Fragm. Agron. 34(3) 2017, 119–129

WPŁYW AMINOKWASOWEGO BIOSTYMULATORA I NAWOZU MIKROELEMENTOWEGO STOSOWANYCH NALISTNIE NA PRODUKTYWNOŚĆ RZEPAKU OZIMEGO

Anna Wenda-Piesik[1], Maciej Kazek, Paulina Ropińska

Katedra Podstaw Produkcji Roślinnej i Doświadczalnictwa, Uniwersytet Technologiczno-Przyrodniczy w Bydgoszczy, ul. Ks. Kordeckiego 20E, 85-225 Bydgoszcz

Synopsis. Celem pracy było zbadanie wpływu nawożenia nalistnego biostymulatorem na bazie aminokwasów pochodzenia roślinnego Fylloton i nawozem mikroelementowym Perfektmikro w zróżnicowanych dawkach oraz fazach rozwojowych na wzrost, rozwój i plonowanie rzepaku ozimego. W tym celu wykonano ścisłe doświadczenie wazonowe i polowe. W obydwu przypadkach wysiano rzepak ozimy odmiany 'Poznaniak'. W dwóch sezonach wegetacyjnych 2011/2012 i 2012/2013 w Stacji Badawczej Wydziału Rolnictwa i Biotechnologii Uniwersytetu Technologiczno-Przyrodniczego w Mochełku, gmina Sicienko przeprowadzono doświadczenie polowe jednoczynnikowe w trzech powtórzeniach w układzie bloków losowanych. Zakres pomiarów na roślinie i w łanie rzepaku ozimego obejmował: obsadę po wschodach, obsadę na wiosnę, przezimowanie, obsadę do zbioru, liczbę rozgałęzień na roślinie, LAI w fazie BBCH 67, wysokość łanu, liczbę łuszczyn na roślinie, liczbę nasion w łuszczynie, świeżą masę części nadziemnej, masę tysiąca nasion, plon nasion przy wilgotności 7,5% oraz indeks zbioru HI. Doświadczenie wazonowe prowadzono w tunelu foliowym w warunkach kontrolowanej wilgotności gleby, a szczegółowe pomiary dotyczyły: wysokości pędu w fazie BBCH 33, średnicy szyjki korzeniowej w fazie BBCH 57, liczby pąków na pędzie oraz długości okresu pomiędzy zastosowaniem preparatów a pąkowaniem (tj. BBCH 25–57). Najwyższe efekty plonotwórcze rzepak ozimy 'Poznaniak' uzyskał po zastosowaniu Perfektmikro w dawce 2 $l \cdot ha^{-1}$ w fazie 5 pędów bocznych i Fyllotonu w dawce 1 $l \cdot ha^{-1}$ wraz z ochroną insektycydową na chowacze lub (oraz) z drugą dawką Fyllotonu w dawce 1,5 $l \cdot ha^{-1}$ wraz z ochroną insektycydową na słodyszka rzepakowego.

Słowa kluczowe: rzepak ozimy, nalistne dokarmianie, biostymulacja aminokwasami, nawożenie mikroelementami, produktywność

WSTĘP

Kapusta rzepak (*Brassica napus* L., var. oleifera) to gatunek należący do rodziny kapustowatych (*Brassicaceae*), uprawiane są jego dwie formy botaniczne: jara i ozima. Nasiona rzepaku w zależności od odmiany i formy zawierają około 20% białka pastewnego oraz od 43 do 49% tłuszczu [Budzyński 2010, Sienkiewcz-Cholewa i Stanisławska-Glubiak 2007]. Rzepak należy do głównych roślin oleistych uprawianych na świecie. W Europie największy areał upraw odnotowuje się we Francji, Niemczech, Polsce i Wielkiej Brytanii [Cai i in. 2014, Sarec i in. 2002, Schmidt i in. 1999, Sienkiewicz-Cholewa 2001]. Światowe zbiory nasion rzepaku sięgają 67 mln ton, z tego około 19 mln ton produkują kraje Unii Europejskiej. Produkcja nasion w Polsce wynosi około 2–2,4 mln ton. W latach 2010–2012 nastąpił wzrost krajowej powierzchni uprawy rzepaku o 17,5%. Jak podaje Główny Urząd Statystyczny (GUS) rzepak

[1] Adres do korespondencji – *corresponding address*: apiesik@utp.edu.pl

ozimy w Polsce uprawiany jest na około 750–930 tys. ha, co daje trzecie miejsce wśród krajów europejskich [Kościelniak i in. 2012]. Zwiększenie produkcji rzepaku w Polsce i na świecie wynika z jego rosnącego znaczenia jako rośliny energetycznej, konsumpcyjnej, paszowej oraz prośrodowiskowej [Bartkowiak-Broda 1998].

Rzepak jest rośliną o bardzo wysokich wymaganiach pokarmowych a jego zapotrzebowanie na makroskładniki, niezbędne do wyprodukowania 1 tony nasion wynosi: 45 kg N, 20 kg P_2O_5, 50 kg K_2O, 12,5 kg MgO i 12,5 kg S [Barłóg i Grzebisz 2004, Gaj i in. 2008]. Zastosowanie makroskładników przyczynia się do prawidłowego wzrostu roślin i wysokiego plonu nasion, jednakże istotny wpływ mają również mikroskładniki. Szczególnie korzystne jest dostarczanie roślinie mikroskładników w formie nalistnej [Szewczuk 2003]. Mikroelementy warunkują przebieg zasadniczych procesów życiowych. Pełnią funkcję biokatalizatorów, które biorą udział w pobudzaniu przemian enzymatycznych. Mikroskładniki aktywują witaminy i substancje wzrostowe oraz uczestniczą w biosyntezie. Mają również wpływ na przebieg kwitnienia i zawiązywania owoców oraz wzmacniają odporność roślin na stresowe czynniki środowiska. Do najważniejszych mikroskładników w nawożeniu rzepaku zalicza się: bor, cynk, mangan, miedź i molibden. Aby jego wzrost i rozwój przebiegał prawidłowo niezbędnym jest około: 150 g $B \cdot ha^{-1}$, 500 g $Zn \cdot ha^{-1}$, 270 g $Mn \cdot ha^{-1}$, 50 g $Cu \cdot ha^{-1}$, 4 g $Mo \cdot ha^{-1}$ [Sienkiewicz-Cholewa i Stanisławska-Glubiak 2007]. Rosnący wpływ stosowania mikroskładników w nawożeniu jest skutkiem m.in. zbyt małej ich ilości w roślinach oraz wzrostu udziału gleb o ograniczonej zawartości przyswajalnych składników. Następnym ważnym elementem jest wyższy poziom uzyskiwanych plonów, co przyczynia się do zwiększonego pobierania mikroelementów przez rośliny [Czuba 1995].

