

Received: 05.07.2024 / Accepted: 06.09.2024

ARTYKUŁ ORYGINALNY

Biologiczna aktywność mieszaniny trineksapaku etylu i proheksadionu wapnia stosowanej z adiuwantami w uprawie pszenicy ozimej

Biological activity of the mixture trinexapac ethyl and prohexadione calcium used with adjuvants in the winter wheat crops

Wojciech Miziniak* 

Streszczenie

Doświadczenia polowe prowadzono w latach 2019–2020 w uprawie pszenicy ozimej odmiany KWS Ozon. Retardant wzrostu trineksapak etylu + proheksadion wapnia (TE + Pca) oraz jego mieszaniny z adiuwantami i kwasem cytrynowym zastosowano w fazie BBCH 32/33 pszenicy ozimej. Efektywność działania retardanta wzrostu uzależniona była zarówno od dawki preparatu, rodzaju adiuwantu, jak i warunków atmosferycznych. Niższe średnie dobowe temperatury powietrza sprzyjały efektywności działania pełnej dawki preparatu. Odmienne relacje odnotowano w wariantach, w których zastosowano TE + Pca w obniżonej dawce łącznie z adiuwantami i kwasem cytrynowym. Spośród badanych wariantów największe skrócenie łanu uzyskano po zastosowaniu mieszaniny retardanta z adiuwantem AS (sole amonowe kwasów wielozasadowych) w porównaniu do kontroli oraz poletek traktowanych niższą dawką preparatu. Sposób stosowania badanego środka w większości kombinacji nie miał istotnego wpływu na plonowanie i jakość pozyskanego ziarna w obydwu latach badań. W przypadku mieszaniny retardanta TE + Pca z adiuwantem AS uzyskano niejednoznaczne rezultaty. W 2019 roku odnotowano istotną redukcję masy tysiąca nasion w stosunku do wariantu kontrolnego.

Słowa kluczowe: pszenica ozima, trineksapak etylu, proheksadion wapnia, adiuwanty, plon

Abstract

Field experiments were conducted in 2019–2020 in the cultivation of winter wheat of the KWS Ozon variety. The growth retardant trinexapac ethyl + prohexadione calcium (TE + Pca) and its mixtures with adjuvants and citric acid were used in the BBCH 32/33 phase of winter wheat. The effectiveness of the growth retardant depended on the dose of the preparation, the type of adjuvant, and weather conditions. Lower average daily air temperatures favored the effectiveness of the full dose of the preparation. Different relationships were noted in variants in which TE + Pca was used at a reduced dose together with adjuvants and citric acid. Among the tested variants, the greatest shortening of the canopy was achieved after the use of a mixture of the retardant and the AS (ammonium salts of polybasic acids) adjuvant compared to the control and plots treated with a lower dose of the preparation. The method of application of the tested agent in most combinations did not have a significant impact on the yield and quality of the obtained grain in both years of the study. In the case of the mixture of TE + Pca retardant with AS adjuvant, inconclusive results were obtained. In 2019, a significant reduction in the weight of one thousand seeds was recorded compared to the control variant.

Key words: winter wheat, trinexapac ethyl, prohexadione calcium, adjuvants, yield

Instytut Ochrony Roślin – Państwowy Instytut Badawczy
Terenowa Stacja Doświadczalna w Toruniu
ul. Pigwowa 16, 87-100 Toruń

*corresponding author: w.miziniak@iorpib.poznan.pl

Wstęp / Introduction

Stabilność plonowania zbóż oraz jakość pozyskanego plonu jest uzależniona między innymi od uwarunkowań genetycznych, poziomu zastosowanej agrotechniki oraz ochrony roślin. Integralną częścią tej ochrony jest przeciwdziałanie wystąpieniu wylegania zbóż. Wyleganie roślin, czyli trwałe wychylenie łanu stanowi poważny problem w uprawie zbóż. Straty plonu spowodowane przez to zjawisko uzależnione są od terminu jego wystąpienia. Wczesne wystąpienie wylegania zbóż w fazie strzelania w źdźbło z reguły nie powoduje znacznych strat, gdyż źdźbła są jeszcze elastyczne i pozwalają roślinom na wygięcie się ku górze. Największe straty, dochodzące do 60%, występują jeśli do wylegania dojdzie podczas kłoszenia lub bezpośrednio po nim. Podwyższona podatność zbóż na wyleganie w tym okresie wynika z ciężaru kwitających kłosów, przesunięcia środka ciężkości ku górze, sił działających na dolne międzywęzła oraz system korzeniowy (Żebrowski 1992a, 1992b).

