale	Żyto populacyjne odmiana Dańkowskie Diament Traditional rye var. Dańkowskie Diament									
			plon ziarna (t·ha ⁻¹) yield of seeds (t·ha ⁻¹)		liczba kłosów na 1 m ² number of ears per 1 m ²		masa 1000 ziaren (g) weight of 1000 seeds (g)		liczba ziaren w kłosie number of grains per ear		gestość ziarna (kg·hl ⁻¹) grain density (kg·hl ⁻¹)	
			2008/09	2009/10	2008/09	2009/10	2008/09	2009/10	2008/09	2009/10	2008/09	2009/10
			Kontrola Untreated	—	—	6,97	5,07	369	365	31,6	24,5	58,2
TE + CCC	50 + 1012,5	31	7,47	5,97	390	395	31,0	25,1	61,1	59,4	74	67
TE // CCC	50 // 1012,5	31 // 37	7,23	5,30	381	371	31,6	24,0	59,2	58,2	74	67
TE + ETE	50 + 240	31	7,75	5,47	389	399	31,4	22,2	63,3	60,2	75	69
TE // ETE	50 + 240	31 // 37	7,37	5,30	370	386	32,8	24,2	60,1	55,1	74	69
NIR _{0,05} — LSD _{0,05}			n.i	0,860	n.i	n.i	n.i	n.i	2,81	2,11	n.i	n.i

TE — trinexapac etylu trinexapac-ethyl; CCC — chlorek chloromekwatu chlorocholine chloride; ETE — etefon etephon
n.i — różnice nieistotne not significant differences

W odmianie populacyjnej nie odnotowano istotnych różnic w masie 1000 ziaren w poszczególnych kombinacjach doświadczalnych (tab. 5). Odmienne sytuacja wystąpiła dla liczby ziaren w kłosie. Odmiana populacyjna zareagowała zwiększeniem liczby ziaren w kłosie po zastosowaniu mieszanin preparatów TE + CCC i TE + ETE odpowiednio o 5% i 9% w roku 2008/9 oraz o 6% i 8% w roku 2009/10. Dla tej cechy nie uzyskano statystycznie istotnych różnic w odmianie mieszańcowej żyta. Pozytywny wpływ retardantu (CCC) na liczbę ziaren w kłosie opisują m.in. Dubas i Duhr (1973).

Stosowanie regulatorów wzrostu w dwóch fazach rozwojowych przyczyniło się do zwiększenia plonowania odmiany Visello (tab. 4). W obu latach badawczych właśnie w kombinacjach z sekwencyjnym stosowaniem preparatów uzyskano istotne przyrosty plonu ziarna. Podobnie Matysiak i in. (1993) uzyskali najwyższe plony ziarna po dwukrotnej aplikacji retardantów (CCC i etefon).

W pierwszym roku badań w obiekcie TE//CCC uzyskano wzrost plonu o 10%, a w obiekcie TE//ETE o 11%, natomiast w drugim roku doświadczeń rośliny z obiektów TE//CCC i TE//ETE charakteryzowały się plonem wyższym odpowiednio o 12% i 14% w odniesieniu do kontroli. W odmianie populacyjnej statystycznie istotne różnice uzyskano dla obiektów w których stosowano mieszaniny retardantów, jednak różnice te ujawniły się tylko w sezonie 2009/10 (tab. 5). Dla mieszaniny TE+CCC uzyskano wzrost plonu o 18%, a po zastosowaniu TE+ETE plon ziarna wzrósł o 8%. Nieznaczny wpływ retardanta (CCC)

na plon ziarna zaobserwowali Rozbicki i in. (1997), natomiast skuteczność działania dawek dzielonych na tę cechę potwierdzają także inni badacze m.in. Pawłowska i Dietrych-Szóstak (1994), Matysiak i in. (1993), którzy po zastosowaniu regulatorów w dawkach dzielonych uzyskali znaczne przyrosty plonów zbóż. Wzrost plonowania roślin żyta (o 8–12%) po aplikacji retardantów potwierdza także Woźnica (1988).

