

Received: 19.04.2021 / Accepted: 02.06.2021

ARTYKUŁ ORYGINALNY

Wpływ łącznego stosowania trineksapaku etylu z adiuwantami na wzrost i plonowanie jęczmienia jarego w zależności od dawki nawożenia azotowego

The influence of mix application of trinexapac-ethyl with adjuvants on the growth and yield of spring barley depending on the dose of nitrogen fertilization

Wojciech Miziniak^{A*}, Agnieszka Ulatowska^B

Streszczenie

Badania polowe przeprowadzono w latach 2016–2017 w uprawie jęczmienia jarego odmiany KWS Olof. Doświadczenia założono metodą split-plot. Celem badań było określenie działania trineksapaku etylu stosowanego na zróżnicowanych poziomach nawożenia azotowego. Trineksapak etylu stosowano solo w dawce 75 oraz 150 g/ha oraz w mieszaninach (75 g/ha) z siarczanem amonu oraz adiuwantem AS 500 SL na dwóch poziomach nawożenia (56 kg N/ha i 90 kg N/ha). Zwiększone nawożenie azotowe stymuluje wzrost rozkrzewień oraz plonowanie roślin w warunkach niedoboru opadów oraz zwiększa zawartość białka niezależnie od panujących warunków atmosferycznych. W wyniku zastosowania mieszanin trineksapaku etylu z siarczanem amonu lub z adiuwantem AS 500 SL uzyskano wzrost efektywności działania obniżonych dawek retardanta wzrostu. Sposób aplikacji mieszanin retardanta nie miał istotnego wpływu na plon, obsadę, MTZ oraz parametry jakościowe ziarna w porównaniu do kontroli.

Słowa kluczowe: jęczmień jary, nawożenie azotowe, trineksapak etylu, adiuwanty, wysokość, plon, jakość ziarna

Abstract

The field experiment on spring barley cultivar KWS Olof were conducted in 2016 and 2017. The experiment was established using the split-plot method. Aim of the research was evaluation of trinexapac-ethyl applied at various levels of nitrogen fertilization. Trinexapac-ethyl was applied alone in two doses 150 g/ha and 75 g/ha and in a mixture of 75 g/ha with ammonium sulphate and the adjuvant AS 500 SL on two nitrogen fertilization levels (56 kg N/ha and 90 kg N/ha). Increased of nitrogen fertilization stimulated the tillering and the yield of plants in conditions of rainfall deficiency, and increased the protein content regardless the weather conditions. The addition of ammonium sulfate or AS 500 SL adjuvant to the spray liquid containing of trinexapac-ethyl improves reduced doses efficacy of grown retardant's. The method of application of retardant mixtures did not have a significant effect on the yield, density, mass of thousand grains and grain quality parameters as compared to the control.

Key words: spring barley, nitrogen fertilization, trinexapac-ethyl, adjuvants, height, yield, grain quality

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

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

ORCID: ^A0000-0002-7378-4390, ^B0000-0003-4037-3998

Wstęp / Introduction

Uzyskanie wyrównanego plonowania zbóż uzależnione jest od wielu czynników agrotechnicznych, z których decydującą rolę odgrywa nawożenie azotowe (Liszewski i Chrzanowska-Drożdż 1995; Liszewski i Błażewicz 2001). Stymulujący wpływ stosowania azotu w uprawie jęczmienia jarego przejawia się zwiększeniem stopnia rozkrzewienia roślin (Leszczyńska i Noworolnik 1998). Powszechnie wiadomo, że wysokie nawożenie azotowe, duża gęstość siewu oraz zwiększone rozkrzewienie roślin sprzyjają wystąpieniu trwałego wychylenia łanu. W efekcie wylegania zmniejsza się napięcie fotosyntezy łanu, ulega zakłóceniu pobieranie składników pokarmowych i wody, co w konsekwencji prowadzi do znacznych strat plonu i jakości ziarna. W intensywnej uprawie zbóż ograniczenie ryzyka wylegania uzyskuje się poprzez stosowanie egzogennych związków ograniczających wzrost i rozwój roślin – retardantów wzrostu. W trosce o środowisko naturalne podejmowane są badania dotyczące optymalizacji stosowania agrochemikaliów, w tym także retardantów wzrostu, poprzez ich aplikację w obniżonych dawkach łącznie z adiuwantami (Stachecki i wsp. 2004; Miziniak 2012).