Podatność zbóż na trwałe wychylenie łanu związana jest z morfologią pędu i korzeni, budową anatomiczną oraz składem chemicznym źdźbła. Wysokie nawożenie azotowe, gęste siew powodują nadmierne wydłużenie i osłabienie dolnych międzywęzli, wzrost ogólnej długości roślin oraz zwiększenie stosunku długości źdźbeł do ich średnicy (Gierat 1972). Jednak dostępne opracowania naukowe wskazują na bardziej złożoną naturę tego zjawiska. Według niektórych autorów ryzyko wylegania wiąże się bezpośrednio z decyzjami podjętymi podczas uprawy roli, poziomem nawożenia oraz warunkami pogodowymi stymulującymi wystąpienie tego zjawiska – intensywne opady deszczu oraz silne porywy wiatru (Gierat 1972; Berry i wsp. 2000). Wyleganiu zbóż w intensywnej technologii uprawy można zapobiegać za pomocą metod hodowlanych – geny karłowatości (Kowalczyk 1997), agrotechnicznych (Gierat 1972; Berry i wsp. 2000) oraz poprzez zastosowanie egzogennych związków chemicznych ograniczających elongacyjny wzrost źdźbeł (Rajala i Peltonen-Sainio 2001; Kelbert i wsp. 2004).

Oprócz stabilnego plonowania zbóż ważnym aspektem determinującym opłacalność produkcji pszenicy jest jakość pozyskanego plonu. Parametry jakościowe ziarna są modyfikowane zarówno poprzez warunki klimatyczne oraz środki ochrony roślin stosowane w okresie wegetacji zbóż. Według Podolskiej i Stankowskiego (2001) oraz Langensiepena i wsp. (2008) mniejsza suma opadów oraz wyższe temperatury powietrza wpływają na zwiększenie zawartości białka i glutenu oraz wartość wskaźnika sedymentacyjnego Zeleny'ego w ziarnie pszenicy. W intensywnej produkcji zbóż, uwzględniającej kompleksową ochronę łanu jakość ziarna może ulec modyfikacji po zastosowaniu regulatorów wzrostu (Pawłowska i Dietrych-Szóstak 1994; Krawczyk i wsp. 1995). Większość doniesień naukowych wskazuje na niekorzystny wpływ tych środków na zawartość białka

(Woźnica 1988; Cacak-Pietrzak i wsp. 2005, 2006), glutenu i spadek liczby opadania (Leszczyńska i Grabiński 2003).

W ostatnich latach prowadzone są badania naukowe nad możliwościami redukcji stosowania pestycydów w ochronie roślin poprzez ich stosowanie w dawkach dzielonych, łączne z adiuwantami (Stachecki i wsp. 2004). Zdaniem Woźnicy i wsp. (2003), Green'a i Cahill'a (2003) oraz Szeleźniaka (2005) zastosowanie odpowiedniego adiuwanta modyfikującego roztwór pH cieczy użytkowej wpływa na zwiększenie efektywności działania niektórych substancji czynnych herbicydów lub trineksapaku etylu (Miziniak 2013).

Takie działania są podyktowane między innymi troską o zdrowie konsumentów oraz o stan środowiska naturalnego. Ponadto, konieczność ograniczenia zużycia pestycydów wynika także z wprowadzanych regulacji prawnych związanych ze Strategią „Od pola do stołu”, która jest elementem Europejskiego Zielonego Ładu.

Celem prezentowanych badań było określenie możliwości redukcji dawki mieszaniny trineksapaku etylu i proheksadionu wapnia poprzez łączne ich stosowanie z adiuwantami lub kwasem cytrynowym oraz zbadanie wpływu tych mieszanin na wzrost i plonowanie pszenicy ozimej.

Materiały i metody / Materials and methods

Doświadczenia polowe przeprowadzono w latach 2019–2020 w Fałęcinie, w województwie kujawsko-pomorskim (Przedsiębiorstwo Wielobranżowe „Farol”). Pszenicę odmiany KWS Ozon wysiano w II dekadzie października w ilości 200 kg/ha (320 szt. nasion na 1 m²). Przedplonem w obydwu latach był jęczmień jary. Doświadczenia prowadzono na glebie brunatnej wylugowanej, charakteryzującej się w zależności od roku badań odczynem lekko kwaśnym (pH od 6,5 do 6,6) oraz zawartością materii organicznej w przedziale od 1,04 do 1,31%. Przed siewem rośliny uprawnej zastosowano nawożenie P₂O₅ – 40 kg/ha oraz K₂O – 60 kg/ha. W okresie wegetacji roślin zastosowano 140 kg N/ha w dwóch terminach (pierwszy wiosną po ruszeniu wegetacji BBCH 23, drugi w fazie BBCH 32) oraz standardową ochronę plantacji przeciwko agrofagom (chwasty, choroby i szkodniki).

Doświadczenia polowe założono metodą bloków losowanych, w czterech powtórzeniach. Powierzchnia poletek doświadczalnych wynosiła 12,0 m². Obiektami badań były mieszaniny retardanta Medax Max (mieszanina fabryczna trineksapaku etylu i proheksadionu wapnia – TE + Pca z kwasem cytrynowym – CA – 0,2 kg/ha oraz z adiuwantami Slippa – OS (surfaktant organosilikonowy) – 0,2 l/ha, Atpolan BIO 80 EC Premium – POA (ester metylowy kwasów tłuszczowych) – 1,5 l/ha i AS 500 SL – AS (sole amonowe kwasów tłuszczowych) – 1,5 l/ha. W zależności od wariantu badań poletka zabiegowe opryskiwano samym retardantem w dawce rekomendowanej – 0,75 kg/ha oraz obniżonej

o 50% – 0,37 kg/ha oraz w postaci mieszanin zredukowanych dawek łącznie z kwasem cytrynowym i adiuwantami. Aplikację badanych środków przeprowadzono w fazie BBCH 32/33 pszenicy ozimej. Zabiegi wykonano opryskiwaczem rowerowym typu Victoria, wyposażonym w rozpylacz TEEJET 110 02 VP, o wydatku cieczy opryskowej 200 l na ha. Ciśnienie robocze wynosiło 0,3 MPa, a prędkość robocza 4,3 km/h.

