

PORÓWNANIE SPOSOBÓW STOSOWANIA REGULATORÓW WZROSTU I ROZWOJU W ŻYCIU OZIMYM

KINGA MATYSIAK¹, WITOLD SKRZYPCZAK², SYLWIA KACZMAREK¹

¹*Institut Ochrony Roślin-Państwowy Instytut Badawczy w Poznaniu*

²*Katedra Agronomii, Uniwersytet Przyrodniczy w Poznaniu*

ior.poznan.kinga@gmail.com

Synopsis. Badania prowadzono, w latach 2008–2010 w Instytucie Ochrony Roślin-Państwowym Instytucie Badawczym w Poznaniu. Doświadczenia polowe założono w odmianie populacyjnej żyta ozimego Dańkowskie Diament i odmianie heterozyznej – Visello F₁ w 4 powtórzeniach, metodą bloków losowanych. Celem badań była ocena wpływu regulatorów wzrostu i rozwoju roślin na rośliny żyta ozimego, w zależności od terminu oraz fazy rozwojowej rośliny uprawnej w momencie zabiegu. W doświadczeniach badano trineksapak etylu chlorek chloromekwatu i etefon aplikowane oddzielnie bądź w mieszaninach w zabiegach pojedynczych lub sekwencyjnych. Zabiegi wykonano w dwóch fazach rozwojowych rośliny uprawnej: w fazie pierwszego kolanka BBCH 31 i w fazie pojawiania się liścia flagowego BBCH 37. W czasie wegetacji oceniano wysokość roślin, zawartość chlorofilu w liściu podflagowym i wyleganie. Po zbiorze określono plon oraz jego cechy ilościowe i jakościowe. Lata badawcze różniły się warunkami pogodowymi towarzyszącymi wegetacji roślin, co miało znaczny wpływ na działanie regulatorów wzrostu i rozwoju roślin. W pierwszym roku badań (2009), w miesiącu aplikacji regulatorów wzrostu i rozwoju roślin (kwiecień) wystąpiła susza. Największe skrócenie źdźbeł w obu odmianach żyta wystąpiło po aplikacji mieszaniny trineksapaku etylu z chlorkiem chloromekwatu w fazie pierwszego kolanka, a następnie etefonu w fazie pojawiania się liścia flagowego. Największy wzrost zawartości chlorofilu w liściach żyta uzyskano w kombinacjach, w których stosowano etefon oddzielnie lub w mieszaninie. Obie odmiany żyta po aplikacji regulatorów wzrostu i rozwoju reagowały wzrostem plonowania. Regulatory wzrostu i rozwoju roślin nie miały wpływu na gęstość ziarna w stanie zsypanym oraz zawartość białka i skrobi w ziarnie.

Słowa kluczowe – *key words*: regulatory wzrostu i rozwoju – *plant growth regulators*, zawartość chlorofilu – *chlorophyll content*, wyleganie – *lodging*, wysokość roślin – *plant height*, plon – *yield*, żyto populacyjne – *population rye*, żyto heterozyzjne – *hybrid rye*

WSTĘP

W większości krajów europejskich żyto ozime utraciło swoją pozycję lidera wśród zbóż już w ubiegłym wieku. Pomimo tego, że gatunek ten posiada status zboża mało wymagającego pod względem glebowym i klimatycznym, to areal jego uprawy drastycznie spada. Do krajów, które w dalszym ciągu charakteryzuje stosunkowo duży udział żyta w strukturze zasiewów należą Polska i Niemcy. W obu tych krajach powstają nowoczesne technologie mające na celu intensyfikację produkcji tego zboża [Petr 2005]. Częścią tych technologii jest postęp biologiczny, mierzony głównie wysokością plonu nowych kreacji hodowlanych. Wysokie i stabilne plony gwarantują obecnie przede wszystkim odmiany mieszańcowe (heterozyzjne). Pierwsze odmiany heterozyzjne żyta wyhodowano i zarejestrowano w Niemczech w 1989 r., a obecnie uprawianych jest tam kilkanaście odmian mieszańcowych. W polskim Rejestrze znajduje się 13 odmian mieszańcowych żyta i tylko 3 z nich to odmiany polskie [Święciecki i in. 2011]. Odmiany heterozyzjne żyta charakteryzują się lepszym plonowaniem od odmian populacyjnych, jednak są zdecydowanie bardziej po-

datne na wyleganie, stąd niezmiernie ważnym elementem w produkcji żyta pozostaje stosowanie antywylegaczy [Szempliński i in. 2001]. Rynek produktów, których zadaniem jest zapobieganie wyleganiu zbóż opiera się na 5 substancjach aktywnych. Należą do nich chlorek chloromekwatu, chlorek mepikwatu, etefon, trineksapak etylu i proheksadion wapnia. Ich główną rolą jest skrócenie i usztywnienie źdźbeł, ale w świetle dzisiejszych badań wiadomo już, że substancje te pełnią funkcję regulatorów wzrostu i rozwoju w znacznym stopniu pozwalają na pełniejsze wykorzystanie potencjału plonotwórczego również w przypadku braku wylegania roślin. Redukcja długości źdźbła w wyniku stosowania retardantów jest ściśle związana z redukcją syntezy giberelin – działają tak trineksapak etylu, chlorek chloromekwatu, chlorek mepikwatu, proheksadion wapnia lub ze wzrostem syntezy etylenu – etefon. W czasie stosowania regulatorów wzrostu i rozwoju na rośliny następuje zmiana proporcji w koncentracji endogennych fitohormonów, interakcji pomiędzy nimi oraz zmiany we wrażliwości rośliny na ich działanie [Trewavas 1987]. Istnieje również hipoteza, iż regulatory wzrostu i rozwoju roślin indukując inhibicję wzrostu dostarczają nadmiar powstałych asymilatów do innych części rośliny, gdzie są one wykorzystywane np. w procesie nawlewania ziarna. [Höfner i Kühn 1982]. Ostatnie badania dowodzą, iż regulatory wzrostu i rozwoju roślin, popularnie stosowane jako antywylegacze mogą spełniać kluczową rolę w ochronie roślin uprawnych przed działaniem stresu abiotycznego [Xu i Huang 2012].

