

## WPLYW ENTOMOPATOGENICZNEGO GRZYBA *ISARIA FUMOSOROSEA* NA PLON, ELEMENTY PLONOWANIA I WSKAŹNIKI WEGETACYJNE BOBIKU

MATEUSZ KRUPA<sup>1</sup>, BOGDAN KULIG<sup>1</sup>, DARIUSZ ROPEK<sup>2</sup>,  
ROBERT WITKOWICZ<sup>1</sup>, ANNA ŚLIZOWSKA<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Institut Produkcji Roślinnej, <sup>2</sup>Katedra Ochrony Środowiska Rolniczego,  
Uniwersytet Rolniczy im. Hugona Kollątaja w Krakowie, al. Mickiewicza 21, 31-120 Kraków

**Synopsis.** Celem przeprowadzonych badań było określenie wpływu entomopatogenicznego grzyba *Isaria fumosorosea* na plon, elementy plonowania oraz wskaźniki wegetacyjne łanu bobiku. Ekologiczny eksperyment polowy zrealizowano w układzie split-plot w trzech powtórzeniach w latach 2010–2011 w Stacji Doświadczalnej Instytutu Produkcji Roślinnej Uniwersytetu Rolniczego w Krakowie. Czynnikiem pierwszego rzędu była odmiana (1. Amulet, 2. Sonet), a czynnikiem drugiego rzędu była forma ochrony roślin (1. kontrola, 2. zaprawianie nasion bobiku zarodnikami grzyba owadobójczego *Isaria fumosorosea*, 3. oprysk zawiesiną zarodników grzyba *Isaria fumosorosea* i 4. zaprawianie i oprysk zarodnikami grzyba *Isaria fumosorosea*). Badane odmiany bobiku różniły się istotnie plonem oraz elementami plonowania, takimi jak: liczba nasion w strąku oraz masa tysiąca nasion. Większym plonem oraz masą tysiąca nasion cechowała się odmiana Sonet (odpowiednio 2,34 t·ha<sup>-1</sup> i 393,1 g). Większą względną zawartość chlorofilu w liściach wśród analizowanych odmian zaobserwowano u bobiku odmiany Sonet (SPAD – 45,8). Większy wskaźnik pokrycia liściowego zaobserwowano na obiektach, na których zastosowano entomopatogeniczny grzyb *Isaria fumosorosea* w formie oprysku (LAI – 2,05). Wskaźniki wegetacyjne oraz wskaźnik pokrycia liściowego modyfikowane były wyłącznie przez istotną statycznie interakcję lata x odmiana.

**Słowa kluczowe:** bobik, plon, *Isaria fumosorosea*, wskaźniki wegetacyjne.

### WSTĘP

Rozporządzenie Rady Europy [WE 834/2007] nakłada obowiązek na producentów rolnych produkujących w systemie ekologicznym stosowanie środków ochrony roślin dopuszczonych do tego typu produkcji. W myśl tego aktu prawnego zapobieganie szkodom powodowanym przez agrofagi powinno opierać się na stosowaniu prawidłowego płodozmianu i odpowiedniej agrotechniki, doborze odpornych odmian oraz wykorzystaniu do ich zwalczania preparatów zawierających pożyteczne mikroorganizmy i substancje pochodzenia naturalnego. Nadrzędnym celem takich praktyk jest przede wszystkim ochrona środowiska naturalnego.

Biologiczna metoda ochrony roślin polega na świadomym wykorzystaniu niektórych organizmów żywych, zarówno pochodzących ze świata roślinnego jak i zwierzęcego, do walki z agrofagami [Nega 2014]. Bioinsektycydy **służące** do zwalczania szkodników nie zagrażają pszczołom i innych pożytecznym owadom. Preparaty te zawierają m.in. owadzie drapieżniki, parazytoidy i mikroorganizmy (bakterie, grzyby, nicienie i wirusy). Mimo powszechnej dostępności preparatów biologicznych, ich stosowanie jest ograniczone ze względu na trudności

<sup>1</sup> Adres do korespondencji – *Corresponding address*: mateuszkrupa1990@gmail.com

wynikające z biologii organizmów wchodzących w ich skład oraz ze względów ekonomicznych [Blackburn i in. 2016].

Coraz częstsze wykorzystanie entomopatogenicznych grzybów do ochrony roślin przed szkodliwymi owadami wynika z faktu, że w środowisku naturalnym jest obecnych około 700 gatunków entomopatogenicznych grzybów, z czego w praktyce rolniczej do zwalczania szkodników wykorzystuje się jedynie 90 gatunków [Vega i in. 2009]. Najczęściej stosowanymi do zwalczania szkodliwych owadów są grzyby charakteryzujące się wysoką skutecznością, które należą do takich rodzajów jak: *Beauveria*, *Metarhizium*, *Lecanicillium* i *Isaria* [Faria i Wraight 2007, Kuźniar i in. 2014, Roberts i Humber 1981].