Pomiaru wysokości roślin dokonano w fazie dojrzałości woskowej ziarniaków (BBCH 83) mierząc po 25 losowo wybranych roślin z każdego poletka. Wyleganie oceniano wizualnie za pomocą skali procentowej, w której przyjęto: 0% – brak wylegania (wszystkie rośliny na całej powierzchni poletek były wyprostowane), 100% – całkowite wyleganie (wszystkie rośliny na całej powierzchni poletek ułożone poziomo). Obserwacje stopnia wylegania oraz obsady źdźbeł kłosonośnych wykonano przed zbiorem pszenicy ozimej (BBCH 89). Zbiór rośliny uprawnej przeprowadzono za pomocą kombajnu poletkowego Wintersteiger. Określono masę ziarna zebranego z każdego poletka oraz zmierzono wilgotność. Plon przeliczono na tony z hektara przyjmując standardową wilgotność ziarna 14%. Średnią liczbę ziarniaków w kłosie oznaczono pobierając 25 kłosów z każdego poletka. Masę tysiąca ziarniaków (MTZ) oznaczono na podstawie pobranych prób ziarna o wielkości 1 kg z każdego poletka zabiegowego. Parametry jakościowe

ziarna oznaczono za pomocą analizatora ziaren firmy Foss – Infratec TM 1241.

Analizie statystycznej poddano dane dotyczące obsady źdźbeł kłosonośnych, wysokości roślin, liczby ziaren w kłosie, plonów ziarna, masy tysiąca ziaren oraz zawartości białka, skrobi, glutenu oraz ergosterolu w ziarniakach. Wyniki poddano analizie wariancji, z wykorzystaniem programu ARM wersja 2021.0. Istotne różnice (NIR) wyznaczano za pomocą testu Tukey'a przy poziomie istotności $p \leq 0,05$.

Wyniki i dyskusja / Results and discussion

Efektywność działania retardantów w znacznym stopniu determinowana jest warunkami pogodowymi, w tym szczególnie temperaturą powietrza w okresie 14 dni po wykonaniu aplikacji. W 2019 roku, w okresie dwóch tygodni po zastosowaniu badanych preparatów odnotowano wyższe temperatury powietrza (minimalna, maksymalna, średnia dobowa) w porównaniu do analogicznego okresu 2020 roku (tab. 1). Zróżnicowane warunki pogodowe w obydwu latach badań przełożyły się na efektywność działania badanego środka. Według Tobiły i Muśnickiego (1998) oraz Łęgowski i Wyszumek (2000) temperatura powietrza jest istotnym czynnikiem warunkującym skuteczność działania regulatorów wzrostu. W przeprowadzonych badaniach wła-

Tabela 1. Temperatury powietrza w okresie 14 dni po aplikacji preparatów
Table 1. Air temperature during 14 days after application growth regulators

Dni po zabiegu Days after treatment	Rok badań – Year of investigation					
	2019			2020		
	temperatura powietrza air temperature [°C]			temperatura powietrza air temperature [°C]		
	minimalna minimum	maksymalna maximum	średnia dobowa average daily	minimalna minimum	maksymalna maximum	średnia dobowa average daily
1	9,6	22,6	16,2	2,0	18,6	11,3
2	11,7	22,9	17,2	5,9	15,7	11,9
3	13,7	25,9	19,9	8,1	15,6	11,3
4	14,8	24,5	18,0	7,8	15,3	14,6
5	12,7	24,4	18,1	8,9	16,7	13,3
6	11,6	15,9	13,7	7,3	21,4	12,1
7	8,6	22,4	16,1	10,0	17,4	13,1
8	11,7	18,5	14,9	6,5	16,9	16,2
9	11,4	19,6	15,9	5,7	18,9	15,5
10	14,1	24,1	18,6	11,5	22,8	15,2
11	12,7	16,0	13,1	8,5	21,0	14,4
12	9,1	17,7	12,0	10,2	21,7	16,1
13	4,2	21,3	13,4	6,4	21,3	14,0
14	9,4	24,3	17,1	6,8	22,7	14,5
Średnia Mean	11,08	21,4	16,01	7,54	19,00	13,82