Celem badań była ocena wpływu trineksapaku etylu, chlorku chloromekwatu i etefonu, stosowanych oddzielnie lub w mieszaninach, w różnych fazach rozwojowych na rośliny żyta populacyjnego i heterozyjnego. Badania nie obejmowały porównania wrażliwości odmian na badane regulatory wzrostu i rozwoju roślin. W badaniach przyjęto hipotezę badawczą, iż działanie regulatorów wzrostu i rozwoju roślin jest uzależnione od sposobu ich stosowania.

MATERIAŁ I METODY

Badania prowadzono, w latach 2009–2010 w Polowej Stacji Doświadczalnej w Winnej Górze (52°12' N; 17°27' E). Dwa, oddzielne doświadczenia polowe założono w dwóch odmianach żyta ozimego, populacyjnej Dańkowskie Diament i heterozyjnej – Visello F1. Jednoczynnikowe doświadczenia założono w 4 powtórzeniach, metodą bloków losowanych, w układzie zależnym, na glebie bielcowej 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. Warstwa orna gleby zawierała od 0,93 do 1,35% próchnicy. Przedplonem było żyto ozime w 2009 roku i mieszanka pszenicy jarej z jęczmieniem jarym w roku 2010. Na całym doświadczeniu zastosowano nawożenia azotem w wysokości 160 kg N·ha⁻¹ w dwóch dawkach: 90 kg N·ha⁻¹ po ruszeniu wegetacji i 70 kg N·ha⁻¹ w fazie rozwojowej rośliny uprawnej BBCH 30–31. Żyto Visello wysiano w ilości 180 kg·ha⁻¹, a Dańkowskie Diament w ilości 200 kg·ha⁻¹.

Doświadczenie tworzyły następujące obiekty doświadczalne:

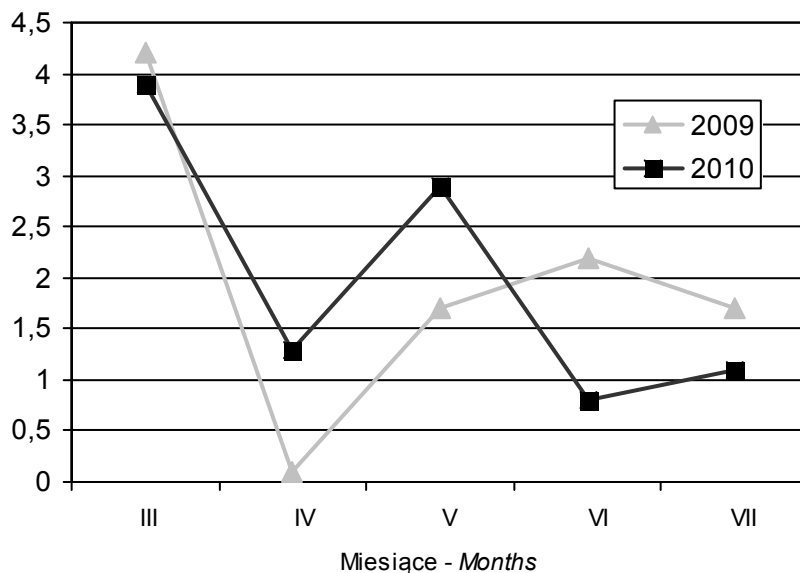
1. Kontrola – bez regulatora wzrostu i rozwoju.
2. TE – trineksapak etylu 75 g·ha⁻¹ (Moddus 250 EC), aplikowany jednorazowo w fazie rozwojowej BBCH 31.
3. TE – trineksapak etylu 37,5 g·ha⁻¹ (Moddus 250 EC), aplikowany w dwóch fazach rozwojowych BBCH 31 i BBCH 37.
4. Mieszanina TE – trineksapaku etylu 37,5 g·ha⁻¹ (Moddus 250 EC) z CCC – chlorkiem chloromekwatu 675 g·ha⁻¹ (Antywylegacz płynny 675 SL), aplikowana w dwóch fazach rozwojowych żyta BBCH 31 i BBCH 37.
5. Mieszanina TE – trineksapaku etylu 37,5 g·ha⁻¹ (Moddus 250 EC) z CCC – chlorkiem chloromekwatu 675 g·ha⁻¹ (Antywylegacz płynny 675 SL), aplikowana w fazie rozwojowej żyta BBCH 31 i ETE – etefon 240 g·ha⁻¹ (Cerone 480 EC) aplikowany w fazie BBCH 37.

6. Mieszanina TE – trineksapaku etylu $37,5 \text{ g}\cdot\text{ha}^{-1}$ (Moddus 250 EC) z CCC – chlorkiem chloromekwatu $1012,5 \text{ g}\cdot\text{ha}^{-1}$ (Antywylegacz płynny 675 SL) i ETE – etefonem $240 \text{ g}\cdot\text{ha}^{-1}$ (Cecrone 480 EC) aplikowana w fazie rozwojowej żyta BBCH 31.

Zabiegi wykonano opryskiwaczem poletkowym, o wydatku 200 litrów wody na ha, przy ciśnieniu 3 bary. Temperatura w czasie zabiegu wykonanego w fazie rozwojowej żyta BBCH 31 wynosiła 15°C , natomiast podczas zabiegu w fazie BBCH 37 – 18°C , w 2009 i odpowiednio 16 i 17°C , w 2010 roku.

W czasie wegetacji oceniano wysokość roślin, na podstawie 25 roślin z poletka, zawartość chlorofilu w liściach (30 roślin/poletko) i wyleganie. Chlorofil oznaczano metodą SPAD, z zastosowaniem aparatu N-tester. Chlorofil mierzono na liściu podflagowym żyta 3 tygodnie po zabiegu. W czasie wegetacji roślin na każdym poletku doświadczalnym policzono liczbę źdźbeł kłosonośnych w rzędzie ($3 \times 1 \text{ mb}$), a następnie przeliczono na 1 m^2 . 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 źdźbeł). Liczbę ziaren w kłosie obliczono na podstawie próby 25 kłosów pobranych z każdego poletka. Ziarno żyta zebrano kombajnem poletkowym, a następnie określono: plon ziarna przy 14% wilgotności, masę 1000 ziaren, gęstość ziarna w stanie zsypanym oraz cechy jakościowe plonu: zawartość białka i skrobi. 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 zastosowano program FR-ANALWAR-4,3. 9.