Dla badanych odmian żyta nie uzyskano istotnych zmian w gęstości ziarna, ale w sezonie wegetacyjnym 2009/2010 można zauważyć tendencję do zwiększania gęstości ziarna w stanie zsypanym, w kombinacjach, w których stosowano etefon. Zarówno w życie odmiany Visello, jak i Dańkowskie Diament nie otrzymano istotnego wpływu badanych substancji na wilgotność ziarna (tab. 4 i 5).

W sezonie 2008/9 zanotowano 9% wzrost zawartości białka w ziarnie żyta odmiany Visello po zastosowaniu TE w fazie rozwojowej BBCH 31, a następnie ETE w fazie BBCH 37 (tab. 6).

Tabela 6

Wpływ regulatorów wzrostu i rozwoju na zawartość chlorofilu w liściu podflagowym żyta, zawartość białka i skrobi w ziarnie oraz na wilgotność ziarna żyta ozimego odmiany Visello
Influence of plant growth regulators on plant height and chlorophyll content in under-flag leaf of winter rye, protein and starch content in grains and grain humidity of winter rye var. Visello

Obiekt Treatment	Dawka na ha (g s.a·ha ⁻¹) Dose per ha (g a.i.·ha ⁻¹)	Termin zabiegu w skali BBCH Timing of application in BBCH scale	Żyto heterozyjne odmiana Visello Hybrid rye var. Visello							
			zawartość chlorofilu (spad) chlorophyll content (spad)		zawartość białka (%) protein content (%)		zawartość skrobi (%) starch content (%)		wilgotność ziarna (%) grain humidity (%)	
			2008/09	2009/10	2008/09	2009/10	2008/09	2009/10	2008/09	2009/10
Kontrola Untreated	—	—	684	647	9,3	9,2	63	64	11,9	12,9
TE + CCC	50 + 1012,5	31	673	641	9,7	10,4	65	64	11,7	13,3
TE // CCC	50 // 1012,5	31 // 37	656	649	9,8	9,6	64	64	12,0	13,0
TE + ETE	50 + 240	31	661	669	9,8	9,7	63	66	11,8	13,5
TE // ETE	50 + 240	31 // 37	618	650	10,1	9,6	64	64	11,8	13,6
NIR _{0,05} — LSD _{0,05}			n.i	n.i	0,734	0,739	n.i	n.i	n.i	n.i

TE — trinexapak etylu trinexapac-ethyl; CCC — chlorek chloromekwatu chlorocholine chloride; ETE — etefon etephon
n.i — różnice nieistotne not significant differences

W roku 2009/2010 —13% przyrostem zawartości białka charakteryzowało się również ziarno żyta heterozyjnego, pochodzące z obiektu w którym stosowano mieszaninę TE+CCC. Nie uzyskano istotnych różnic w zawartości białka pomiędzy poszczególnymi obiektami w życie odmiany Dańkowskie Diament (tab. 7). Wzrost zawartości białka po zastosowaniu retardantów potwierdzają badania Pawłowskiej i Dietrych-Szóstak (1994). Odmienne wyniki uzyskali Romek i Dzienia (1992), którzy zanotowali obniżenie zawartości białka w ziarnie pod wpływem mieszaniny retardantów.

W żadnym roku badawczym, ani w żadnej z badanych odmian nie ujawnił się wpływ regulatorów wzrostu i rozwoju roślin na zawartość skrobi w ziarnie żyta (tab. 6 i 7).

Tabela 7

Wpływ regulatorów wzrostu i rozwoju na zawartość chlorofilu w liściu podflagowym żyta, zawartość białka i skrobi w ziarnie oraz na wilgotność ziarna żyta ozimego Dańkowskie Diament
Influence of plant growth regulators on plant height and chlorophyll content in under-flag leaf of winter rye, protein and starch content in grains and grain humidity winter rye var. Dańkowskie Diament