snych opinie zawarte w pracach wyżej wymienionych autorów zostały częściowo potwierdzone. W 2020 roku niższe temperatury powietrza wpłynęły korzystnie na efektywność retardacyjną pełnej dawki badanego preparatu – wzrost redukcji wysokości łanu pszenicy o 3,4% w porównaniu do 2019 roku. W przypadku oceny biologicznej skuteczności dawki obniżonej lub sporządzanych na jej bazie mieszanin uzyskano odwrotne relacje. W 2019 roku dodatek adiuwantów OS oraz POA lub CA do cieczy opryskowej zawierającej TE + Pca w nieznacznym zakresie polepszył efektywność działania obniżonej dawki badanego preparatu. Przeprowadzone obliczenia statystyczne wykazały brak istotnych różnic pomiędzy analizowanymi średnimi. Podobne zależności uzyskano w drugim roku badań, jednakże skuteczność badanych mieszanin była znacznie mniejsza. Spośród ocenianych wariantów badań, w obu latach, jedynie mieszanina badanego retardanta z adiuwantem AS wykazywała istotnie większą efektywność redukcji wysokości łanu pszenicy w porównaniu do obniżonej dawki środka (tab. 2).

Zdaniem Dawsona i Easta (2007) dodatek odpowiedniego adiuwanta do cieczy opryskowej zawierającej CCC polepsza efektywność retardanta wzrostu aplikowanego w temperaturze 4°C. Natomiast według Stacheckiego i wsp. (2004) zastosowanie tej substancji czynnej z adiuwantami

w warunkach korzystnych dla jej działania (temperatura powietrza powyżej 8°C) pozwala na 50-procentową redukcję dawek tej substancji czynnej bez utraty efektywności działania. Przeprowadzone badania własne w latach 2019 i 2020 potwierdziły spostrzeżenia zawarte w publikacji Dawsona i Easta (2007) oraz Stacheckiego i wsp. (2004). Biorąc pod uwagę efektywność retardacyjną badanych mieszanin stosowanych w wyższych temperaturach (2019 rok) dla mieszaniny TE + Pca odpowiednim adiuwantem jest AS. W obydwu sezonach wegetacyjnych nie wystąpiło zjawisko wylegania roślin.

W badaniach polowych oceniano także wpływ łącznego stosowania obniżonej dawki TE + Pca z adiuwantami lub z CA na wybrane elementy struktury plonu (tab. 3). Na podstawie przeprowadzonych badań stwierdzono, że aplikacja obniżonej dawki retardanta w połączeniu z adiuwantami (OS, POA) lub z CA w większości analizowanych wariantów nie miała istotnego wpływu na obsadę źdźbeł kłosonośnych, plon, MTZ oraz liczbę ziaren w kłosie w stosunku do poletek kontrolnych. W przypadku mieszaniny retardanta TE + Pca z adiuwantem AS uzyskano niejednoznaczne rezultaty w stosunku do MTZ oraz plonu roślin. W 2019 roku ziarno zebrane z poletek traktowanych mieszaniną charakteryzowało się mniejszą MTZ w porównaniu do po-

Tabela 2. Wpływ łącznego stosowania trineksapaku etylu i proheksadionu wapnia z adiuwantami na wysokość i wyleganie pszenicy ozimej

Table 2. Influence of mix application of trinexapac ethyl and prohexadione calcium with adjuvants on height and lodging of winter wheat

Numer wariantu badań Research variant number	Obiekt Treatment	Dawka Dose [l, kg/ha]	Termin zabiegu Time of application	Wysokość roślin – Stem length [cm]				Wyleganie Lodging [%]	
				2019	redukcja wysokości high reduction [%]	2020	redukcja wysokości high reduction [%]	2019	2020
1.	kontrola untreated	–	–	68,8 a	–	70,9 ab	–	0	0
2.	TE + Pca	56,25 + 37,5	A	64,8 ab	5,8	64,4 c	9,2	0	0
3.	TE + Pca	26,12 + 18,75	A	66,3 ab	3,6	72,3 a	0	0	0
4.	TE + Pca + CA	26,12 + 18,75 + 0,2	A	65,9 ab	4,2	69,3 ab	2,3	0	0
5.	TE + Pca + OS	26,12 + 18,75 + 0,18	A	65,2 ab	5,2	69,8 ab	1,6	0	0
6.	TE + Pca + POA	26,12 + 18,75 + 1,2	A	65,5 ab	4,8	70,2 ab	1,0	0	0
7.	TE + Pca + AS	26,12 + 18,75 + 375,0	A	64,0 b	6,8	67,7 b	4,5	0	0
NIR (0,05) – LSD (0,05)				4,33	–	3,270	–	–	–

TE + Pca – trineksapak etylu + proheksadion wapnia – trinexapac ethyl + prohexadione calcium – 75 g/kg + 50 g/kg

CA – kwas cytrynowy – citric acid – 99,5% – 995 g/kg

OS – surfaktant organosilikonowy – organosilicone surfactant – 900 g/l

POA – ester metylowy kwasów tłuszczowych – fatty acid methyl ester – 800 g/l

AS – sole amonowe kwasów wielozasadowych – ammonium salts of polybasic acids – 250 g/l

Termin aplikacji BBCH 32/33 pszenicy ozimej – Time of application BBCH 32/33 of winter wheat