Do analizy warunków pogodowych wykorzystano współczynnik Sielianinowa, który wyznaczono dzieląc sumę opadów atmosferycznych przez sumę temperatur danego miesiąca pomniejszonych dziesięciokrotnie (rys. 1). Współczynnik Sielianinowa wskazuje na różnice pogodowe



0–0,5 – okres suszy – *drought period*; 0,5–1,0 – okres półsuszy – *semi-drought period*; 1,0–2,0 – okres względnie wilgotny – *relatively moist period*; >2,0 – okres bardzo wilgotny – *high-moist period*

Rys 1. Współczynnik Sielianinowa w Polowej Stacji Doświadczalnej w Winnej Górze
Fig. 1. Sielianin's coefficient at the Experimental Station in Winna Góra

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 był miesiącem o dużej wilgotności w 2009 roku i okresem względnie wilgotnym w roku 2010.

WYNIKI BADAŃ

Wyniki badań wskazują, iż ostateczna wysokość roślin żyta ozimego była cechą ściśle uzależnioną od zastosowanych regulatorów wzrostu i rozwoju roślin, a wszystkie obiekty, na których aplikowano badane preparaty charakteryzowały się znacznym ograniczeniem wylegania roślin (tab. 1)

W pierwszym roku badań (2009) w obu badanych odmianach żyta największe skrócenie roślin (o 11–13%) uzyskano na obiektach, gdzie stosowano mieszaninę TE + CCC (trineksapak etylu + chlorek chloromekwatu w fazie pierwszego kolanka oraz dodatkowo ETE (etefon) w początkowej fazie liścia flagowego. Nieco mniejsze skrócenie źdźbeł (o 8–9%), w obu odmianach odnotowano po dwukrotnej aplikacji mieszaniny TE + CCC (BBCH 31 i BBCH 37) oraz w wyniku stosowania mieszaniny trójskładnikowej TE + CCC + ETE.

W drugim roku badań (2010), w odmianie heterozyznej istotny wpływ na redukcję wysokości roślin (o 12–13%) uzyskano tylko w obiektach, na których stosowano etefon (w mieszaninie lub oddzielnie). Natomiast w odmianie populacyjnej istotnych zmian w wysokości roślin nie odnotowano tylko w kombinacji doświadczalnej, gdzie stosowano TE pojedynczo i tylko w jednym terminie. Pozostałe obiekty doświadczalne charakteryzowały się roślinami średnio o 10–13% niższymi w porównaniu z kontrolą. Wraz ze redukcją wysokości roślin u obu badanych odmian wystąpiło znaczne zmniejszenie wylegania (tab. 1).

W przeprowadzonych doświadczeniach badane preparaty zarówno w odmianie populacyjnej, jak i heterozyznej nie miały istotnego wpływu na liczbę kłosów na jednostce powierzchni (tab. 2). Natomiast niektóre obiekty doświadczalne charakteryzowały się większą liczbą ziaren w kłosie (tab. 3). W roku 2009 w odmianie heterozyznej żyta, o 5–7% więcej ziaren w kłosie otrzymano po dwukrotnej aplikacji mieszaniny TE + CCC (trineksapak etylu + chlorek chloromekwatu) w dwóch fazach rozwojowych (BBCH 31 i BBCH 37), na obiekcie, gdzie stosowano mieszaninę TE + CCC w fazie BBCH 31 i dodatkowo ETE (etefon) w fazie BBCH 37 oraz w wyniku aplikacji mieszaniny składającej się z trzech substancji TE + CCC + ETE w fazie BBCH 31.

W odmianie populacyjnej wzrost liczby ziaren w kłosie o 6–7% uzyskano w wyniku dwukrotnego stosowania TE (BBCH 31 i BBCH 37) oraz po zastosowaniu trójskładnikowej mieszaniny TE + CCC + ETE. Uzyskany wzrost liczby ziaren nie został potwierdzony w kolejnym roku badań (2010), który charakteryzował się znacznie gorszymi warunkami pogodowymi (susza i półsusza) w okresie tworzenia się ziarna.

W odmianie heterozyznej żyta, w obu latach badań i we wszystkich kombinacjach doświadczalnych za wyjątkiem obiektu na którym stosowano jednorazowo TE udowodniono wzrost zawartości chlorofilu w liściach podflagowych (tab. 2). Wzrost zawartości barwnika, w zależności od roku doświadczalnego wynosił 21–22% po dwukrotnej aplikacji TE, 25–27% po dwukrotnej aplikacji mieszaniny TE + CCC, 28–29% po zastosowaniu TE + CCC w fazie BBCH 31 i etefonu w fazie 37 oraz 27–30% w wyniku jedнокrotnego stosowania mieszaniny TE + CCC + ETE. W odmianie populacyjnej wpływ regulatorów wzrostu i rozwoju roślin na zmiany w zawartości chlorofilu uzyskano tylko w 2010 roku. Wzrost barwnika wystąpił po jednokrotnej aplikacji TE

Tabela 1. Wpływ regulatorów wzrostu i rozwoju na wysokość i wyleganie żyta ozimego odmiany Visello i Dańkowskie Diament
 Table 1. Influence of plant growth regulators on height and lodging of winter rye cv. Visello and Dańkowskie Diament

Objekt Treatment	Dawka – Dose (g·ha ⁻¹)	Termin zabiegu Application time BBCH	Wysokość roślin (cm) Height of plants (cm)			Wyleganie skala 1–9 Lodging 1–9 scale		
			2009	2010	średnia–mean	2009	2010	średnia–mean
Żyto heterozyjne odmiana Visello – Hybrid rye cv. Visello								
Kontrola – Control	–	–	143	145	144	4	6	5
TE	75	31	140	141	141	6	5	6
TE // TE	37,5 // 37,5	31 // 37	134	138	136	8	8	8
TE + CCC // TE + CCC	37,5 + 675 // 37,5+675	31 // 37	130	133	132	8	8	8
TE + CCC // ETE	50 + 675 // 240	31 // 37	127	128	128	9	9	9
TE + CCC + ETE	37,5 + 675 + 240	31	131	126	129	8	8	8
		NIR _{0,05} – LSD _{0,05}	10	12	15	3	2	3
Żyto populacyjne odmiana Dańkowskie Diament – Traditional rye cv. Dańkowskie Diament								
Kontrola – Control	–	–	147	149	148	5	6	6
TE	75	31	141	143	142	8	8	8
TE // TE	37,5 // 37,5	31 // 37	137	134	136	9	9	9
TE + CCC // TE + CCC	37,5 + 675 // 37,5+675	31 // 37	135	130	133	9	9	9
TE + CCC // ETE	50 + 675 // 240	31 // 37	128	129	129	9	9	9
TE + CCC + ETE	37,5 + 675 + 240	31	134	134	134	9	9	9
		NIR _{0,05} – LSD _{0,05}	13	13	13	3	r.n.	r.n.