Celem badań była ocena działania mieszanin trineksapaku etylu z adiuwantami na wzrost, wyleganie oraz plonowanie jęczmienia jarego w zależności od dawki nawożenia azotowego.

Materiały i metody / Materials and methods

Doświadczenia polowe przeprowadzono w latach 2016–2017, w jęczmieniu jarym odmiany KWS Olof. Jęczmień jary wysiano w I dekadzie kwietnia w ilości 158 kg/ha (320 szt. nasion na 1 m²). Przedplonem w obydwu latach badań była pszenica ozima. Doświadczenia prowadzono na czarnej ziemi, 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 56 i 90 kg N kg/ha, 40 kg/ha P₂O₅ oraz 60 kg/ha K₂O. W okresie wegetacji roślin zastosowano standardową ochronę plantacji przeciwko agrofagom (chwasty, choroby i szkodniki).

Doświadczenie dwuczynnikowe założono metodą split-plot, w czterech powtórzeniach. Powierzchnia poletek doświadczalnych wynosiła 12,0 m². Obiektami badań były dwa poziomy nawożenia azotowego – czynnik A 56 i 90 kg N/ha w czystym składniku oraz trineksapak etylu – czynnik B. W zależności od wariantu badań poletka zabiegowe opryskiwano trineksapakiem etylu w dawce 150 i 75 g/ha (Moddus Start 250 EC) oraz mieszaniną retardanta 75 g/ha z adiuwantami – mineralnym siarczanem amonu (5,0 kg/ha) oraz wielokierunkowym AS 500 SL (1,5 l/ha). Aplikację badanych środków przeprowadzono w fazie BBCH 32 jęczmienia jarego. Zabiegi wykonano opryskiwaczem

rowerowym typu Victoria, wyposażonym w rozpylacz TEEJET 110 02 VP, o wydatku cieczy opryskowej 200 l/ha. Ciśnienie robocze wynosiło 0,25 MPa.

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 kłonośnych wykonano przed zbiorem jęczmienia jarego (BBCH 89). Zbiór rośliny uprawnej przeprowadzono za pomocą kombajnu poletkowego Wintersteiger. Średnią liczbę ziarniaków w kłosie oznaczono pobierając 25 kłosów z każdego poletka. Masę tysiąca ziarniaków oznaczono na podstawie pobranych prób ziarna o wielkości 1 kg z każdego poletka zabiegowego. Analizę jakościową ziarna wykonano za pomocą analizatora ziaren firmy Foss – Infratec TM 1241.

Analizie statystycznej poddano dane dotyczące obsady źdźbeł kłonośnych, wysokości roślin, wylegania, liczby ziaren w kłosie, plonów ziarna, masy tysiąca ziaren oraz zawartości białka i skrobi w ziarniakach. Wyniki poddano analizie wariancji, z wykorzystaniem Programu ARM wersja 2021.0 dla doświadczenia dwuczynnikowego. Istotne różnice (NIR) wyznaczano za pomocą testu Tukeya przy poziomie istotności $p \leq 0,05$.

Wyniki i dyskusja / Results and discussion

Według licznych prac naukowych nawożenie azotowe stymuluje wzrost i rozwój łanu zbóż (Dubas i Duhr 1973; Zagonel i wsp. 2002). W doświadczeniach własnych wyższa dawka azotu w niewielkim zakresie wpłynęła na wysokość jęczmienia jarego. W odniesieniu do obydwu lat badań różnica w wysokości łanu zawierała się w przedziale od 1,3 do 3,3% (tab. 2). Przeprowadzone analizy statystyczne wykazały brak istotnych różnic pomiędzy obydwoma poziomami nawożenia. Zbliżone zdanie zaprezentowali między innymi Crook i Ennos (1995), Obolevica i Ruza (2001) oraz Matysiak i Kaczmarek (2009) uzyskując istotny przyrost łanu zbóż jedynie przy najwyższych dawkach nawożenia azotowego.