W integrowanej produkcji polowej rzepaku wykorzystuje się wiele typów biostymulantów. Wśród stymulatorów wzrostu i rozwoju roślin uprawnych, które mogą być stosowane również w rzepaku wyróżnia się ekstrakty z alg morskich*: Kappaphycus alvarezii, Ecklonia maxima, Laminaria digitata, Ascophyllum nodosum, Laminaria hyperborea, Durvillea potatorum, Fucus vesiculosus i Fucus serratus* [Kocira i in. 2013]. Środki te, stosowane w niewielkich ilościach, pobudzają procesy przemiany materii oraz syntezę naturalnych hormonów, niekiedy zwiększają ich aktywność, usprawniając pobieranie składników mineralnych, intensyfikują podziały komórkowe, w szczególności zwiększają wzrost i rozwój rośliny. Dzięki temu powodują zwiększenie odporności na niekorzystne warunki środowiska i uodparniają rośliny na abiotyczne czynniki stresowe [Kocira 2016, Złotek i Wójcik 2014, Zodape i in. 2010]. Biostymulator Asahi SL zawierający trzy komponenty na bazie fenoli, jest wykorzystywany w uprawie rzepaku ozimego w warunkach stresowych, wynikających z warunków pogodowych (gradobicie, susza, mróz). Ponadto, Asahi SL chroni rzepak przed niedoborami wody na wiosnę, wpływa na zwiększenie ilości rozgałęzień i masę 1000 nasion, co ma bezpośrednie przełożenie na plon (9–19% zwyżki) [Malarz i in. 2008]. Aminokwas L-prolina, który jest wykorzystywany jako biostymulator, oprócz działania osmolitycznego, wykazuje potrójne działanie w ograniczaniu stresu u roślin, tj. pełni rolę chelatora metali, cząsteczki obrony antyoksydacyjnej oraz cząsteczki sygnałowej [Hayat i in. 2012]. Największą zaletą wymienionych preparatów jest bezpieczeństwo w stosowaniu oraz brak destrukcyjnego oddziaływania na środowisko i konsumentów spożywających produkty roślinne [Kocira 2016, Złotek i Wójcik 2014, Zodape i in. 2010].

Na podstawie wiedzy dotyczącej badanego problemu założono, że poprzez zastosowanie biostymulatora na bazie naturalnych aminokwasów Fylloton i nawozu nalistnego Perfektmikro a zwłaszcza ich interakcyjnego oddziaływania, możliwe jest zwiększenie plonowania rzepaku ozimego.

W związku z wprowadzaniem na rynek coraz nowszych, innowacyjnych środków odżywiających i zwiększających zdolności plonotwórcze roślin, wydaje się celowym podjęcie ba-

dań, z zakresu określenia wpływu biostymulatora Fylloton i nawozu nalistnego Perfektmikro (w różnych wariantach stosowania) na wzrost, rozwój i plonowanie rzepaku ozimego.

MATERIAŁY I METODY

Dane faktograficzne do niniejszego opracowania pochodzą z dwóch doświadczeń:

A. Doświadczenie wazonowe.

W tunelu foliowym należącym do Stacji Doświadczalnej w Mochełku w roku 2011, w warunkach kontrolowanej wilgotności gleby na poziomie 60% polowej pojemności wodnej, w wazonach Kocha o pojemności 2,5 l wypełnionych ziemią pochodzącą z pola, wysiano rzepak ozimy odmiany 'Poznaniak'. Obsadę po wschodach wyrównano do 5 roślin na wazon. Zastosowano po 10 wazonów na każdy wariant, tj. kontrolę wodną, bez biostymulatora i bez nawożenia mikroelementowego, Fylloton – w fazie 5 pędów bocznych, BBCH 25 w dawce odpowiadającej 2 $l \cdot ha^{-1}$, Perfektmikro – w fazie BBCH 25 w dawce odpowiadającej 2 $l \cdot ha^{-1}$. Celem badań było określenie reakcji roślin rzepaku na zastosowane środki, a szczegółowe pomiary dotyczyły: wysokości pędu w fazie BBCH 33, średnicy szyjki korzeniowej w fazie BBCH 57, liczby pąków na pędzie oraz długości okresu pomiędzy zastosowaniem preparatów a pąkowaniem (tj. BBCH 25–57). Doświadczenie miało charakter doświadczenia pilotażowego. Dane dla 4 cech rzepaku pochodzące z pomiarów opracowano statystycznie metodą analizy wariancji jak dla doświadczenia jednoczynnikowego z 3 obiektami w 10 powtórzeniach w układzie całkowicie losowym.

B. Doświadczenie polowe.

W dwóch sezonach wegetacyjnych 2011/2012 i 2012/2013 w Stacji Badawczej Wydziału Rolnictwa i Biotechnologii Uniwersytetu Technologiczno-Przyrodniczego w Mochełku (53°12′ N, 18°01′ E), gmina Sicienko przeprowadzono doświadczenie polowe jednoczynnikowe w trzech powtórzeniach w układzie bloków losowanych.