Tabela 3. Wpływ łącznego stosowania trineksapaku etylu i proheksadionu wapnia z adiuwantami na wybrane parametry struktury plonu**Table 3.** Influence of mix application of trinexapac ethyl and prohexadione calcium with adjuvants on some parameters of yield

Numer wariantu badań Research variant number	Obiekt Treatment	Dawka Dose [l, kg/ha]	Fitotoksyczność Phytotoxicity [%]		Obsada [szt./m ²] Stem density [pcs/m ²]		Plon Yield [t/ha]		MTZ Weight of 1000 seeds [g]		Liczba ziaren w kłosie [szt./kłos] No grain per ear [pcs/ear]	
			2019	2020	2019	2020	2019	2020	2019	2020	2019	2020
1.	kontrola untreated	–	0	0	554,0 a	691,0 a	6,12 a	7,68 a	35,54 a	35,65 a	31,17 a	30,96 a
2.	TE + Pca	56,25 + 37,5	0	0	592,5 a	652,5 a	6,31 a	7,57 a	34,95 a	37,77 a	30,49 a	30,79 a
3.	TE + Pca	26,12 + 18,75	0	0	620,0 a	672,5 a	6,61 a	7,89 a	34,44 ab	37,12 a	30,94 a	31,78 a
4.	TE + Pca + CA	26,12 + 18,75 + 0,2	0	0	602,5 a	677,0 a	6,25 a	7,91 a	34,64 ab	37,17 a	29,85 a	31,49 a
5.	TE + Pca + OS	26,12 + 18,75 + 0,18	0	0	582,0 a	674,5 a	6,21 a	7,67 a	34,95 a	36,47 a	30,46 a	31,12 a
6.	TE + Pca + POA	26,12 + 18,75 + 1,2	0	0	566,5 a	647,0 a	6,27 a	7,48 a	35,48 a	36,70 a	31,23 a	31,42 a
7.	TE + Pca + AS	26,12 + 18,75 + 375,0	0	0	587,3 a	653,0 a	5,57 a	7,51 a	31,79 b	36,68 a	29,92 a	31,34 a
NIR (0,05) – LSD (0,05)			–	–	r.n.	r.n.	r.n.	r.n.	2,828	r.n.	r.n.	r.n.

TE + Pca – trineksapak etylu + proheksadion wapnia – trinexapac ethyl + prohexadione calcium – 75 g/kg + 50 g/kg

CA – kwas cytrynowy – citric acid – 99,5% – 995 g/kg

OS – surfaktant organosilikonowy – organosilicone surfactant – 900 g/l

POA – ester metylowy kwasów tłuszczowych – fatty acid methyl ester – 800 g/l

AS – sole amonowe kwasów wielozasadowych – ammonium salts of polybasic acids – 250 g/l

r.n. – różnica nieistotna – the difference is not important

zostałych obiektów badań. Przeprowadzone analizy statystyczne wykazały istotne obniżenie omawianego parametru w stosunku do kontroli oraz poletek opryskiwanych zalecaną dawką preparatu. Niższa masa tysiąca ziaren przełożyła się na nieistotne obniżenie plonowania zboża. Powyższe relacje zaobserwowano jedynie w pierwszym roku badań polowych. Natomiast w drugim roku masa ziarna oraz MTZ zebranych z poletek traktowanych omawianą mieszaniną były zbliżone do pozostałych obiektów badań.

Zdaniem wielu autorów retardanty wzrostu wpływają na polepszenie plonowania zbóż (Mykhalska i wsp. 2020) oraz zwiększenie obsady źdźbeł kłosonośnych i liczby ziaren w kłosie (Starczewski i wsp. 2002). Jednak najczęściej kontrowersji wzbudza wpływ tych środków na masę tysiąca ziaren. Z badań Giltrap i Garstang (1991) wynika, że zastosowanie CCC przyczynia się do redukcji MTZ. Natomiast Starczewski i wsp. (2002) wykazali wzrost MTZ po aplikacji omawianej substancji czynnej. Z kolei Woolley (1991) stwierdził, że wzrost plonowania zbóż nie jest bezpośrednio związany z MTZ, a jedynie z liczbą ziaren w kłosie.

Oprócz stabilnego plonowania ważnym aspektem determinującym opłacalność produkcji zbóż jest jakość pozyskanego plonu. W przeprowadzonych badaniach polowych stwierdzono, że badany retardant wzrostu oraz jego mieszaniny nie miały istotnego wpływu na oceniane parametry jakościowe ziarna zbóż – białko, skrobia, gluten (tab. 4).

Podobną opinię wyrazili Harasim i Wesołowski (2013) nie stwierdzając istotnego wpływu trineksapaku etylu na parametry jakościowe ziarna pszenicy. W swoich badaniach autorzy wykazali jednocześnie korzystny wpływ tej substancji czynnej na indeks glutenu. W przypadku oceny zawartości ergosterolu w ziarnie zbóż odnotowano niejednoznaczne rezultaty. W 2019 roku ziarno pobrane z poletek traktowanych mieszaniną obniżonej dawki TE + Pca z CA charakteryzowało się istotnie niższą zawartością ergosterolu w porównaniu do pozostałych obiektów badań. Powyższa zależność wystąpiła jedynie w pierwszym roku badań.