Działanie retardanta wzrostu było niezależne od poziomu nawożenia azotowego i zostało statystycznie udowodnione w obydwu latach badań. W zależności od składu mieszaniny (sam retardant, mieszanina z siarczanem amonu lub adiuwantem AS 500 SL) uzyskano redukcję wysokości łanu w zakresie od 17,8 do 22,36% (2016 r.) oraz od 20,93 do 27,93% (2017 r.). Należy w tym miejscu nadmienić, że skuteczność retardancyjna mieszanin trineksapaku etylu z adiuwantami była zbliżona do efektów uzyskanych po zastosowaniu pełnej dawki preparatu (tab. 2). Otrzymane wyniki badań potwierdziły możliwość zmniejszenia dawki środka

bez utraty skuteczności działania. Do identycznych wniosków doszli Stachecki i wsp. (2004) oraz Miziniak (2012) badając łączne stosowanie regulatorów wzrostu z adiuwantami w uprawie pszenicy ozimej i jęczmienia jarego. Wyleganie roślin wystąpiło jedynie w 2017 roku (tab. 2). Wykonane analizy statystyczne wykazały, że poziom nawożenia nie miał wpływu na trwałe wychylenie łanu. Odmianą opinię wyrazili Giltrap i Garstang (1991), badając zróżnicowane nawożenie azotowe w uprawie jęczmienia ozimego. W efekcie zastosowania trineksapaku etylu uzyskano istotne obniżenie wylegania roślin w porównaniu do kontroli.

Z doniesień literaturowych wynika, że nawożenie azotowe jest jednym z głównych czynników, oprócz warunków atmosferycznych, stymulujących podziały stożka wzrostu,

a tym samym decydujących o liczbie walczków liściowych i kłoskowych, które warunkują potencjalną liczbę nasion w kłosie (Rozbicki i wsp. 1997). Zdaniem Noworolnika i Leszczyńskiej (2000) makroelement ten przyczynia się do lepszego rozkrzewienia produkcyjnego oraz wzrostu ilości nasion w kłosie. W badaniach własnych nawożenie azotowe nie miało wpływu na ilość ziaren w kłosie (tab. 3). Pomimo braku różnic na zróżnicowanych poziomach nawożenia, omawiany element struktury plonu był modyfikowany przez retardant wzrostu. W 2016 roku trineksapak etylu przyczynił się istotnie do obniżenia ilości ziaren w kłosie w porównaniu do kontroli bezwzględnej. Zaistniałe relacje uwidoczniły się jedynie w pierwszym roku badań. Natomiast w 2017 roku zarysowała się interakcja pomiędzy obydwoma czynnika-

Tabela 1. Temperatura powietrza i opady w poszczególnych latach badań

Table 1. Air temperature and precipitation during years of investigation

Miesiąc Month	Warunki pogodowe w poszczególnych latach badań Weather conditions in the years of investigation			
	2016		2017	
	średnia temperatura average temperature [°C]	opad rainfall [mm]	średnia temperatura average temperature [°C]	opad rainfall [mm]
IV	10,3	12,1	8,2	42,7
V	16,1	17,0	13,6	82,0
VI	18,0	73,7	12,1	82,3
VII	18,6	128,5	17,5	154,9
VIII	17,7	52,8	18,6	135,8
Suma – Sum	–	284,1	–	497,7

Tabela 2. Wpływ badanych czynników na wysokość i wyleganie roślin jęczmienia jarego

Table 2. Influence of investigated factors on height and lodging of spring barley plants

Czynniki – Factors	Wysokość – Height [cm]		Wyleganie – Lodging [%]	
	2016	2017	2016	2017
Nawożenie – Fertilizing				
N – 56 kg/ha	37,17 a	52,49 a	0	5,5 a
N – 90 kg/ha	37,66 a	54,25 a	0	7,5 a
Warianty ochrony roślin – Plant protection variants				
Kontrola – Untreated check	44,84 a	66,24 a	0	32,3 a
Trineksapak etyl – Trinexapac-etyl [150 g/ha]	34,94 b	51,30 b	0	0 b
Trineksapak etyl – Trinexapac-etyl [75 g/ha]	36,86 b	52,37 b	0	1,3 b
Trineksapak etyl + siarczan amonu Trinexapac-ethyl + ammonium sulfate [75 g/ha + 5,0 kg/ha]	34,81 b	49,19 b	0	0 b
Trineksapak etyl + AS 500 SL Trinexapac-ethyl + AS 500 SL [75 g/ha + 1,5 l/ha]	35,65 b	47,74 b	0	0 b