Rzepak ozimy uprawiany był na glebie sklasyfikowanej jako *Alfisol* na piasku gliniastym, klasy bonitacyjnej IVa, o uregulowanym pH 6,5, w stanowisku po pszenicy. Rzepak mieszańcowy odmiany 'Poznaniak' został wysiany w ilości zapewniającej obsadę po wschodach 50 $szt. \cdot m^{-2}$. Zastosowano nawożenie podstawowe w ilości: 185 kg $N \cdot ha^{-1}$, 70 kg $P_2O_5 \cdot ha^{-1}$, 100 kg $K_2O \cdot ha^{-1}$, 30 kg $S \cdot ha^{-1}$. Po siewie rzepaku ozimego zastosowano herbicyd Butisan Star (s.a. metazachlor, dimetenamid-P, chinomerak) 416 SC w dawce 3 $l \cdot ha^{-1}$. Na wszystkich obiektach przeprowadzono standardową ochronę insektycydową. Przeciwko chowaczowi brukwiaczkowi i czterozębnemu zastosowano preparat Proteus (s.a. tiachlopryd, deltametryna) 110 OD w dwóch terminach BBCH 33–39 i BBCH 50, każdorazowo w ilości 0,75 $l \cdot ha^{-1}$. W fazie BBCH 52–59 przeprowadzono zabieg ochronny przeciwko słodyszkowi rzepakowemu i pryszczarkowi kapustnikowemu insektycydem Mospilan (s.a. acetamipryd) 20 SP w dawce 125 $g \cdot ha^{-1}$.

W celu ograniczenia pękania łuszczyn i osypywania się nasion przed zbiorem zastosowano NuFilm (s.a. di-1-P-menten) 96 EC w fazie BBCH 86 w ilości 0,7 $l \cdot ha^{-1}$. Przed zbiorem dokonano desykacji herbicydem Roundup (s.a. glifosat) w ilości 3 $l \cdot ha^{-1}$. Zbiór rzepaku został przeprowadzony w trzeciej dekadzie lipca 2012 i 2013 roku, jednoetapowo kombajnem poletkowym. Po zbiorze oceniono plon nasion przy wilgotności 7,5%.

Czynnikiem w doświadczeniu była kombinacja aplikacji Fyllotonu i Perfektmikro w trzech fazach rozwojowych rzepaku ozimego oraz dawkach. Przyjęto następujące obiekty doświadczalne (wraz ze skrótami):

1. Kontrola wodna – brak preparatów Fylloton oraz Perfektmikro.
2. Perfektmikro w fazie uformowanych 5 pędów bocznych BBCH 25 w dawce 2 l·ha^{-1} – P25.
3. Fylloton w fazie BBCH 25 w dawce 1,5 l·ha^{-1} – F25.
4. Fylloton w fazie wydłużania pędu głównego do 9 międzywęźli BBCH 39, razem z 1 zabiegiem ochronnym przeciwko szkodnikom, w dawce 1 l·ha^{-1} – F39.
5. Fylloton w fazie rozwoju pąków kwiatowych BBCH 52, razem z 2 zabiegiem ochronnym przeciwko szkodnikom, w dawce 1,5 l·ha^{-1} – F52.
6. Perfektmikro w fazie BBCH 25 w dawce 2 l·ha^{-1} + Fylloton w fazie BBCH 39, razem z 1 zabiegiem ochronnym przeciwko szkodnikom w dawce 1 l·ha^{-1} – P25F39.
7. Perfektmikro w fazie BBCH 25 w dawce 2 l·ha^{-1} + Fylloton w fazie BBCH 52, razem z 2 zabiegiem ochronnym przeciwko szkodnikom w dawce 1,5 l·ha^{-1} – P25F52.
8. Perfektmikro w fazie BBCH 25 w dawce 2 l·ha^{-1} + Fylloton w fazie BBCH 39, razem z 1 zabiegiem ochronnym przeciwko szkodnikom w dawce 1 l·ha^{-1} + Fylloton w fazie BBCH 52, razem z 2 zabiegiem ochronnym przeciwko szkodnikom, w dawce 1,5 l·ha^{-1} – P25F39F52.

Zakres pomiarów na roślinie i w łanie rzepaku ozimego obejmował: obsadę po wschodach (szt.·m^{-2}), obsadę na wiosnę (szt.·m^{-2}), przezimowanie (%), obsadę do zbioru (szt.·m^{-2}), liczbę rozgałęzień na roślinie, LAI w fazie BBCH 67, wysokość łanu (cm), liczbę łuszczyn na roślinie, liczbę nasion w łuszczynie, świeżą masę części nadziemnej (g), masę tysiąca nasion MTN (g), plon nasion przy wilgotności 7,5% oraz indeks zbioru HI.

Perfektmikro – EDTA + N (ADOB) jest nawozem nalistnym w skład którego wchodzą: azot 7,46%, mangan EDTA 2,44%, miedź EDTA 2,00%, cynk EDTA 2,00% i żelazo EDTA 0,35% oraz molibden 0,54% i bor 0,50%. Zalecana przez producenta dawka dla rzepaku ozimego wynosi do 3,0 l·ha^{-1}.

Fylloton (Biolchim) to handlowa nazwa aktywatora wzrostu wegetatywnego opartego na aminokwasach pochodzenia roślinnego i ekstraktach z morskich alg brunatnych (*Ascophyllum nodosum*). Zawiera on wolne aminokwasy pochodzenia roślinnego uzyskane w wyniku hydrolizy enzymatycznej [Kocira i in. 2015, Norouzpour i Abad 2013]. W jego skład wchodzi 19 aminokwasów o następującej zawartości: alanina 3,89%, glicyna 10,08%, seryna 4,85%, walina 3,52%, arginina 2,09%, cysteina 1,46%, histydyna 1,67%, lizyna 4,39%, metionina 1,72%, fenyloalanina 3,47%, tyrozyna 3,31%, prolina 1,47%, treonina 4,77%, tryptofan 0,87%, leucyna 5,98%, izoleucyna 3,68%, hydroksyprolina 4,39%, kwas glutaminowy 25,39%, kwas asparginowy 13,00%. Zalecana przez producenta dawka dla rzepaku 1,5–2,0 l·ha^{-1}.