Redukcja dawek środków ochrony roślin oprócz aspektu ekologicznego przejawiającego się mniejszym uwolnieniem substancji czynnych do środowiska naturalnego ma także wymiar ekonomiczny. W przypadku preparatu opartego na trineksapaku etylu i proheksadionie wapnia ma to duże znaczenie. Koszt zabiegu uwzględniającego pełną dawkę środka (0,75 kg/ha) wynosi 164,25 zł/ha. Zastosowanie preparatu w połowie dawki łącznie z adiuwantami redukuje w większości badanych rozwiązań koszty poniesione na ochronę plantacji (tab. 5). Uwzględniając zarówno biologiczną skuteczność działania testowanych mieszanin, jak i koszty preparatów można zalecić stosowanie mieszaniny połowy dawki retardanta TE + Pca z adiuwantem AS, co pozwoli na 21% redukcję kosztu zabiegu w stosunku do aplikacji pełnej dawki retardanta.

Tabela 4. Wpływ łącznego stosowania trineksapaku etylu i proheksadionu wapnia z adiuwantami na wybrane parametry jakościowe ziarna pszenicy**Table 4.** Influence of mix application of trinexapac ethyl and prohexadione calcium with adjuvants on some quality parameters of wheat grain

Numer wariantu badań Research variant number	Obiekt Treatment	Dawka Dose [l, kg/ha]	Białko – Protein [%]		Skrobia – Starch [%]		Gluten – Gluten [%]		Ergosterol Ergosterol [%]	
			2019	2020	2019	2020	2019	2020	2019	2020
1.	kontrola – untreated	–	13,63 a	14,03 a	67,50 a	67,07 a	29,80 a	34,33 a	6,80 ab	7,13 a
2.	TE + Pca	56,25 + 37,5	13,73 a	14,03 a	67,67 a	67,47 a	30,50 a	32,60 a	6,43 bc	7,10 a
3.	TE + Pca	26,12 + 18,75	13,97 a	13,73 a	66,97 a	67,73 a	30,67 a	32,17 a	6,70 ab	7,03 a
4.	TE + Pca + CA	26,12 + 18,75 + 0,2	13,93 a	13,60 a	66,97 a	68,33 a	30,53 a	31,83 a	5,97 c	7,10 a
5.	TE + Pca + OS	26,12 + 18,75 + 0,18	13,93 a	13,77 a	67,27 a	67,63 a	30,57 a	31,93 a	6,73 ab	7,03 a
6.	TE + Pca + POA	26,12 + 18,75 + 1,2	13,60 a	13,83 a	67,44 a	67,17 a	29,67 a	33,37 a	6,80 ab	6,90 a
7.	TE + Pca + AS	26,12 + 18,75 + 375,0	14,13 a	13,37 a	67,42 a	67,20 a	30,53 a	31,60 a	7,23 a	7,53 a
NIR (0,05) – LSD (0,05)			r.n.	r.n.	r.n.	r.n.	r.n.	r.n.	0,638	r.n.

TE + Pca – trineksapak etylu + proheksadion wapnia – trinexapac ethyl + prohexadione calcium – 75 g/kg + 50 g/kg

CA – kwas cytrynowy – citric acid – 99,5% – 995 g/kg

OS – surfaktant organosilikonowy – organosilicone surfactant – 900 g/l

POA – ester metylowy kwasów tłuszczowych – fatty acid methyl ester – 800 g/l

AS – sole amonowe kwasów wielozasadowych – ammonium salts of polybasic acids – 250 g/l

r.n. – różnica nieistotna – the difference is not important

Tabela 5. Koszt ochrony łąnu zboża przed wyleganiem**Table 5.** The cost of protecting the grain field against lodging

Preparaty Preparations	Dawka na ha Dose per ha [l, kg/ha]	Koszt zabiegu Cost of application [zł/ha]
TE + Pca	56,25 + 37,5	164,25
TE + Pca	26,12 + 18,75	81,03
TE + Pca + CA	26,12 + 18,75 + 0,2	102,63
TE + Pca + OS	26,12 + 18,75 + 0,18	112,83
TE + Pca + POA	26,12 + 18,75 + 1,2	162,03
TE + Pca + AS	26,12 + 18,75 + 375,0	129,03

TE + Pca – trineksapak etylu + proheksadion wapnia – trinexapac ethyl + prohexadione calcium – 75 g/kg + 50 g/kg

CA – kwas cytrynowy – citric acid – 99,5% – 995 g/kg

OS – surfaktant organosilikonowy – organosilicone surfactant – 900 g/l

POA – ester metylowy kwasów tłuszczowych – fatty acid methyl ester – 800 g/l

AS – sole amonowe kwasów wielozasadowych – ammonium salts of polybasic acids – 250 g/l

Ceny preparatów – opakowania 1,0 l/kg – sklep internetowy dlaroslin.pl [05.2024]

Prices of preparations – 1.0 l/kg packages – online store for plants [05.2024]