Średnie oznaczone tymi samymi literami nie różnią się istotnie (test Tukeya, $p = 0,05$)

Means followed by the same letter do not significantly differ (Tukey test, $p = 0.05$)

Table 3. Wpływ badanych czynników na plon, poszczególne elementy struktury plonu oraz parametry jakościowe ziarna jęczmienia jarego
Table 3. The influence of the investigated factors on the yield and individual elements of the yield structure as well as on quality parameters of spring barley grain

Czynniki – Factors	Obsada źdźbeł kłosonóśnych [szt./m ²] Stem density [pcs/m ²]		Plon ziarna Grain yield [t/ha]		MTZ 1000 grain weight [g]	Liczba ziaren w kłosie [szt.] No grain per one ear [pcs/ear]		Białko Protein [%]		Skrobia Starch [%]		
	2016	2017	2016	2017		2016	2017	2016	2017	2016	2017	
Nawożenie – Fertilizing												
N – 56 kg/ha	561,3 b	892,2 a	4,06 b	7,21 a	45,38 a	47,39 a	15,83 a	17,06 a**	12,60 b	10,17 b	60,86 a	63,66 a
N – 90 kg/ha	592,4 a	900,1 a	4,27 a	7,12 a	44,90 a	46,47 a	15,99 a	17,07 a**	14,04 a	11,62 a	60,31 b	62,93 a
Warianty ochrony roślin – Plant protection variants												
Kontrola – Untreated check	542,2 b	881,6 a	4,23 ab	7,06 a	45,71 ab	46,15 a	17,06 a	17,41 a	13,19 a	11,05 a	60,71 a	63,18 a
Trineksapak etyl – Trinexapac-etyl [150 g/ha]	559,5 ab	897, 8 a	3,87 b	7,32 a	43,93 c	47,33 a	15,74 b	17,25 a	13,36 a	11,01 a	60,50 a	63,45 a
Trineksapak etyl – Trinexapac-etyl [75 g/ha]	613,2 a	864,0 a	4,45 a	7,10 a	46,35 a	48,02 a	15,65 b	17,13 a	13,41 a	11,21 a	60,55 a	63,08 a
Trineksapak etyl + siarczan amonu Trinexapac-ethyl + ammonium sulfate [75 g/ha + 5,0 kg/ha]	591,8 ab	904,2 a	4,10 ab	7,01 a	44,91 bc	46,31 a	15,3 b	16,79 a**	13,25 a	10,76 a	60,69 a	63,21 a
Trineksapak etyl + AS 500 SL Trinexapac-ethyl + AS 500 SL [75 g/ha + 1,5 l/ha]	577,6 ab	933,2 a	4,15 ab	7,32 a	44,78 bc	46,85 a	15,78 b	16,74 a**	13,36 a	10,41 a	60,46 a	63,54 a

**interakcja pomiędzy badanymi czynnikami – interaction between the investigated factors
 Średnie oznaczone tymi samymi literami nie różnią się istotnie (test Tukeya, p = 0,05)

Means followed by the same letter do not significantly differ (Tukey test, p = 0,05)

mi doświadczalnymi. W obiektach z niskim nawożeniem – 56 kg N, liczba ziaren w kłosie uległa istotnemu zmniejszeniu po aplikacji mieszaniny retardanta z siarczanem amonu. Analogiczne zależności uzyskano dodając adiuwant do cieczy opryskowej zawierającej omawiany preparat w warunkach zwiększonego nawożenia azotowego. Uzyskane rezultaty znalazły potwierdzenie w literaturze naukowej. Według Matysiak i Kaczmarek (2009) oraz Matysiak i wsp. (2009) trineksapak etylu stosowany w uprawie pszenżyta ozimego modyfikował średnią liczbę nasion w kłosie w zależności od poziomu nawożenia azotowego.