Dane dotyczące pomiarów biometrycznych roślin i łanu rzepaku ozimego sprawdzono pod względem normalności rozkładu za pomocą testu Shapiro-Wilka. W celu weryfikacji hipotez o braku wpływu badanego czynnika na poszczególne cechy rzepaku zastosowano analizę wariancji w ujęciu syntezy dwuletniej, w modelu stałym, ze względu na dużą powtarzalność wyników w obydwu latach badań. Istotne efekty dla czynnika zostały przetestowane na poszczególnych poziomach z wykorzystaniem NIR według testu HSD Tukeya, przy poziomie błędu p=0,05. Osiem cech, które okazały się mieć zróżnicowanie pomiędzy obiektami doświadczalnymi zostało poddanych korelacji liniowej (r-Pearsona) w celu wykazania współzależności pomiędzy nimi. Do grupowania obiektów doświadczalnych pod względem ośmiu cech istotnie się różnicujących wykorzystano metodę k-średnich oraz analizę wariancji ze zmienną grupującą. Uzyskując 3 grupy obiektów, istotność różnic pomiędzy średnimi dla poszczególnych cech obliczono za pomocą testu HSD Tukeya. Obliczeń dokonano w programie Statistica 12.5 PL, StatSoft.

WYNIKI I DYSKUSJA

W przeprowadzonym doświadczeniu wazonowym (w 2011 roku) (doświadczenie A) odnotowano istotny wpływ stosowania preparatu Fylloton oraz Perfektmikro w fazie 5 pąków bocznych na wzrost wysokości pędu głównego w fazie 3 międzywęźli. W obu przypadkach wysokość pędu zwiększyła się o odpowiednio 89 i 65% (tab. 1). W krajach europejskich, w tym także w Polsce, gdzie rzepak jest wysiewany pod koniec lata, rośliny produkują bardzo dużą biomasę i około 5 tysięcy zawiązków kwiatowych na stożku wzrostu podczas kryptogenezy. Z tej ogromnej ilości zawiązuje się około 300–500 pąków, a łuszczyn około 200 [Sova i in. 1998]. Oba rozpatrywane preparaty nie wpłynęły na liczbę zamkniętych pąków kwiatowych liczonych w fazie BBCH 57, miały za to istotny wpływ na skrócenie okresu pomiędzy fazą tzw. ruszenia wegetacji wiosennej BBCH 25 a BBCH 57. Najbardziej skrócił się ten okres po zastosowaniu środka Fylloton (20 ± 1 dni) (tab. 1). Jednocześnie szyjka korzeniowa roślin po zastosowaniu Fyllotonu miała istotnie mniejszą średnicę (o 0,1 cm) niż w kontroli i po zastosowaniu Perfektmikro (tab. 1). Można to tłumaczyć tym, że przyspieszony rozwój generatywny odbył się kosztem rozbudowy szyjki korzeniowej na pędzie głównym.

Tabela 1. Charakterystyka roślin rzepaku po zastosowaniu aminokwasów i mikroelementów. Wyniki z doświadczenia wazonowego. Średnia ± s_e.

Table 1. Characteristics of rape plant after amino acids and microelements application. The results from pot experiment. Mean ± s_e.

Obiekt Treatment	Charakterystyka - Characteristic			
	Wysokość pędu Stem height (cm) BBCH 33	Średnica szyjki korzeniowej Root collar diameter (cm) BBCH 57	Liczba pąków kwiatowych No. of flower buds BBCH 57	Liczba dni pomiędzy No of days between BBCH 25–57
Kontrola Control	11.3 ± 1.12 b	0.71 ± 0.08 a	27 ± 2.5 a	28 ± 2 a
Fylloton	21.4 ± 2.32 a	0.61 ± 0.12 b	24 ± 2.0 a	20 ± 1 c
Perfektmikro	18.7 ± 1.89 a	0.72 ± 0.11 a	28 ± 1.5 a	24 ± 1 b

[#]- Różne litery w kolumnach oznaczają niejednorodne grupy według testu HSD Tukeya przy p=0,05. [#] - The various letters in columns indicate heterogenous groups according to HSD Tukey' test at p=0.05

Podczas doświadczenia polowego (doświadczenie B) prowadzonego w sezonach wegetacyjnych 2011/2012 i 2012/2013 przezimowanie rzepaku było wysokie (w zakresie 60,0–68,5%). Aby uzyskać ideotyp, tzn. model idealnego łanu, należy uwzględniać wszystkie elementy plonu zarówno pierwszorzędne jak i drugorzędne [Diepenbrock i Grosse 1995]. Według Diepenbrocka [2000] obsada roślin jest pierwszorzędnym elementem struktury, który reguluje pozostałe elementy plonu, a tym samym wydajność poszczególnych roślin. Jednorodna dystrybucja roślin na jednostce powierzchni jest warunkiem wstępnym dla stabilności plonu, bowiem, jak wskazują wyniki wcześniejszych prac, rośliny są wówczas mniej narażone na stresy środowiskowe [Sierts i in. 1987]. Zakładana w badaniach własnych obsada roślin rzepaku do wysiewu wynosiła 50 szt.·m^{-2} dla odmiany mieszańcowej 'Poznaniak', zgodnie z zaleceniami hodowcy. Wschody uzyskiwano bardzo wyrównane, co miało odzwierciedlenie w wyrównanej obsadzie roślin na wiosnę (27,0–30,0 szt.·m^{-2}) pomiędzy obiektami doświadczenia (tab. 2). Hara-

Tabela 2. Wpływ nawozu mikroelementowego i aminokwasów na cechy wegetatywne rzepaku ozimego. Dane z doświadczenia polowego prowadzonego w sezonach 2011/2012 i 2012/2013 Średnia± s_e.

Table 2. Effect of microelements and amino acids on the vegetal characteristics of winter rape. Field trial from 2011/2012 and 2012/2013. Mean ± s_e.