Medax Max (TE + Pca) – 219,00 zł/kg

Kwas cytrynowy – Citric acid (CA) – 10,80 zł/kg

Slippa (OS) – 159,00 zł/l

Atpolan BIO 80 EC Premium (POA) – 54,00 zł/l

AS 500 SL (AS) – 32,00 zł/l

Wnioski / Conclusions

1. Retardant TE + Pca oraz jego mieszaniny z adiuwantami nie powodowały fitotoksycznego wpływu na rośliny pszenicy ozimej odmiany KWS Ozon.
2. Niższe średnie dobowe temperatury powietrza sprzyjają efektywności działania rekomendowanej dawki TE + Pca.
3. Dodatek adiuwanta AS do cieczy opryskowej zawierającej obniżoną dawkę preparatu TE + Pca wpłynął na poprawienie efektywności jego działania w porównaniu do poletek traktowanych połową dawki retardanta.
4. Zastosowanie mieszanin zredukowanych dawek TE + Pca z CA oraz z adiuwantami POA i OS nie ma większego wpływu na efektywność retardancyjną badanych mieszanin.
5. W dwuletnich badaniach nie stwierdzono istotnego wpływu mieszanin TE + Pca z OS, CA i POA na wybrane parametry struktury plonu (obsadę, MTZ, liczbę ziarniaków w kłosie oraz wysokość plonowania pszenicy ozimej).
6. Mieszaniny z adiuwantem AS mogą przyczynić się do istotnego obniżenia MTZ w porównaniu do kontroli.
7. Badane mieszaniny nie miały istotnego wpływu na oceniane parametry jakościowe ziarna pszenicy ozimej.
8. Zastosowanie mieszaniny obniżonej o 50% dawki retardanta z adiuwantem AS redukuje koszty poniesione na zabezpieczenie łąnu przed wyleganiem.