Przeprowadzone analizy statystyczne dotyczące wpływu dawki N na MTZ wykazały brak różnic pomiędzy wariantami badań (tab. 3). Jednakże w obydwu latach badań wystąpiła tendencja do obniżenia masy ziarniaków w przypadku zastosowania wyższego nawożenia azotowego. Podobny pogląd wyrazili Kozdój i wsp. (1997) oraz Błażewicz i Liszewski (2003). W przypadku braku wylegania roślin, we wszystkich wariantach badań, w których zastosowano trineksapak etylu w 2016 roku stwierdzono zmniejszenie MTZ w porównaniu do kontroli. Jednakże istotne różnice w MTZ uwidoczniły się jedynie pomiędzy badanymi dawkami retardanta wzrostu. W 2017 roku sposób aplikacji regulatora wzrostu nie miał istotnego wpływu na MTZ.

W badaniach własnych, w 2016 roku wyższe nawożenie N przyczyniło się do zwiększenia obsady źdźbeł kłosonośnych o 5,5% względem obiektu badań, w którym zastosowano mniejszą dawkę azotu (tab. 3). W ślad za zwiększeniem obsady wzrósł o ponad 5,17% plon ziarna. Pozytywny wpływ nawożenia azotowego na plonowanie roślin zbożowych wykazali między innymi Maciorowski i wsp. (2000), Noworolnik i Leszczyńska (2000), Liszewski i Błażewicz (2001) oraz Starczewski i wsp. (2002). Zaistniałe relacje uwidoczniły się jedynie w pierwszym roku badań. Według Fatygi i wsp. (1995) nawożenie azotowe wpływa korzystnie na masę ziarna z kłosa w okresie niedoborów opadów. Natomiast w latach o równomiernie rozłożonych opadach z większej liczby kłosów na jednostce powierzchni uzyskuje się mniejszą masę ziarna. W badaniach własnych okresowe niedobory wody wystąpiły w 2016 roku (suma opadów w IV – 12,1 mm) i przyczyniły się do zmniejszenia ilości źdźbeł produkcyjnych, a tym samym obniżenia plonowania o 42% w porównaniu do plonów uzyskanych w drugim roku badań. W analogicznym okresie 2017 roku opady w miesiącu kwietniu wynosiły 42,7 mm (tab. 1).

Z przeprowadzonych badań wynika, że sposób aplikacji retardanta w większości analizowanych wariantów nie miał wpływu na plonowanie jęczmienia jarego (tab. 3). Jedynie w pierwszym roku badań uzyskano istotne obniżenie zebranej masy ziarna po aplikacji pełnej dawki regulatora wzrostu w porównaniu do obiektu, w którym zastosowano zredukowaną dawkę trineksapaku etylu. W pozostałych kombinacjach plonowanie jęczmienia jarego było zbliżone do masy uzyskanej z poletek kontrolnych. Sposób aplikacji regulatora wzrostu w 2017 roku (sam lub mieszanina z siar-

czanem amonu lub adiuwantem AS 500 SL) nie miał istotnego wpływu na obsadę źdźbeł, masę tysiąca ziarniaków, liczbę nasion w kłosie oraz wysokość plonu jęczmienia jarego. Zdaniem Starczewskiego i wsp. (2002) zastosowane retardanty wzrostu wpływają na zwiększenie plonowania zbóż, w tym na poszczególne elementy struktury plonu: obsadę źdźbeł kłosonośnych, liczbę ziaren w kłosie oraz masę tysiąca ziarniaków. W odniesieniu do dwóch pierwszych elementów struktury plonu większość opinii jest zgodnych. Najwięcej rozbieżności pojawia się odnośnie wpływu retardantów na masę tysiąca ziarniaków (Giltrap i Garstang 1991; Woolley 1991; Starczewski i wsp. 2002).

W poszczególnych latach badań oznaczono ponadto wybrane parametry jakościowe ziarna czyli zawartość białka i skrobi. Zdaniem Maciorowskiego i wsp. (2000) oraz Stankiewicz i wsp. (2000) zwiększenie nawożenia azotowego korzystnie wpływa na zawartość białka w ziarnie. Uzyskane relacje znalazły potwierdzenie w badaniach własnych (tab. 3). W przypadku zawartości skrobi istotne różnice odnotowano jedynie w pierwszym roku badań. Niezależnie od sposobu aplikacji retardanta (sam lub mieszanina) nie stwierdzono różnic w zawartości białka i skrobi w ziarnie jęczmienia jarego. Inny pogląd zamieścili Rajala i Peltonen-Sainio (2000) oraz Grijalva-Contreras i wsp. (2012) prowadząc badania z trineksapakiem etylu w pszenicy.