Obiekt Treatment	Przezimowanie Winter hardiness (%)	Obsada wiosenna Spring density (szt.–pcs·m^{-2})	Liczba rozgałęzień No. of branches (per plant)	LAI (środek/ central) BBCH 67	Wysokość łanu Canopy height (cm)	Świeża masa rośliny Fresh weight (g)
	1	2	3	4	5	6
Kontrola/Control	65,5 ± 5,5	29,5 ± 1,9	5,5 ± 2,4 b	2,2 ± 0,1 b	115,2 ± 1,8 b	182 ± 14,6 b
P25	66,5 ± 6,5	26,5 ± 1,5	8,5 ± 2,5 a	3,5 ± 0,3 a	128,2 ± 3,7 ab	255 ± 11,2 a
F25	68,5 ± 7,5	28,5 ± 2,5	7,5 ± 3,5 a	3,4 ± 0,3 a	130,1 ± 2,2 ab	252 ± 10,3 a
F39	67,0 ± 5,0	27,0 ± 1,8	8,0 ± 4,5 a	3,4 ± 0,2 a	138,1 ± 1,2 a	262 ± 12,5 a
F52	67,0 ± 6,0	27,0 ± 1,6	5,0± 3,4 b	2,8 ± 0,2 ab	128,2 ± 1,3 ab	224 ± 13,3 a
P25F39	60,0 ± 5,0	30,0 ± 2,0	8,5 ± 4,6 a	3,1 ± 0,3 a	128,5 ± 2,2 ab	216 ± 10,7 a
P25F52	62,0 ± 6,0	32,0 ± 1,7	9,0 ± 3,2 a	3,3 ± 0,4 a	131,2 ± 1,1 ab	226 ± 11,9 a
P25F39F52	62,0 ± 5,0	32,0 ± 2,2	9,5 ± 2,4 a	3,5 ± 0,2 a	134,5 ± 2,0 a	259 ± 9,5 a
$F_{(7;28)}$ p-value	F = 1,15 p = 0,36	F = 1,71 p = 0,15	F = 4,98 p< 0,001	F =5,85 p <0,001	F = 3,05 p = 0,016	F = 2,83 p = 0,023

Objaśnienia – patrz Tabela 1, Explanations – see Table 1

simowicz-Hermann i Borowska [2006] wykazały, iż biostymulator Asahi SL przyczynił się do zwiększenia liczby rozgałęzień bocznych na rzepaku ozimym o 46%. Stosowanie preparatu Perfektmikro i/lub Fyllotonu wpłynęło pozytywnie na zwiększenie liczby rozgałęzień (od 36 do 72% w porównaniu z kontrolą) w przypadku roślin uprawianych na wszystkich obiektach, za wyjątkiem Fyllotonu stosowanego na pąk kwiatowy (F52), co jest uzasadnione, gdyż w tej fazie rozgałęzienia były już ukształtowane. Analogiczne rezultaty odnotowano w przypadku wskaźnika pokrycia liściowego; jego wartość w odniesieniu do kontroli zwiększyła się istotnie na wszystkich obiektach (o 0,9–1,3) z wyłączeniem F52 (tab. 2). Stosowanie biostymulatora i nawozu nalistnego miało także wpływ na zwiększenie wysokości łanu rzepaku, szczególnie w przypadku zastosowania Fyllotonu w fazie 9 międzywęźli na pędzie głównym (F39) o 20% w stosunku do kontroli i w kombinacji Perfektmikro na ruszenie wegetacji i podwójnej aplikacji Fyllotonu (P25F39F52) o 17%. We wszystkich rozpatrywanych obiektach uzyskano istotne zwiększenie świeżej masy rośliny, w zakresie od 19% (P25F39) do 44% (F39) w porównaniu do kontroli (tab. 2). Zdaniem Jankowskiego i in. [2012] wielkość plonu rzepaku ozimego jest cechą związaną z obsadą roślin, liczbą łuszczyn, liczbą nasion w łuszczynach oraz masą 1000 nasion. Badania Matysiak i in. [2012] potwierdziły, że aplikacja środków biostymulujących KelpakSL i Asahi SL zasadniczo zwiększyła (o 40%) liczbę nasion w łuszczynach. Stosowanie biostymulatora i nawozu nalistnego w badaniach własnych nie wpływało na wielkość obsady roślin do zbioru oraz na liczbę nasion w łuszczynie. Według Diepenbrocka [2000] liczba nasion w łuszczynie dodatnio jest skorelowana z długością łuszczyny i jest to cecha, która pośrednio decyduje o produktywności rzepaku. Zdaniem Kocoń [2009] kluczowym elemen-

tem struktury plonu rzepaku jest liczba łuszczyn na roślinie, która wiąże się z efektywnością nalistnego dokarmiania rzepaku ozimego w warunkach optymalnego nawożenia i wilgotności gleby. Podwójne aplikacje preparatu Perfektmikro w fazie BBCH 25 i Fyllotonu w BBCH 39 lub 52 oraz potrójna, gdy Fylloton zastosowano w obu fazach, w istotny sposób wpłynęły na zwiększenie liczby łuszczyn na roślinach rzepaku oraz na masę 1000 nasion (tab. 3). To zna-

Tabela 3. Wpływ nawozu mikroelementowego i aminokwasów na plon i elementy plonu rzepaku ozimego. Dane z doświadczenia polowego prowadzonego w sezonach 2011/2012 i 2012/2013 Średnia± s_e.

Table 3. Effect of microelements and amino acids on the yield and yield structure. Field trial from 2011/2012 and 2012/2013. Mean ± s_e.

Obiekt Treatment	Obsada do zbioru Harvested stems (szt.–pcs·m^{-2})	Liczba łuszczyn na roślinie N. of pods per plant	Liczba nasion w łuszczynie N. of seed per pod	MTN TSW (g)	Index zbioru HI	Plon Yield (t·ha^{-1})
	7	8	9	10	11	12
Kontrola/Control	23,5 ± 1,19	215 ± 8,2 c	27,5± 2,3	6,52 ± 0,12 bc	0,37 ± 0,02 b	4,15 ± 0,47 b
P25	26,5 ± 0,50	246 ± 7,0 b	28,5± 3,1	6,58 ± 0,14 b	0,38 ± 0,01 b	4,23 ± 0,45 b
F25	28,5 ± 0,50	248 ± 7,1 b	26,4± 3,5	6,48 ± 0,13 c	0,39 ± 0,02 b	4,25 ± 0,51 b
F39	27,0 ± 1,00	240 ± 13,0 b	29,1± 2,4	6,55 ± 0,14 b	0,39 ± 0,03 b	4,20 ± 0,41 b
F52	27,0 ± 0,60	218 ± 12,0 c	28,6± 3,1	6,45 ± 0,24 c	0,36 ± 0,02 b	4,18 ± 0,43 b
P25F39	25,0 ± 2,00	266 ± 10,4 a	28,6± 2,5	6,85± 0,21 a	0,42 ± 0,04 a	4,85 ± 0,42 a
P25F52	25,0 ± 1,00	272 ± 9,2 a	29,5± 2,4	6,75± 0,18 a	0,41 ± 0,03 a	4,88 ± 0,44 a
P25F39F52	22,0 ± 2,00	262 ± 9,1 a	28,5± 2,6	6,77± 0,16 a	0,41 ± 0,02 a	4,75 ± 0,46 a
$F_{(7;28)}$ p-value	F = 1,70 p = 0,15	F = 4,75 p = 0,001	F = 1,63 p = 0,17	F = 3,52 p = 0,008	F = 4,16 p = 0,003	F = 4,16 p = 0,003