Skala – scale – 1–9; 1° – całkowite wyleganie roślin – total lodging of canopy, 9° – brak wylegania – lack of lodging
 TE – trineksapak etylu – trinexapac-ethyl; CCC – chlorek chloromekwatu – chlorocholine chloride; ETE – etefon – ethephon
 r.n. – różnice nieistotne – not significance differences

Tabela 2. Wpływ regulatorów wzrostu i rozwoju na zawartość chlorofilu w liściach podflagowym i liczbę kłosów na 1m² żyta ozimego odmiany Visello i Dańkowskie DiamentTable 2. Influence of plant growth regulators on chlorophyll content and number of ears per 1m² of winter rye cv. Visello and Dańkowskie Diament

Objekt Treatment	Dawka – Dose (g·ha ⁻¹)	Termin zabiegu Application time BBCH	Zawartość chlorofilu SPAD Chlorophyll content SPAD			Liczba kłosów/1 m ² Number of ears/1m ²		
			2009	2010	średnia–mean	2009	2010	średnia–mean
Żyto heterozyjne odmiana Visello – Hybrid rye cv. Visello								
Kontrola – Control	–	–	544	537	541	346	340	343
TE	75	31	598	585	592	356	347	352
TE // TE	37,5 // 37,5	31 // 37	664	653	659	349	351	350
TE + CCC // TE + CCC	37,5 + 675 // 37,5+675	31 // 37	682	687	685	352	355	354
TE + CCC // ETE	50 + 675 // 240	31 // 37	699	697	698	358	368	363
TE + CCC + ETE	37,5 + 675 + 240	31	692	699	696	360	359	360
		NIR _{0,05} – LSD _{0,05}	78	65	80	r.n.	r.n.	r.n.
Żyto populacyjne odmiana Dańkowskie Diament – Traditional rye cv. Dańkowskie Diament								
Kontrola – Control	–	–	586	534	560	369	365	367
TE	75	31	586	608	597	367	375	371
TE // TE	37,5 // 37,5	31 // 37	546	559	553	379	382	381
TE + CCC // TE + CCC	37,5 + 675 // 37,5+675	31 // 37	566	502	534	381	392	387
TE + CCC // ETE	50 + 675 // 240	31 // 37	552	624	588	385	385	385
TE + CCC + ETE	37,5 + 675 + 240	31	594	597	596	372	374	373
		NIR _{0,05} – LSD _{0,05}	r.n.	80	r.n.	r.n.	r.n.	r.n.

TE – trineksapak etylu – trinexapac-ethyl; CCC – chlorek chloromekwatu – chlorocholine chloride; ETE – etefon – ethephon
r.n. – różnice nieistotne – not significance differences

w fazie BBCH 31 (14%). Przyrost chlorofilu na poziomie 17% wystąpił na obiekcie traktowanym mieszaniną TE + CCC w fazie BBCH 31 i ETE w fazie BBCH 37, a 19% wzrost barwnika uzyskano w wyniku stosowania mieszaniny preparatów (TE + CCC + ETE).

Nieznaczne zmiany w masie 1000 ziaren pod wpływem badanych regulatorów wzrostu i rozwoju roślin uzyskano tylko w odmianie heterozyznej żyta (tab. 3). Największy wpływ na tę cechę miało dwukrotne zastosowanie TE. W tej kombinacji doświadczalnej uzyskano 5% wzrost masy 1000 ziaren pierwszym roku badań i spadek masy 1000 ziaren o około 8% w roku kolejnym.

Wpływ badanych preparatów na plon ziarna odmiany heterozyznej ujawnił się w obu latach badań, aczkolwiek wyższą skuteczność regulatorów wzrostu i rozwoju roślin na tę cechę odnotowano w drugim roku badań (tab. 4). W roku 2010 wzrost plonu ziarna na poziomie 23–25% uzyskano na obiekcie, gdzie dwukrotnie aplikowano TE + CCC, także w kombinacji, w której aplikowano mieszaninę TE + CCC (BBCH 31) oraz ETE (BBCH 37) oraz na obiekcie, gdzie stosowano mieszaninę TE + CCC + ETE. Nieco słabsze działanie, przejawiające się tylko 9% wzrostem plonu odnotowano po dwukrotnym zabiegu TE. W pierwszym roku badań (2009) dla tego obiektu doświadczalnego uzyskano podobny – 10% wzrost plonu ziarna. Rośliny poddane dwukrotnemu zabiegowi mieszaniną TE + CCC oraz te, na które aplikowano TE + CCC (BBCH 31) i ETE (BBCH 37) zwiększyły plonowanie tylko o 5%, a przyrost plonu na poziomie 8% uzyskano na obiekcie TE + CCC + ETE.

W odmianie populacyjnej tylko w roku 2010 uzyskano wpływ retardantów na plon. Najlepsze działanie wykazała mieszanina TE + CCC + ETE, dając o 27% wyższy plon, w porównaniu z kontrolą. Nieco mniejszy przyrost plonu (22%) odnotowano na obiekcie, gdzie aplikowano TE w dwóch fazach rozwojowych. Z kolei po dwukrotnej aplikacji mieszaniny TE + CCC oraz w kombinacji TE + CCC (BBCH 31) i ETE (BBCH 37) plon żyta populacyjnego zwiększył się o 16%.

W przeprowadzonych badaniach nie stwierdzono wpływu regulatorów wzrostu na gęstość ziarna oraz parametry jakościowe plonu (białko, skrobia) żyta populacyjnego i heterozyznego (tab. 5).