Literatura / References

- Berry P.M., Griffin J.M., Sylvester-Bradley R., Scott R.K., Spink J.H., Baker C.J., Clare R.W. 2000. Controlling plant form through husbandry to minimize lodging in wheat. *Field Crops Research* 67 (1): 59–81. DOI: 10.1016/S0378-4290(00)00084-8
- Cacak-Pietrzak G., Ceglińska A., Leszczyńska D. 2005. Kształtowanie cech wypiekowych pszenicy uprawianej z zastosowaniem retardantów. [Baking values of winter wheat after retardants application]. *Progress in Plant Protection/Postępy w Ochronie Roślin* 45 (2): 597–600.
- Cacak-Pietrzak G., Ceglińska A., Leszczyńska D. 2006. Wpływ wybranych antywylegaczy na wartość wypiekową pszenicy ozimej. [Effect of some retardants on baking quality of winter wheat]. *Progress in Plant Protection/Postępy w Ochronie Roślin* 46 (2): 89–92.
- Dawson K., East A. 2007. The role of adjuvants in sustainable arable cropping in northern Europe. *Proceedings of the 8 th International Symposium on Adjuvants for Agrochemicals (ISAA2007)*.
- Gierat K. 1972. Możliwości zmniejszenia wylegania zbóż. *Zeszyty Problemowe Postępów Nauk Rolniczych* 125: 425–430.
- Giltrap N.J., Garstang J.R. 1991. Effect of PGRS and nitrogen rate on grain yield and quality of Marinka winter barley. *The Conference BCPC – Weeds 7C-10: 987–994*.
- Green J.M., Cahill W.R. 2003. Enhancing the biological activity of nicosulfuron with pH adjusters. *Weed Technology* 17 (2): 338–345. DOI: 10.1614/0890-037X(2003)017[0338:ETBAON]2.0.CO;2
- Harasim E., Wesołowski M. 2013. Wpływ retardanta Moddus 250 EC i nawożenia azotem na plonowanie i jakość ziarna pszenicy ozimej. [The effect of retardant Moddus 250 EC and nitrogen fertilization on yielding and grain quality of winter wheat]. *Fragmenta Agronomica* 30 (3): 70–77.
- Kelbert A.J., Spaner D., Briggs K.G., King J.R. 2004. The association of culm anatomy with lodging susceptibility in modern spring wheat genotypes. *Euphytica* 136: 211–221. DOI: 10.1023/B:EUPH.0000030670.36730.a4
- Kowalczyk K. 1997. Wpływ genów Rht1, Rht2 i Rht3 na niektóre właściwości fizjologiczne i morfologiczne pszenicy. [Influence of Rht1, Rht2 and Rht3 genes of some physiological and morphological properties of wheat]. *Wiadomości Botaniczne* 41 (3/4): 27–32.
- Krawczyk M., Irzyk M., Mikos-Bielak M. 1995. Efekt działania kombinowanych regulatorów wzrostu na retardację wzrostu i jakość plonu zbóż. [Effect of mixed plant growth regulators on growth retardation and yield quality of cereals]. *Materiały XXXV Sesji Naukowej Instytutu Ochrony Roślin – postery*: 338–341.
- Langensiepen M., Hanus H., Schoop P., Graesle W. 2008. Validating CERES-wheat under North-German environmental conditions. *Agricultural Systems* 97 (1–2): 34–47. DOI: 10.1016/j.agsy.2007.11.001
- Leszczyńska D., Grabiński J. 2003. Efektywność retardantów w zasiewach pszenicy ozimej w zależności od dawki i terminu aplikacji. [Effectiveness of retardants in winter wheat depending on dose and application term]. *Progress in Plant Protection /Postępy w Ochronie Roślin* 44 (2): 775–777.
- Łęgowiak Z., Wysmulek A. 2000. Stosowanie regulatorów wzrostu w zbożach. [Plant growth regulators in cereals]. *Progress in Plant Protection/Postępy w Ochronie Roślin* 40 (2): 932–934.
- Miziniak W. 2013. Wpływ kwasowości cieczy opryskowej na skuteczność działania wybranych retardantów wzrostu stosowanych w uprawie jęczmienia jarego. [Influence of spray liquid acidity on effectiveness of some growth regulators in spring barley crops]. *Progress in Plant Protection/Postępy w Ochronie Roślin* 53 (4): 817–821. DOI: 10.14199/ppp-2013-030
- Mykhalska L.M., Makoveychuk T.M., Schwartau V.V. 2020. Mode of physiological activity of acylcyclohexadione retardants. *Biosystems Diversity* 28 (4): 411–418. DOI: 10.15421/012053
- Pawłowska J., Dietrych-Szóstak D. 1994. Efekt zastosowania regulatorów wzrostu w pszenicy jarnej. [Growth regulators application in spring triticale]. *Materiały XXXIV Sesji Naukowej Instytutu Ochrony Roślin – postery*: 102–105.
- Podolska G., Stankowski S. 2001. Plonowanie i jakość ziarna pszenicy ozimej w zależności od gęstości siewu i dawki nawożenia azotem. [Yielding and grain quality of winter wheat depending on sowing density and nitrogen fertilization doses]. *Biuletyn Instytutu Hodowli i Aklimatyzacji Roślin* 218/219: 127–136.
- Rajala A., Peltonen-Sainio P. 2001. Plant growth regulator effects on spring cereal root and shoot growth. *Agronomy Journal* 93 (4): 936–943. DOI: 10.2134/agronj2001.934936x
- Stachecki S., Praczyk T., Adamczewski K. 2004. Adjuvant effects on plant growth regulators in winter wheat. [Wpływ adiuwantów na działanie regulatorów wzrostu zastosowanych w pszenicy ozimej]. *Journal of Plant Protection Research* 44 (4): 365–371.
- Starczewski J., Bombik A., Dopka D. 2002. Plonowanie i struktura plonu pszenicy ozimej w zależności od nawożenia azotem i wybranych retardantów. [Yielding and components of winter triticale yield in dependence on nitrogen fertilization and selected growth retardants]. *Folia Universitatis Agriculturae Stetinensis, Agricultura* 228 (91): 147–154.
- Szeleźniak E. 2005. Wpływ związków mineralnych i organicznych modyfikujących pH cieczy opryskowej na skuteczność działania tralkoksydymu. [Effect of mineral and organic compounds modifying spray pH on tralkoxydim efficacy]. *Pamiętnik Puławski* 140: 297–309.
- Toboła P., Muśnicki C. 1998. Wpływ etefonu na wzrost, rozwój i plonowanie słonecznika oleistego. [Effect of ethephon on growth, development and yielding of oilseed sunflower]. *Materiały XXXV Sesji Naukowej Instytutu Ochrony Roślin – postery*: 338–341.
- Woolley E.W. 1991. Recent experience of timing of growth regulators on winter wheat. *The Conference BCPC – Weeds 7C-10: 981–986*.
- Woźnica Z. 1988. Wpływ Flordimexu TH na wyleganie i plony żyta przy zróżnicowanych dawkach azotu i gęstościach siewu. *Roczniki Nauk Rolniczych Seria A* 107 (3): 39–51.
- Woźnica Z., Nalewaja J.D., Messersmith C.G., Milkowski P. 2003. Quinclorac efficacy as affected by adjuvants and spray carrier water. *Weed Technology* 17 (3): 582–588. DOI: 10.1614/0890-037X(2003)017[0582:QEABA]2.0.CO;2
- Żebrowski J. 1992a. Strukturalno-mechaniczne uwarunkowania i kryteria odporności roślin zbożowych na wyleganie. Cz. I. Cechy morfologiczno-anatomiczne źdźbła. [Structural and mechanical determinants and methods of lodging resistance estimation in cereals. Part I. Morphological and anatomical traits of stem]. *Biuletyn Instytutu Hodowli i Aklimatyzacji Roślin* 183: 73–82.
- Żebrowski J. 1992b. Strukturalno-mechaniczne uwarunkowania i kryteria odporności roślin zbożowych na wyleganie. Cz. II. Właściwości mechaniczne źdźbła oraz cechy systemu korzeniowego. [Structural and mechanical determinants and methods of lodging resistance estimation in cereals. Part II. Mechanical properties of stem and root system traits]. *Biuletyn Instytutu Hodowli i Aklimatyzacji Roślin* 183: 83–93.