Objaśnienia – patrz Tabela 1, Explanations – see Table 1

lazło potwierdzenie w badaniach własnych, gdyż liczba łuszczyn na roślinie osiągnęła wzrost w obiektach P25F39, P25F52 i P25F39F52 od 22 do 27% w stosunku do kontroli. Podobny efekt był dla dorodności nasion, gdzie stwierdzono odpowiedni wzrost masy tysiąca nasion o 4–5%. Plon biologiczny rzepaku jest mierzony całkowitą biomasą, natomiast plon ekonomiczny to plon nasion rzepaku jako użytkowanej ekonomicznie części roślin [Diepenbrock 2000]. Indeks zbioru (HI – ang. *harvest index*) to relacja pomiędzy tymi dwoma plonami, a więc proporcja suchej masy nasion do suchej masy części nadziemnej rośliny. W niniejszych badaniach plon nasion i biomasa nadziemna mierzona była dla jednakowej zawartości suchej masy, tj. 87%, w g na roślinę. Analogicznie, dla obiektów P25F39, P25F52 i P25F39F52 odnotowano wzrost wartości indeksu zbioru (wyższy o 0,04–0,05) oraz zwiększenie plonowania (od 15 do 18%) w porównaniu do obiektu kontrolnego (tab. 3). Pomiędzy wskaźnikiem pokrycia liściowego a wysokością łanu rzepaku stwierdzono istotną dodatnią zależność (r = 0,86), podobnie pomiędzy LAI i świeżą masą rośliny (r = 0,85) oraz LAI i liczbą rozgałęzień na roślinie rzepa-

ku (r = 0,81). Wzrost liczby łuszczyn powodował istotny wzrost plonu nasion (r = 0,87) oraz w jeszcze większym stopniu wzrost indeksu zbioru (r = 0,94). Podobne zależności, istotne dodatnie stwierdzono pomiędzy MTN a plonem oraz indeksem zbioru (tab. 4). Rzepak ozimy różnie reaguje na preparaty biostymulujące zaaplikowane w różnych terminach. Budzyński i in. [2008] udowodnili wpływ każdorazowej dawki biostymulatora Asahi SL na wzrost plonu nasion; jedna aplikacja preparatu spowodowała wzrost plonu nasion o 3%, a dwukrotna o 5%. Matysiak i in. [2012] z kolei, ocenili skuteczność środków Kelpak SL i Asahi SL w fazie BBCH 28–30, które przyczyniły się do wzrostu potencjału plonotwórczego nasion o ok. 25% w stosunku do obiektu kontrolnego. Jednak ci sami autorzy dowiedli, że pojedyncza dawka zastosowanej substancji stymulującej Kelpak SL spowodowała wzrost plonowania roślin o 12%, a podwójna dawka o 10%, w stosunku do kontroli. Podobnie w badaniach własnych, podwójna dawka Fyllotonu nie zwiększyła plonu nasion w porównaniu do pojedynczej.

Tabela 4. Współczynniki korelacji (*r*-Pearsona, n = 8) pomiędzy cechami roślin i łanu rzepaku ozimego będących pod istotnym wpływem badanych preparatów
Table 4. Coefficients of correlation (*r*-Pearson, n = 8) between characteristics of rape plant and rape crop under significant treatments

Cecha (N.) Characteristic	Średnia Mean	3	4	5	6	8	10	11
3	7,69	–						
4	3,15	0,81*						
5	129,3	0,62	0,85*					
6	234,5	0,58	0,92*	0,86*				
8	245,9	0,92*	0,70	0,54	0,39			
10	6,62	0,75*	0,31	0,25	0,01	0,83*		
11	0,39	0,85*	0,52	0,45	0,23	0,94*	0,91*	
12	44,4	0,70	0,33	0,29	0,10	0,87*	0,94*	0,90*

* oznaczają wartości *r* istotne przy *p*=0,05/indicate significant *r* value at *p*=0.05

Na podstawie grupowania metodą k-średnich wszystkich badanych obiektów uzyskano przejrzystą strukturę w odniesieniu do cech rzepaku, które istotnie różnicowały się pod wpływem badanych preparatów. Grupa skupiająca obiekty o podwójnym i potrójnym stosowaniu kombinacji Perfektmikro i Fyllotonu (P25F39, P25F52 i P25F39F52) była najlepsza pod względem plonowania i cech plonotwórczych rzepaku ozimego. Wzrost plonu nasion u odmian mieszańcowych jest wynikiem tworzenia przede wszystkim większej liczby rozgałęzień na roślinie i lepszego zawiązywania łuszczyn [Wielebski i in. 2002]. W omawianych badaniach, badane preparaty przyczyniły się do wzrostu tych cech plonotwórczych rzepaku (tab. 5). Do najistotniejszych cech roślin i łanu, mających wpływ na powyższe można zaliczyć przede wszystkim: wielkość plonu (F = 167,6), liczbę łuszczyn na roślinie (F = 84,2), wartość indeksu zbioru (F = 39,6) oraz liczbę rozgałęzień (F = 38,5). Najgorszą pod kątem plonowania i cech go charakteryzujących okazała się grupa pierwsza (kontrola i obiekt F52). W skład grupy drugiej weszły

Tabela 5. Grupowanie obiektów doświadczalnych na podstawie cech roślin i łanu rzepaku ozimego
Table 5. Grouping of treatments based on the characteristics of rape plants and rape crops