DYSKUSJA

Podatność lub odporność zbóż na wyleganie związana jest z budową morfologiczną i anatomiczną roślin, a jednym z głównych, lecz nie jedynym czynnikiem związanym z podatnością na wyleganie jest długość źdźbła. Im większa długość źdźbła, tym większe prawdopodobieństwo wylegnięcia rośliny [Berry i in. 2000, Crook i Ennos 1994, Pinthus 1973, Woźnica 1981]. Zależność ta znajduje potwierdzenie w badaniach przedstawionych w niniejszej pracy i dotyczy zarówno odmiany heterozyznej, jak i populacyjnej żyta. Rośliny o źdźbłach krótszych nie wyległy, bądź wystąpiło jedynie nieznaczne pochylenie źdźbeł.

Adamczewski i Banaszak [2001] udowodnili, że trineksapak etylu bardziej skraca odmianę heterozyzną żyta, a procent skrócenia jest uzależniony od terminu zabiegu. Matysiak i in. [1993] twierdzą, że dwukrotne stosowanie retardanta na tym samym obiekcie nie wpływa istotnie na ograniczenie wysokości źdźbeł, w porównaniu do aplikacji jednorazowej. Wyniki badań własnych nie wskazują na występowanie różnic w procentowej redukcji źdźbła pomiędzy odmianami żyta, jednakże w żadnej z badanych odmian nie odnotowano zmniejszenia wysokości źdźbeł po jedнокrotnej aplikacji regulatora wzrostu i rozwoju roślin.

Badania przedstawione w niniejszej pracy wykazały, iż mieszanina trójskładnikowa: trineksapak etylu, chlorek chloromekwatu i etefon, aplikowana jednorazowo, zapobiegała

Tabela 3. Wpływ regulatorów na liczbę ziaren w kłosie i masę 1000 ziaren żyta ozimego odmiany Visello i Dańkowskie Diament
 Table 3. Influence of plant growth regulators on number of grains per ear and weight of 1000 of winter rye cv. Visello and Dańkowskie Diament

Obiekt Treatment	Dawka – Dose (g·ha ⁻¹)	Termin zabiegu Application time BBCH	Liczba ziaren w kłosie Number of grains per ear			Masa 1000 ziaren (g) Weight of 1000 seeds (g)		
			2009	2010	średnia–mean	2009	2010	średnia–mean
Żyto heterozyjne odmiana Visello – Hybrid rye cv. Visello								
Kontrola – Control	–	–	62,2	63,2	62,7	35,4	30,3	32,9
TE	75	31	63,7	65,4	64,6	36,6	29,7	33,2
TE // TE	37,5 // 37,5	31 // 37	63,2	64,7	64,0	37,3	28,0	32,7
TE + CCC // TE + CCC	37,5 + 675 // 37,5 + 675	31 // 37	65,3	65,2	65,3	34,5	29,4	32,0
TE + CCC // ETE	50 + 675 // 240	31 // 37	66,7	67,2	67,0	36,5	30,0	33,3
TE + CCC + ETE	37,5 + 675 + 240	31	65,8	65,7	65,8	35,6	28,6	32,1
		NIR _{0,05} – LSD _{0,05}	1,3	r.n.	r.n.	0,2	0,2	0,3
Żyto populacyjne odmiana Dańkowskie Diament – Traditional rye cv. Dańkowskie Diament								
Kontrola – Control	–	–	58,2	56,0	57,1	31,6	24,5	28,1
TE	75	31	59,2	58,7	59,0	30,3	23,3	26,8
TE // TE	37,5 // 37,5	31 // 37	61,7	55,2	58,5	30,6	24,1	27,4
TE + CCC // TE + CCC	37,5 + 675 // 37,5 + 675	31 // 37	60,1	58,1	59,1	30,7	23,8	27,3
TE + CCC // ETE	50 + 675 // 240	31 // 37	58,7	57,0	57,9	32,4	24,0	28,2
TE + CCC + ETE	37,5 + 675 + 240	31	62,4	57,4	59,9	31,7	24,3	28,0
		NIR _{0,05} – LSD _{0,05}	2,8	r.n.	r.n.	r.n.	r.n.	r.n.

TE – trineksapak etylu – trinexapac-ethyl; CCC – chlorek chloromekwatu – chlorocholine – chloride; ETE – etefon – ethephon
 r.n. – różnice nieistotne – not significance differences

Tabela 4. Wpływ regulatorów na gęstość ziarna w stanie zsypanym i plon żyta ozimego odmiany Visello i Dańkowskie Diament
 Table 4. Influence of plant growth regulators on grain density and yield of winter rye cv. Visello and Dańkowskie Diament

Obiekt Treatment	Dawka – Dose (g·ha ⁻¹)	Termin zabiegu Application time BBCH	Gęstość ziarna (kg·hl ⁻¹) Grain density (kg·hl ⁻¹)			Plon ziarna (t·ha ⁻¹) Yield (t·ha ⁻¹)		
			2009	2010	średnia–mean	2009	2010	średnia–mean
Żyto heterozyjne odmiana Visello – Hybrid rye cv. Visello								
Kontrola – Control	–	–	73,3	67,5	70,4	8,07	6,93	7,50
TE	75	31	72,1	68,9	70,5	8,20	7,17	7,69
TE // TE	37,5 // 37,5	31 // 37	72,4	68,1	70,3	8,87	7,57	8,22
TE + CCC // TE + CCC	37,5 + 675 // 37,5 + 675	31 // 37	72,2	67,2	69,7	8,47	8,57	8,52
TE + CCC // ETE	50 + 675 // 240	31 // 37	72,2	68,4	70,3	8,50	7,67	8,09
TE + CCC + ETE	37,5 + 675 + 240	31	73,5	68,4	71,0	8,73	8,53	8,63
		NIR _{0,05} – LSD _{0,05}	t.n.	t.n.	t.n.	0,32	0,39	0,34
Żyto populacyjne odmiana Dańkowskie Diament – Traditional rye cv. Dańkowskie Diament								
Kontrola – Control	–	–	73,7	66,8	70,3	6,97	5,07	6,02
TE	75	31	73,9	66,3	70,1	7,07	5,27	6,17
TE // TE	37,5 // 37,5	31 // 37	74,1	67,1	70,6	7,17	6,20	6,69
TE + CCC // TE + CCC	37,5 + 675 // 37,5 + 675	31 // 37	73,9	67,2	70,6	7,33	5,87	6,60
TE + CCC // ETE	50 + 675 // 240	31 // 37	74,3	66,6	70,5	7,30	5,90	6,60
TE + CCC + ETE	37,5 + 675 + 240	31	73,6	67,9	70,8	7,53	6,43	6,98
		NIR _{0,05} – LSD _{0,05}	t.n.	t.n.	t.n.	t.n.	0,22	0,31