Obiekt Treatment	Dawka na ha (g s.a·ha ⁻¹) Dose per ha (g a.i.·ha ⁻¹)	Termin zabiegu w skali BBCH Timing of application in BBCH scale	Żyto populacyjne odmiana Dańkowskie Diament Traditional rye var. Dańkowskie Diament							
			zawartość chlorofilu (spad) chlorophyll content (spad)		zawartość białka (%) protein content (%)		zawartość skrobi (%) starch content (%)		wilgotność ziarna (%) grain humidity (%)	
			2008/09	2009/10	2008/09	2009/10	2008/09	2009/10	2008/09	2009/10
Kontrola Untreated	—	—	486	534	10,3	10,1	64	65	12,0	13,6
TE + CCC	50 + 1012,5	31	553	553	10,2	10,0	63	66	12,0	13,5
TE // CCC	50 // 1012,5	31 // 37	681	670	9,9	10,6	64	65	11,8	13,5
TE + ETE	50 + 240	31	550	676	10,0	9,9	64	66	11,9	13,5
TE // ETE	50 + 240	31 // 37	669	676	10,1	10,3	64	66	12,0	13,6
NIR _{0,05} — LSD _{0,05}			122,1	115,2	n.i	n.i	n.i	n.i	n.i	n.i

TE — trineksapak etylu trinexapac-ethyl; CCC — chlorek chloromekwatu chlorocholine chloride; ETE — etefon etephon
n.i — różnice nieistotne not significant differences

Badane substancje wyraźnie zmniejszały wyleganie żyta, które pojawiło się w późnym okresie wegetacji roślin (tab. 2 i 3). W odmianie populacyjnej, w pierwszym roku badań (2008/2009) na wszystkich obiektach doświadczalnych zanotowano zmniejszenie pochyleń się roślin o 2°, natomiast w roku 2009/2010 o 2° w kombinacjach z CCC i o 1°, w kombinacjach z etefonem. W badaniach Woźnicy (1988) obiekty, w których stosowano etefon ograniczały późne wyleganie żyta populacyjnego o 2,5–2,8°. Natomiast w odmianie mieszańcowej, w sezonie 2008/2009 stosowanie badanych substancji w mieszaninach bardziej chroniło rośliny żyta przed wyleganiem (o 3–4°), w porównaniu do aplikacji sekwencyjnej (2°). W sezonie 2009/2010 najlepsze działanie na tę cechę uzyskano na obiekcie TE//CCC. W tym przypadku preparaty zmniejszyły wyleganie roślin o 2°. Woźnica i in. (1992) wskazują na wyższą skuteczność jednorazowego stosowania retardantów (CCC i etefonu) w przeciwdziałaniu wyleganiu roślin, w porównaniu do dwukrotnej ich aplikacji na tym samym obiekcie. W doświadczeniach własnych nie zaobserwowano zależności pomiędzy wysokością roślin a ich wyleganiem. Brak korelacji pomiędzy wysokością roślin żyta a wyleganiem uzyskali również Maciorowski i in. (2000).

WNIOSKI

1. Największe skrócenie roślin żyta populacyjnego i heterozyjnego otrzymano po zastosowaniu mieszanin retardantów: trineksapaku etylu z chlorkiem chloromekwatu oraz trineksapaku etylu z etefonem (BBCH 31).
2. Najwyższe plonowanie żyta heterozyjnego otrzymano w kombinacji, w której stosowano trineksapak etylu w fazie BBCH 31 + chlorek chloromekwatu w fazie BBCH 37 oraz trineksapak etylu w fazie BBCH 31 + etefon w fazie BBCH 37.

3. W odmianie heterozyjnej Visello uzyskano wzrost masy 1000 ziaren po zastosowaniu regulatorów w dwóch fazach rozwojowych. Regulatory wzrostu i rozwoju roślin nie miały wpływu na tę cechę w odmianie populacyjnej.
4. Tylko w odmianie populacyjnej uzyskano wzrost liczby ziaren w kłosie. Liczba ziaren w kłosie zwiększyła się w wyniku aplikacji mieszanin preparatów.
5. Regulatory wzrostu i rozwoju roślin ograniczały wyleganie zarówno odmiany populacyjnej, jak i mieszańcowej żyta ozimego.