Cecha Characteristic	Grupa 1/Cluster 1 (Kontrola/Control) F52	Grupa 2/Cluster 2 P25, F25, F39	Grupa 3/Cluster 3 P25F39, P25F52, P25F39F52	$F_{(2;5)}$
Liczba rozgałęzień N. of branches (per plant)	5,25 ± 0,25 C[#]	8,0 ± 0,29 B	9,0 ± 0,29 A	38,5***
LAI	2,50 ± 0,30 B	3,43 ± 0,03 A	3,30 ± 0,12 A	10,8*
Wysokość łanu/Canopy height (cm)	121,7 ± 6,50	132,1 ± 3,03	131,4 ± 1,73	2,42ns
Świeża masa rośliny/Fresh weight (g)	203,0 ± 21,0 B	256,3 ± 2,96 A	233,7 ± 12,9 AB	5,48*
Liczba łuszczyn na roślinie/ N. of pods per plant	216,5 ± 1,50 C	244,7 ± 2,41 B	266,7 ± 2,91 A	84,2***
MTN/TSW (g)	6,48 ± 0,04 B	6,56 ± 0,03 B	6,79 ± 0,03 A	27,0**
Index zbioru/HI	0,36 ± 0,01 C	0,39 ± 0,00 B	0,41 ± 0,00 A	39,6***
Plon/Yield (t·ha^{-1})	4,16 ± 0,15 B	4,23 ± 0,14 B	4,83 ± 0,39 A	167,6***

[#]- Różne litery w rzędach oznaczają niejednorodne grupy według testu HSD Tukeya przy p=0,05 / The various letters in rows indicate heterogenous groups according to HSD Tukey' test at p=0.05
* Istotne dla p=0,05/Significant at p=0.05; ** p=0,01/at p=0.01; ***p=0,001/at p=0.001; *ns* – nieistotne/not significant

z kolei obiekty P25, F25 i F39, charakteryzujące się stosowaniem tylko jednego zanalizowanych środków (Perfektmikro lub Fylloton) w różnych dawkach. Cechowały się one istotnie większą liczbą rozgałęzień i łuszczyn, wyższą wartością wskaźnika pokrycia liściowego i indeksu zbioru oraz większą świeżą masą roślin w porównaniu do obiektów sklasyfikowanych w grupie 1 (tab. 5).

WNIOSKI

1. Zastosowanie w fazie 5 pędów bocznych nawozu wieloskładnikowego Perfektmikro w dawce 2 l·ha^{-1} okazało się uzasadnione w każdej badanej kombinacji nalistnej dla rzepaku ozimego 'Poznaniak'.
2. Bez nawozu Perfektmikro, korzystniejsze dla produktywności roślin rzepaku okazało się łączne stosowanie Fyllotonu z pierwszym zabiegiem ochrony roślin rzepaku przed szkodnikami łodygowymi, aniżeli z drugim zabiegiem w ochronie przed słodyszkiem rzepakowym.
3. Najwyższe efekty plonotwórcze uzyskano dla rzepaku ozimego 'Poznaniak' po zastosowaniu Perfektmikro w dawce 2 l·ha^{-1} w fazie 5 pędów bocznych i Fyllotonu w dawce 1 l·ha^{-1} wraz z ochroną insektycydową na chowacze lub (oraz) z drugą dawką Fyllotonu w dawce 1,5 l·ha^{-1} na słodyszka rzepakowego.
4. Biostymulator aminokwasowy Fylloton powoduje przyspieszenie rozwoju generatywnego u roślin rzepaku, co w sytuacji ciepłej jesieni może być niekorzystne dla przygotowania roślin do zimowego spoczynku.

PIŚMIENNICTWO

Barłóg P., Grzebisz W. 2004. Effect of timing and nitrogen fertilizer application on winter oilseed rape (*Brassica napus* L.). II. Nitrogen uptake dynamics and fertilizer efficiency. J. Agron. Crop Sci. 190: 314–323.

Bartkowiak-Broda I. 1998. Odmiany mieszańcowe rzepaku – osiągnięcia i perspektywy. Rośl. Oleiste/ Oilseed Crops 19(2): 359–370.

Budzyński W. 2010. Kapusta rzepak. W: Rośliny oleiste - uprawa i zastosowanie. Budzyński W., Zając T. (red.). PWRiL, Poznań: 15–107.

Budzyński W., Dubis B., Jankowski K. 2008. Response of winter oilseed rape to the biostimulator Asahi SL applied in spring. W: Dąbrowski Z.T. (ed). Biostimulatores in modern agriculture. Field crops/Wieś Jutra.: 18–24.

Cai D., Xiao Y., Yang W., Ye W., Wang B., Younas M., Wu J., Liu K. 2014. Association mapping of six yield related traits in rapeseed (*Brassica napus* L.). Theor. Appl. Genet. 127: 85–96.

Czuba R., Sztuder H., Świerczewska M. 1995. Dolistne dokarmianie rzepaku ozimego i gorczycy białej azotem, magnezem i mikroelementami. Wyd. IUNG Puławy, P(58): ss. 26.

Diepenbrock W. 2000. Yield analysis of winter oilseed rape (*Brassica* napus L.): a review. Field Crop Res. 67: 35–49.

Diepenbrock W., Grosse F. 1995. Rapeseed (*Brassica napus* L.) physiology. W: Physiological potential for yield improvement of annual oil and protein crops. Adv. Plant Breed. 17: 21–53.

Gaj R., Grzebisz W., Gwiazdowski R., Heimann S., Jajor E., Korbas M., Krzymański J., Mrówczyński M., Muśnicki Cz., Praczyk T., Pruszyński G., Pruszyński S., Przybył J., Wachowiak H., Waszak M., Zielińska W. 2008. Integrowana produkcja rzepaku ozimego i jarego. Wyd. IOR Poznań: ss. 29.

Harasimowicz-Herman G., Borowska M. 2006. Efekty działania biostymulatora Asahi SL w uprawie rzepaku ozimego w zależności od warunków pluwiotermicznych. Rośl. Oleiste/Oliseed Crops 27(1): 95–106.

Hayat S., Hayat Q., Alyemeni M.N., Wani A.S., Pichtel J., Ahmad A. 2012. Role of proline under changing environments: a review. Plant Sign. Behav. 7(11): 1456–1466.

Jankowski K., Bielski S., Szempliński W. 2012. Rośliny przemysłowe. W: Rośliny rolnicze. Wyd. UWM Olsztyn: 327–328.