TE – trineksapak etylu – trinexapac-ethyl; CCC – chlorek chloromekwatu – chlorocholine chloride; ETE – etefon – ethephon
 t.n. – różnice nieistotne – not significance differences

Tabela 5. Wpływ regulatorów wzrostu i rozwoju na parametry jakościowe ziarna żyta ozimego odmiany Visello i Dańkowskie Diament
 Table 5. Influence of plant growth regulators on quality parameters of winter rye cv. *Visello* and *Dańkowskie Diament*

Obiekt Treatment	Dawka – Dose (g·ha ⁻¹)	Termin zabiegu Application time BBCH	Zawartość białka (g·kg ⁻¹) Protein content (g·kg ⁻¹)			Zawartość skrobi (%) Starch content (%)		
			2009	2010	średnia–mean	2009	2010	średnia–mean
Żyto heterozyjne odmiana Visello – Hybrid rye cv. <i>Visello</i>								
Kontrola – Control	–	–	97	102	100	63	64	64
TE	75	31	95	94	95	64	64	64
TE // TE	37,5 // 37,5	31 // 37	99	100	100	63	64	64
TE + CCC // TE + CCC	37,5 + 675 // 37,5 + 675	31 // 37	100	95	98	63	63	63
TE + CCC // ETE	50 + 675 // 240	31 // 37	104	95	100	63	64	64
TE + CCC + ETE	37,5 + 675 + 240	31	90	96	93	64	63	64
		NIR _{0,05} – LSD _{0,05}	r.n.	r.n.	r.n.	r.n.	r.n.	r.n.
Żyto populacyjne odmiana Dańkowskie Diament – Traditional rye cv. <i>Dańkowskie Diament</i>								
Kontrola – Control	–	–	103	101	102	64	65	65
TE	75	31	102	101	102	64	66	65
TE // TE	37,5 // 37,5	31 // 37	105	95	100	64	66	65
TE + CCC // TE + CCC	37,5 + 675 // 37,5 + 675	31 // 37	104	102	103	65	66	66
TE + CCC // ETE	50 + 675 // 240	31 // 37	103	107	105	65	65	65
TE + CCC + ETE	37,5 + 675 + 240	31	102	97	100	64	66	65
		NIR _{0,05} – LSD _{0,05}	r.n.	r.n.	r.n.	r.n.	r.n.	r.n.

TE – trineksapak etylu – trinexapac-ethyl; CCC – chlorek chloromekwatu – chlorocholine chloride; ETE – etefon – ethephon
 r.n. – różnice nieistotne – not significance differences

wyleganiu roślin w stopniu podobnym do dwukrotnej aplikacji preparatów. Rola sposobu aplikacji regulatorów wzrostu i rozwoju roślin w przeciwdziałaniu wystąpienia wylegania zbóż opisana została m.in. przez Woźnicę i in. [1992], którzy wskazują na wyższą skuteczność jednorazowego stosowania retardantów (CCC i etefonu) w przeciwdziałaniu wyleganiu roślin, w porównaniu do ich dwukrotnej aplikacji na tym samym obiekcie.

Wpływ regulatorów wzrostu i rozwoju roślin na aktywność fotosyntetyczną roślin i związana z nią zawartość barwników fotosyntetycznych w roślinie był przedmiotem badań wielu autorów [Borrell i in. [1989], Davidson i Chevalier [1992], Blum i in. [1997] oraz Aggarwal i Sinha [1984] stwierdzają, że aktywność fotosyntetyczna roślin związana jest z ich wysokością, a wyższe odmiany zbóż posiadają w łodydze większe rezerwy asymilatów niż odmiany niższe. Badania prowadzone przez Kerbera i in. [1989] dowodzą, że retardant powodujący znaczne skrócenie roślin pszenicy (nawet 30%), nie ogranicza fotosyntezy w roślinach.

Wyniki uzyskane w niniejszej pracy wskazują, iż synteza chlorofilu w warunkach stosowania regulatorów wzrostu i rozwoju roślin była zależna od wysokości roślin w odmianie heterozyznej żyta ozimego. Zawartość chlorofilu w liściach zwiększała się wraz ze stopniem skrócenia źdźbeł. W odmianie populacyjnej taka zależność pojawiła się tylko dla obiektu, na którym stosowano mieszaninę trineksapaku etylu z chlorkiem chloromekwatu w fazie pierwszego kolanka i dodatkowo etefon w początkowej fazie strzelania w źdźbło. Niejednakową podatność odmian na zmiany w zawartości chlorofilu pod wpływem działania regulatorów wzrostu i rozwoju roślin podają także Matysiak i in. [2011] oraz Grzyś i in. [2011]. Z kolei korzystny wpływ trineksapaku etylu na zawartość chlorofilu stwierdzili Kerber [1989] oraz Grzyś i in. [2007], a Maciorowski i in. [2000] otrzymali wzrost zawartości chlorofilu po zastosowaniu chlorku chloromekwatu.

Działanie regulatorów wzrostu i rozwoju roślin na plonowanie roślin zbożowych w warunkach mniejszego zagrożenia wyleganiem lub w przypadku nie wystąpienia wylegania nie jest stałe tzn. regulatory mogą wykazać działanie plonotwórcze lub też nie. W doświadczeniach przedstawionych w obecnej pracy regulatory wzrostu i rozwoju roślin stymulowały plonowanie, nawet tych obiektów, na których wyleganie nie wystąpiło. Sytuacja taka dotyczyła zarówno odmiany heterozyznej, jak i populacyjnej. Dodatkowo, w odmianie populacyjnej, ale tylko w jednym roku badawczym, mimo pełnej ochrony przed wyleganiem nie uzyskano istotnych przyrostów plonu w porównaniu z kontrolą. Tymczasem Hafner [2001] podaje, iż w niektórych roślinach uprawnych po zastosowaniu trineksapaku etylu, uzyskano istotne przyrosty plonu ziarna, nawet wówczas, gdy wyleganie nie wystąpiło. Zagadnienie plonowania roślin po aplikacji retardantów nie jest spójne w doniesieniach literaturowych np. niewielki wpływ retardanta na plon uzyskał Rozbicki i in. [1997], a wzrost plonowania żyta po aplikacji retardantów otrzymał Woźnica [1988]. Matysiak i in. [1993] oraz Pawłowska i Dietrych-Szóstak [1994] stwierdzają, że najwyższe plony ziarna można otrzymać po dwukrotnej aplikacji retardanta. Wyniki badań tych autorów znajdują potwierdzenie w niniejszej pracy.