LITERATURA

- Adamczewski K., Banaszak Z. 2001. Moddus 250 EC — nowy retardant do żyta ozimego. Pam. Puł. 128: 7 — 15.
- Adamczewski K., Bubniewicz P. 1990. Ocena działania regulatorów wzrostu w odmianach triticales. Mat. XXX Sesji Nauk. Inst. Ochr. Rośl. — Postery: 209 — 212.
- Berry P. M., Griffin J. M., Sylvester-Bradley R. E., Scott R. K., Spink J. H., Baker C. J., Clare R. W. 2000. Controlling plant form through husbandry to minimise lodging in wheat. Field Crops Research 67: 59 — 81.
- Cox W. J., Otis D. J. 1989. Growth and yield of winter wheat as influenced by chlormequat chloride and ethephon. Agr. J. 81: 264 — 270.
- Dubas A., Duhr E. 1973. Stosowanie chlorku chlorocholiny (CCC) w uprawie żyta ozimego przy wzrastających dawkach nawozów azotowych. Roczn. Nauk Roln. Seria A, 99 (2): 7 — 18.
- Foster K. R., Reid D. M., Taylor J. S. 1991. Tillering and yield responses to ethephon in three barley cultivars. Crop Sci. 31: 130 — 134.
- Kerber E., Leypoldt G., Seiler A. 1989. CGA 163'935, a new plant growth regulator for small grain cereals, rape and turf. BCPC Conf. Weeds: 83 — 88.
- Łęgowiak Z., Wysmulek A. 2000. Stosowanie regulatorów wzrostu w zbożach. Progr. Plant Protec./Post. Ochr. Rośl. 40 (2): 932 — 934.
- Maciorowski R., Stankowski S., Piech M. 2000. Reakcja odmian żyta mieszańcowego i populacyjnego na nawożenie azotem i regulator wzrostu. Cz. I. Plon ziarna, komponenty plonu i wybrane cechy fizjologiczne. Biul. IHAR 215: 109 — 120.
- Maćkowiak W., Budzianowski G., Mazurkiewicz L., Paizert K., Woś H. 2001. Wpływ wzrastających dawek i różnych sposobów stosowania regulatorów wzrostu na plonowanie pszenżyta ozimego. Biul. IHAR 220: 99 — 108.
- Matysiak R., Woźnica Z., Pudełko J., Skrzypczak G. 1993. Reakcja pszenżyta jarego na retardanty wzrostu stosowane techniką dzieloną. Prace Komisji Nauk Rolniczych i Komisji Nauk Leśnych AR w Poznaniu LXXV: 21 — 26.
- Matysiak K. 2006. Influence of trinexapac-ethyl on growth and development of winter wheat. Journal of Plant Protection Research vol. 46 (2): 133 — 144.
- Naylor, R. E. L. 1989. Effects of plant growth regulator chlormequat on plant form and yield of triticales. Annals of Applied Biology 114: 533 — 544.
- Pawłowska J., Dietrych-Szóstak D. 1994. Efekt zastosowania regulatorów wzrostu w pszenżycie jarym. Mat. Sesji Inst. Ochr. Rośl. 34 (2): 102 — 105.
- Pisulewska E. 1997. Wpływ Bercemy CCC na plonowanie oraz długość źdźbła i międzywęźli pszenżyta jarego i ozimego oraz żyta i pszenicy jarej uprawianych współzrędnie z wyką. Zesz. Nauk. Akad. Roln. Szczecin, Rolnictwo 65 (2): 317 — 323.
- Romek B., Dzieńka S. 1992. Wpływ retardantów na plon i jakość plonów pszenżyta ozimego. Mat. XXXII Sesji Nauk. Inst. Ochr. Roślin (2): 140 — 144.
- Rozbicki J., Kozdój J., Mądry W. 1997 b. Rozwój kłosa pędu głównego oraz udział kłosów z pędów głównych i bocznych w plonie ziarna pszenżyta ozimego (*X Tritico-secale* Wittmack) na tle wybranych czynników agrotechnicznych III. Retardant wzrostu. Biul. IHAR 203: 97 — 103.

- Szempliński W., Szulc J., Budzyński W. 2001. Reakcja żyta na czynniki agrotechniczne. Mat. Konf. Uprawa i wykorzystanie żyta w Polsce. Pam. Puł. 128: 25 — 37.
- Woźnica Z. 1988. Wpływ Flordimexu TH na wyleganie i plony żyta przy zróżnicowanych dawkach azotu i gęstościach siewu. Roczn. Nauk Roln. Seria A, 107 (3): 39 — 51.
- Woźnica Z., Pudełko J., Skrzypczak G., Bailey B. 1992. Wpływ retardantów wzrostu na pszenżyto ozime (*Triticale* Muntzing). Roczn. AR Poznań CCXXXV: 129 — 137.