Wnioski / Conclusions

1. W większości ocenianych cech działanie trineksapaku etylu było niezależne od poziomu nawożenia azotowego.
2. W 2017 roku uzyskano interakcję pomiędzy badanymi czynnikami. Aplikacja mieszanin trineksapaku etylu z siarczanem amonu w warunkach niskiego nawożenia azotowego wpłynęła na zmniejszenie liczebności ziaren w kłosie. Analogiczne relacje odnotowano w wariantach, w którym zastosowano wyższą dawkę azotu (90 kg N/ha) oraz mieszaninę retardanta z adiuwantem AS 500 SL.
3. Dodanie siarczanu amonu lub preparatu AS 500 SL do cieczy opryskowej zawierającej obniżone dawki trineksapaku etylu polepszyło efektywność redukcji wysokości łanu jęczmienia jarego.
4. W warunkach niedoborów opadów, zwiększone nawożenie azotowe wpłynęło na wzrost rozkrzewienia produkcyjnego oraz plonowania rośliny uprawnej.
5. W 2016 roku w wyniku zastosowania pełnej dawki retardanta uzyskano istotne obniżenie MTZ oraz plonu ziarna w porównaniu do obiektu, w którym aplikowano obniżoną dawkę trineksapaku etylu.
6. Sposób aplikacji mieszanin retardanta nie miał istotnego wpływu na plon, obsadę źdźbeł kłosonośnych oraz parametry jakościowe ziarna w porównaniu do kontroli.
7. W obydwu sezonach wegetacyjnych zwiększenie dawki azotu wpłynęło na wzrost zawartości białka w ziarnie jęczmienia jarego.