W badaniach opisywanych w obecnej pracy zmiany w masie 1000 nasion w wyniku stosowania regulatorów wzrostu i rozwoju roślin stwierdzono tylko w doświadczeniu prowadzonym w odmianie heterozyznej żyta, przy czym najkorzystniejszy i stały w latach badań wpływ na tę cechę miał trineksapak etylu zastosowany bądź jednorazowo, bądź dwukrotnie w czasie wegetacji roślin. W jednym roku badań uzyskano także dodatni wpływ regulatorów na liczbę ziaren w kłosie. Według literatury naukowej wpływ retardantów na parametry ilościowe plonu ma najbardziej zmienny charakter w porównaniu do innych cech roślin. Pozytywny wpływ retardanta (CCC) na liczbę ziaren w kłosie uzyskali Dubas i Duhr [1973]. Adamczewski i Bubniewicz [1990] wykazali tendencję do wzrostu masy 1000 ziaren pod wpływem CCC i etefonu. Również Maciorowski i in. [2000] potwierdzili korzystny wpływ etefonu na tę cechę. Natomiast

obniżenie się masy 1000 ziaren pod wpływem działania antywylegacza opisują m.in. Dziamba [1987], Kuś i in. [1991] oraz Rozbicki i in. [1997].

Wyniki uzyskane w pracy wskazują, że regulatory wzrostu i rozwoju roślin nie wpływały istotnie na parametry jakościowe ziarna badanych odmian żyta ozimego. Tymczasem wzrost zawartości białka po zastosowaniu retardanta uzyskali Dziamba [1987] oraz Drzewiecki i Pietryga [2002] (chlorek chloromekwatu) i Matysiak i in. 2010 (trineksapak etylu). Natomiast niekorzystny wpływ retardantów na tą cechę podają Romek i Dzienia [1992] oraz Cacak-Pietrzak i in. [2006].

WNIOSKI

1. Największe skrócenie źdźbeł w obu odmianach żyta wystąpiło po aplikacji mieszaniny trineksapaku etylu z chlorkiem chloromekwatu w fazie pierwszego kolanka, a następnie etefonu w fazie pojawiania się liścia flagowego. W odmianie heterozyznej porównywalne działanie wykazała dodatkowo mieszanina trójskładnikowa (trineksapak etylu, chlorek chloromekwatu i etefon) stosowana tylko w fazie pierwszego kolanka. Rośliny, które w największym stopniu uległy skróceniu nie wylegały.
2. Największy wzrost zawartości chlorofilu w liściach żyta uzyskano w kombinacjach, w których stosowano etefon oddzielnie lub w mieszaninie. W przypadku odmiany populacyjnej wpływ regulatorów wzrostu i rozwoju na tą cechę nie był stały w latach.
3. Zmiany w liczbie w ziaren w kłosie uzyskano tylko w pierwszym roku badań. W odmianie heterozyznej największy wpływ na tę cechę ujawnił się na obiektach, gdzie aplikowano etefon, natomiast w odmianie populacyjnej korzystne działanie wykazała mieszanina trzech substancji (trineksapak etylu, chlorek chloromekwatu i etefon) oraz dwukrotna aplikacja trineksapaku etylu.
4. Największe zmiany w masie 1000 ziaren w wyniku działania retardantów wystąpiły tylko w odmianie heterozyznej i dotyczyły kombinacji, w której aplikowano trineksapak etylu w dwóch fazach rozwojowych rośliny uprawnej. Działanie tej substancji nie było stałe w latach, w pierwszym roku wystąpiło zwiększenie masy tysiąca, a w drugim wartość dla tej cechy uległa obniżeniu.
5. Regulatory wzrostu i rozwoju roślin zwiększały plonowanie żyta. W odmianie populacyjnej przyrost plonu uzyskano jednak tylko w drugim roku badań. W żadnej z badanych odmian nie stwierdzono istotnych zmian w plonie ziarna po jednorazowej aplikacji trineksapaku etylu.
6. Regulatory wzrostu i rozwoju roślin nie miały wpływu na gęstość ziarna w stanie zsypanym oraz na zawartość białka i skrobi w ziarnie.

PIŚMIENNICTWO

- Adamczewski K., Bubniewicz P. 1990. Ocena działania regulatorów wzrostu w odmianach Triticale. Mat. 30 Sesji Nauk. IOR – Postery: 209–212.
- Adamczewski, Banaszak 2001. Moddus 250 EC – nowy retardant do żyta ozimego. Pam. Puł. 128: 7–15.
- Aggarwal P.K., Sinha S.K. 1984. Effect of water stress on grain growth and assimilate partitioning in two cultivars of wheat contrasting in their yield stability in a drought – environment. Ann. Bot. 53: 329–340.