Kocira A., Kornas R., Kocira S. 2013. Effect assessment of Kelpak SL on the bean yield (*Phaseolus vulgaris* L.). J. Centr. Europ. Agric. 14: 545–554.

Kocira A., Świeca M., Kocira S., Złotek U., Jakubczyk A. 2016. Enhancement of yield, nutritional and nutraceutical properties of two common bean cultivars following the application of seaweed extract (*Ecklonia maxima*). Saudi J. Biol. Sci. (Doi.org/10.1016/j.sjbs.2016.01.039).

Kocira S., Sujak A., Kocira A., Wójtowicz A., Oniszczuk A. 2015. Effect of Fylloton application on photosynthetic activity of Moldavian dragonhead (*Dracocephalum moldavica* L.). Agric. Agric. Sci. Procedia 7: 108–112.

Kocoń A. 2009. Efektywność dolistnego dokarmiania pszenicy i rzepaku ozimego wybranymi nawozami w warunkach optymalnego nawożenia i wilgotności gleby. Ann. UMCS, Sect. E Agricultura 64(2): 23–28.

Kościelniak W., Dreczka M., Panek J., Heimann S. 2012. Nowoczesna uprawa rzepaku. Wyd. Apra Poznań, ss. 135.

Malarz W., Kozak M., Kotecki A. 2008. The use of Asahi SL biostimulator in spring rape growing. W: Biostimulators in modern agriculture. Dąbrowski Z.T. (ed). Field Crops/Wieś Jutra: 25–32.

Matysiak K., Kaczmarek S., Kierzek R. 2012. Wpływ wyciągu z alg morskich *Ecklonia maxima* (Kelpak SL) na rośliny rzepaku ozimego. Rośl. Oleiste/Oilseed Crops 33: 81–88.

Norouzpour S., Abad K.M. 2013. Studying the effect of growth stimulants and nano-fertilizers foliar application on agronomic characters and nuts sunflower seed yield. J. Res. Crop Sc. 6(21): 63–72.

Sarec O., Sarec P., Kavka M. 2002. Different methods of crop stand establishment within the system of winter oilseed rape cultivation. Res. Agric. Eng. 48(2): 66–72.

Schmidt W., Doll D., Nitzsche O. 1999. Erfahrungen mit pflugloser Bestellung in Sachsen. Neue Landwirtschaft. 5: 1–6.

Sienkiewicz-Cholewa U. 2001. Wpływ nawożenia mikroelementami na plony rzepaku ozimego. Pam. Puł. 126: 139–154.

Sienkiewicz-Cholewa U., Stanisławska-Glubiak E. 2007. Rola mikroelementów w kształtowaniu wielkości i jakości plonu rzepaku ozimego. Studia i raporty IUNG-PIB Puławy 8: 111–125.
Sierts H.P., Geisler G., Leon J., Diepenbrock W. 1987. Stability of yield components from winter oil-seed rape (*Brassica napus* L.). J. Agron. Crop Sc. 158: 107–113.
Sova A.V., Vašák J., Soukup J. 1998. Warianty technologii uprawy rzepaku ozimego (*Brassica napus* L. var. *napus*). Rośl. Oleiste/Oilseed Crops19: 105–112.
Szewczuk C. 2003. Wpływ stosowania wybranych nawozów dolistnych na przezimowanie i plony nasion rzepaku ozimego. Acta Agrophys. 85: 289–295.
Wielebski F., Wójtowicz M., Horodyski A. 2002. Agrotechnika rzepaku ozimego w badaniach Zakładu Roślin Oleistych IHAR w Poznaniu. Rośl. Oleiste/Oilseed Crops 23(1): 31–51.
Złotek U., Wójcik W. 2014. Effect of arachidonic acid elicitation on lettuce resistance towards *Botrytis cinerea*. Sci. Hortic. 179: 16–20.
Zodape S.T., Mukhopadhyay S., Eswaran K., Reddy M.P., Chikara J. 2010. Enhanced yield and nutritional quality in green gram (*Phaseolus radiata* L.) treated with seaweed (*Kappaphycus alvarezii*) extract. J. Sci. Ind. Res. 69: 468–471.

A. Wenda-Piesik, M. Kazek, P. Ropińska

IMPACT OF AMINO ACID BIOSTIMULATION AND MICROELEMENTS FERTILIZATION IN FOLIAR APPLICATION ON PRODUCTIVITY OF WINTER OILSEED RAPE

Summary

The aim of the study was to investigate the effect of foliar application of biostimulator based on vegetable origin amino acids Fylloton and microelements fertilizer Perfektmikro in various doses and stages on growth, development and yield of oilseed rape. A strict pot experiment and the field trial were conducted to obtain the results. In both cases, oilseed rape cv 'Poznaniak' was planted. In two growing seasons 2011/2012 and 2012/2013 at the Research Station of the Faculty of Agriculture and Biotechnology, University of Technology and Life Sciences in Mochełek, the field experiment was conducted, triplicate in a random blocks design. The measurement range on the plant and crop included: density after emergence, density in the spring, overwintering, density to the harvest, number of branches per plant, LAI stage BBCH 67, the height of the canopy, the number of pods per plant, number of seeds per pod, fresh weight of the aboveground part, weight of thousand seeds, seed yield (moisture 7.5%) and the harvest index HI. The pot experiment was carried out in a plastic tunnel in soil under controlled moisture, and bioassays were related to: the stem height, the root collar diameter, the number of flower buds on the main stem and the length of the period between the stage BBCH 25 and BBCH 57. Maximum yield-forming effects was obtained after application of Perfektmikro in dose of 2 $l \cdot ha^{-1}$ at BBCH 25 and Fylloton in 1 $l \cdot ha^{-1}$ with the plant protection against weevil insecticides or (and) a second dose at 1.5 $l \cdot ha^{-1}$ Fylloton with insecticidal protection against pollen beetle.

Key words: oilseed rape, foliar application, amino acids biostimulation, microelements fertilization, productivity

Zaakceptowano do druku – *Accepted for print*: 9.06.2017

Do cytowania – *For citation*
Wenda-Piesik A., Kazek M., Ropińska P. 2017. Wpływ aminokwasowego biostymulatora i nawozu mikroelementowego stosowanych nalistnie na produktywność rzepaku ozimego. Fragm. Agron. 34(3): 119–129.