Literatura / References

- Błażewicz J., Liszewski M. 2003. Ziarno jęczmienia nagiego odmiany Rastik jako surowiec do produkcji sładów typu pilznerskiego. [The grain of naked barley of Rastic cultivar as a raw material for malts of Pilznen type production]. *Acta Scientiarum Polonorum Technologia, Alimentaria* 2 (1): 63–74.
- Crook M.J., Ennos A.R. 1995. The effect of nitrogen and growth regulators on stem and root characteristic associated with lodging in two cultivars of winter wheat. *Journal of Experimental Botany* 46 (289): 931–938. DOI: 10.1093/jxb/46.8.931
- Dubas A., Duhr E. 1973. Stosowanie chlorku chlorocholiny (CCC) w uprawie żyta ozimego przy wzrastających dawkach nawozów azotowych. *Roczniki Nauk Rolniczych, Seria A* 99 (2): 7–18.
- Fatyg J., Chrzanowska-Drożdż B., Liszewski M. 1995. Wysokość i jakość plonów jęczmienia jarego pod wpływem różnych dawek azotu. *Zeszyty Naukowe Akademii Rolniczej we Wrocławiu* 278: 29–36.
- 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.
- Grijalva-Contreras R.L., Macías-Duarte R., Martínez-Díaz G., Robles-Contreras F., Nuñez-Ramírez F. 2012. Effects of trinexapac-ethyl on different wheat varieties under desert conditions of Mexico. *Agricultural Sciences* 3 (5): 658–662. DOI: 10.4236/as.2012.35079
- Kozdój J., Rozbicki 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. II. Nawożenie azotem. [The main stem ear development and contributions of the main and the lateran shoots to field of winter triticale (*X Triticosecale* Wittmack) as affected by agrotechnical factors. II. Nitrogen fertilization]. *Biuletyn Instytutu Hodowli i Aklimatyzacji Roślin* 203: 85–95.
- Leszczynska D., Noworolnik K. 1998. Reakcja odmian jęczmienia jarego na nawożenie azotem w warunkach kontrolowanych. *Pamiętnik Puławski* 112: 145–149.
- Liszewski M., Błażewicz J. 2001. Wpływ nawożenia azotem na wartość browarną jęczmienia odmian Rudzik i Brenda. Cz. I. *Zeszyty Naukowe Akademii Rolniczej we Wrocławiu, Technologia Żywności* 407: 91–100.
- Liszewski M., Chrzanowska-Drożdż B. 1995. Plonowanie jęczmienia jarego w zależności od przedplonu i nawożenia mineralnego. *Zeszyty Naukowe Akademii Rolniczej we Wrocławiu* 262: 93–100.
- 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. *Biuletyn Instytutu Hodowli i Aklimatyzacji Roślin* 215: 109–120.
- Matysiak K., Kaczmarek S. 2009. Wpływ regulatora wzrostu i rozwoju roślin trineksapak etylu oraz jego mieszaniny z chlorkiem chloromekwatu na dynamikę wzrostu i cechy morfologiczne roślin pszenżyta ozimego w zależności od poziomu nawożenia azotowego. [The influence of plant growth regulator trinexapac etyl and its mixture with chlorocholine chloride on growth and morphological traits of winter triticale depending on nitrogen fertilization dose]. *Folia Pomeranae Universitatis Technologiae Stetinensis, Agricultura, Alimentaria, Piscaria et Zootechnica* 274 (12): 27–38.
- Matysiak K., Kierzek R., Kaczmarek S. 2009. Wpływ regulatora wzrostu i rozwoju roślin trineksapak etylu oraz jego mieszaniny z chlorkiem chloromekwatu na cechy struktury plonu roślin pszenżyta ozimego w zależności od poziomu nawożenia azotowego. [The influence of plant growth regulator trinexapac etyl and its mixture with chlorocholine chloride on yield and components of winter triticale on nitrogen fertilization dose]. *Folia Pomeranae Universitatis Technologiae Stetinensis, Agricultura, Alimentaria, Piscaria et Zootechnica* 274 (12): 39–50.
- Miziniak W. 2012. Biologiczna aktywność retardantów wzrostu stosowanych z adiuwantem Slippa w uprawie jęczmienia jarego. [Biological activity of growth regulators used with adjuvant Slippa in spring barley crops]. *Progress in Plant Protection/Postępy w Ochronie Roślin* 52 (4): 909–912. DOI: 10.14199/ppp-2012-156
- Noworolnik K., Leszczynska D. 2000. Reakcja odmian jęczmienia jarego na poziom nawożenia azotem. *Biuletyn Instytutu Hodowli i Aklimatyzacji Roślin* 214: 163–166.
- Obolewica D., Ruza A. 2001. Change of growth length in winter wheat treated with agrochemicals. *Proceedings of the International Conference on Sustainable Agriculture in Baltic States, Estonia, Tartu, 28–30 June, 2001*: 151–155.
- Rajala A., Peltonen-Sainio P. 2000. Manipulating yield potential in cereals using plant growth regulators. s. 27–70. W: *Growth Regulators in Crop Production* (A.S. Basra, red.). Binhamton, New York, USA, Food Products Press.
- 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. [The main stem ear development and contributions of the main and the lateran shoots to field of winter triticale (*X Triticosecale* Wittmack) as affected by agrotechnical factors. III. Growth retardant]. *Biuletyn Instytutu Hodowli i Aklimatyzacji Roślin* 203: 97–103.
- Stachecki S., Praczyk T., Adamczewski K. 2004. Adjuvant effects on plant growth regulators in winter wheat. *Journal of Plant Protection Research* 44 (4): 365–371.
- Stankiewicz C., Starczewski J., Marczak B., Steć E., Mitrus J. 2000. Wpływ interakcji retardanta i nawożenia azotem na poziom i skład aminokwasowy białka w ziarnie pszenżyta ozimego. *Folia Universitatis Agriculture Stetinensis, Agricultura* 82 (206): 281–286.
- Starczewski J., Bombik A., Dopka D. 2002. Plonowanie i struktura plonu pszenżyta ozimego w zależności od nawożenia azotem i wybranych retardantów. [Yielding and components of winter triticale field in dependence on nitrogen fertilization and selected growth retardants]. *Folia Universitatis Agriculture Stetinensis, Agricultura* 91 (228): 147–154.
- Woolley E.W. 1991. Recent experience of timing of growth regulators on winter wheat. *The Conference BCPC – Weeds* 7C-10: 981–986.
- Zagonel J., Venancio W.S., Kunz R.P., Tanamati H. 2002. Nitrogen doses and plant densities with and without a growth regulator affecting wheat, cultivar OR-1. *Ciencia Rural* 32 (1): 25–29. DOI: 10.1590/S0103-84782002000100005