- 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 Crop Res.* 67: 59–81.
- Blum A., Golan G., Mayer J., Sinmena B. 1997. The effect of dwarfing genes of sorghum grain filling from mobilized stem reserves under stress. *Field Crop Res.* 52: 43–54.
- Borrell A.K., Incoll L.D., Simpson R.J., Dalling M.J. 1989. Partitioning of dry matter and the deposition and use of stem reserves in a semi-dwarf wheat crop. *Ann. Bot.* 63: 527–539.
- Cacak-Pietrzak G., Ceglińska A., Leszczyńska D. 2006. Wpływ wybranych antywylegaczy na wartość wypiekową pszenicy ozimej. *Progr. Plant Prot./Post. Ochr. Roślin* 46(2): 89–92.
- Crook M.J., Ennos A.R. 1994. Stem and root characteristics associated with lodging resistance in four winter wheat cultivars. *J. Agric. Sci.* 123: 167–174.
- Davidson. D.I. Chevalier P.M. 1992. Storage and remobilization of water-soluble carbohydrates in stem of spring wheat. *Crop Sci.* 32: 186–190.
- Drzewiecki S., Pietryga J. 2002. Wpływ preparatu Antywylegacz Płynny 675 SL stosowanego łącznie z nawozami dolistnymi na wybrane parametry jakościowe ziarna pszenicy ozimej. *Progr. Plant Prot./Post. Ochr. Roślin* 42(2): 522–525.
- Dubas A., Duhr E. 1973. Stosowanie chlorku chlorocholiny (CCC) w uprawie żyta ozimego przy wzrastających dawkach nawozów azotowych. *Rocz. Nauk Rol., Ser. A* 99(2): 7–18.
- Dziamba Sz. 1987. Wpływ Antywylegacza (CCC) i nawożenia na plonowanie, elementy struktury plonu oraz zawartość białka i lizyny w ziarnie pszenżyta, żyta i pszenicy. *Biul. IHAR* 161: 105–112.
- Hafner V. 2001. Moddus – universal product for lodging prevention in cereals. 2001. *Proceed. 5th Slovenian Conference on Plant Protection, Catez ob Savi, Slovenia, 6–8 March 2001*: 167–172.
- 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.
- Kuś J., Filipiak K., Jończyk K. 1991. Wpływ siedmiu wybranych czynników agrotechnicznych na plonowanie pszenicy ozimej. *Pam. Puł.* 98: 7–22.
- Maciorowski R., Stankowski S., Piech M. 2000a. 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.
- Matysiak K., Sekutowski T., Kaczmarek S. 2011. Aktywność etefonu, trineksapaku etylu i chlorku chloromekwatu w odmianach żyta w zależności od sposobu aplikacji. *Biul. IHAR* 260/261: 273–283.
- Matysiak K., Kaczmarek S., Kardasz P. 2010. Wpływ trineksapaku etylu na wybrane parametry jakościowe ziarna pszenicy ozimej w zależności od poziomu nawożenia azotowego. *Pam. Puł.* 152: 163–175.
- Matysiak R., Woźnica Z., Pudelko J., Skrzypczak G. 1993. Reakcja pszenżyta jarego na retardanty wzrostu stosowane techniką dzieloną. *Prace Kom. Nauk Rol. Kom. Nauk Leśn. PTPN* 75: 21–26.
- Pawłowska J., Dietrych-Szóstak D. 1994. Efekt zastosowania regulatorów wzrostu w pszenżycie jarym. *Mat. Sesji IOR* 34(2):102–105.
- Petr J. 2005. Yield potential of rye, hybrid and population varieties in ecological and intensive cultivation. *Scientia Agric. Bohemica*. 36(2): 41–48.
- Pinthus M.J. 1973. Lodging in wheat, barley, and oats: the phenomenon, its causes, and preventive measures. *Adv. Agron.* 25: 208–263.
- Romek B., Dzienia S. 1992. Wpływ retardantów na plon i jakość plonów pszenżyta ozimego. *Mat. Sesji Nauk. IOR* 32(2): 140–144.
- Rozbicki J., Kozdój J., Mądry W. 1997. Rozwój kłosa pędu głównego oraz udział kłosów z pędów głównych i bocznych w plonie ziarna pszenżyta ozimego (*X Triticosecale* 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. *Pam. Puł.* 128: 25–37.
- Święcicki W.K., Surma M., Koziara W., Skrzypczak G., Szukała J., Bartkowiak-Broda I., Zimny J., Banaszak Z., Marciniak K. 2011. Nowoczesne technologie w produkcji roślinnej – przyjazne dla człowieka i środowiska. *Pol. J. Agron.* 7: 102–112.
- Trewavas A.J. 1987. Sensitivity and sensory adaptation in growth substance responses. W: *Hormone action in plant development*. G.V. Hoad, J.R. Lenton, M.B. Jackson, R.K. Atkin (eds.). London: Butterworths: 19–38.

- Woźnica Z. 1981. Wpływ Camposanu (etefon) na niektóre cechy morfologiczne, wyleganie i plony żyta ozimego. Roczn. AR Poznań, Rozpr. Nauk. 114: ss. 44.
- Woźnica Z. 1988. Wpływ Flordimexu TH na wyleganie i plony żyta przy zróżnicowanych dawkach azotu i gęstościach siewu. Roczn. Nauk Rol., Ser. A 107(3): 39–51.
- Woźnica Z., Pudelko J., Skrzypczak G., Bailey B. 1992. Wpływ retardantów wzrostu na pszenżyto ozime (*Triticale* Muntzing). Roczn. AR Poznań 235, Rol. 40 : 129–137.
- Xu C., Huang B. 2012. Proteins and metabolites regulated by trinexapac-ethyl in relation to drought tolerance in kentucky bluegrass. *J. Plant Growth Reg.* 31(1): 25–37.

K. Matysiak, W. Skrzypczak, S. Kaczmarek

COMPARISON OF APPLICATION METHODS OF PLANT GROWTH REGULATORS ON WINTER RYE

Summary

Two years' field trials (2009–2010) were established to study the efficacy of influence of three plant growth regulators trinexapac ethyl as well as chlorocholine chloride and ethephon on two cultivars of winter rye. The plant growth regulators were applied separately or in mixtures at two growth stages of crop – BBCH 31 or/and BBCH 37. The experiment was designed as a randomized complete block with a split-plot arrangement in traditional and hybrid cultivar of winter rye. The weather in different years had a decisive influence on plant growth regulators efficacy. In the experiments were estimated such plant traits as height, chlorophyll content in leaves, lodging and yield quantity and quality parameters. The greatest reduction of blades in both of winter rye cultivars occurred following the mixture (trinexapac-ethyl and chlorocholine chloride) application at BBCH 31 and additionally ethephon application at BBCH 37. The largest increase in the chlorophyll content in leaves was observed in treatments where ethephon was applied alone or together with trinexapac-ethyl and chlorocholine chloride. Plant growth regulators enhanced yielding of winter rye but they had no influence on grain density and grain humidity as well as protein and starch content in grains.