Szczepki grzybów z rodzaju *Isaria* są zdolne infekować różne gatunki szkodliwych owadów we wszystkich stadiach rozwojowych [D'Alessandro i in. 2013]. *Isaria fumosorosea* (dawniej *Paecilomyces fumosoroseus*) rozwija się głównie na różnych gatunkach owadów należących do rzędów *Diptera* oraz *Hemiptera* [Zimmermann 2008]. Liczne badania potwierdzają, że grzyb *Isaria fumosorosea* jest jednym z najskuteczniejszych organizmów pożytecznych ograniczających populację mączlików [Faria i Wraight 2001, Kim i in. 2013, Lacey i in. 2008, Mascarin i in. 2013, Tian i in. 2014].

Bobik wśród roślin strączkowych charakteryzuje się największym potencjałem plonowania, stąd też duże zainteresowanie jego uprawą w gospodarstwach ekologicznych. Jednym z podstawowych czynników wywołujących niestabilność plonowania bobiku są agrofagi. Najczęściej poza systemem ekologicznym, do walki z agrofagami wykorzystuje się chemiczne środki ochrony roślin, które wpływają negatywnie na środowisko [Baćmaga i in. 2007]. Z powodu metody biologicznej ochrony bobiku stanowią one cenne narzędzie do walki z agrofagami, a ich składniki aktywne są uznawane za bezpieczne dla środowiska [Kandpal 2014, Ploetz 2007].

Przyjęto hipotezę badawczą, że aplikacja entomopatogenicznego grzyba *Isaria fumosorosea* wpłynie na plon nasion i jego elementy składowe oraz wskaźniki fizjologiczne łanu.

Celem badań było więc określenie wpływu entomopatogenicznego grzyba *Isaria fumosorosea* na plonowanie bobiku oraz wskaźniki fizjologiczne łanu.

## MATERIAŁ I METODY

Ekologiczny eksperyment polowy zrealizowano w latach 2010-2011 na czarnoziemie typowym utworzonym z lessu [Systematyka Gleb Polski 2011] w Prusach (50°07' N, 20°04' E, 270 m. n.p.m.), w Stacji Doświadczalnej Instytutu Produkcji Roślinnej Uniwersytetu Rolniczego w Krakowie. Doświadczenie założono w układzie split-plot w trzech powtórzeniach. Wielkość poletka doświadczalnego wynosiła 12 m<sup>2</sup>. Przedplonem była pszenica ozima. Bobik wysiano w pierwszej dekadzie kwietnia. Czynniki doświadczalnymi były: odmiana bobiku (Amulet, Sonet), forma ochrony roślin (1. kontrola – oprysk czystą wodą, 2. zaprawianie nasion bobiku zarodnikami grzyba owadobójczego *Isaria fumosorosea*, 3. oprysk łanu zawiesiną zarodników grzyba *Isaria fumosorosea*, 4. zaprawienie nasion i oprysk łanu zarodnikami grzyba *Isaria fumosorosea*). W doświadczeniu zastosowano szczep AP 112, który hodowano w warunkach laboratoryjnych w celu pozyskania zarodników.

Zastosowano dwie formy ochrony: zaprawianie nasion oraz opryskiwanie roślin zarodnikami grzyba w dawce 1 x 10<sup>13</sup> zarodników·ha<sup>-1</sup>. Nasiona bobiku zaprawiono bezpośrednio przed siewem zarodnikami grzyba owadobójczego. Do opryskiwania wykorzystywano 500 dm<sup>3</sup> cieczy roboczej na ha. Pierwszy zabieg wykonano 5 tygodni po siewie i powtórzono po 10 i 20 dniach.

Podczas wegetacji bobiku w fazie BBCH 60-69 (kwitnienie) określono indeks pokrycia liściowego (LAI) za pomocą urządzenia Sunscan System firmy Delta-T<sup>®</sup> oraz indeks zieleni

łanu (NDVI) urządzeniem GreenSeeker firmy N-tech®. Zawartość chlorofilu w liściach bobiku oznaczono wykorzystując Chlorophyll Meter Spad 502 DL firmy Minolta. Wyniki opracowano statystycznie wykorzystując analizę wariancji. Do oceny istotności różnic pomiędzy średnimi obiektowymi wykorzystano grupy jednorodne utworzone w oparciu o test Newman-Keuls'a na poziomie istotności  $\alpha = 0,05$ .

Dane dotyczące średnich temperatur i opadów pozyskano ze stacji meteorologicznej WS2 - Delta T usytuowanej na terenie Stacji Doświadczalnej.

## WYNIKI I DYSKUSJA

Analiza przebiegu warunków opadowo-termicznych wykazała, że susza, która wystąpiła w kwietniu w 2010 roku przyczyniła do obniżenia polowej zdolności wschodów bobiku, co w efekcie skutkowało obniżeniem obsady roślin. Pozostała część okresu wegetacyjnego cechowała się korzystnymi warunkami pluwiotermicznymi. W 2011 roku stwierdzono znaczny deficyt opadów okresie maj-czerwiec, lecz dalszy okres był korzystny dla plonowania bobiku (tab. 1). Między innymi z tego powodu plon nasion i elementy plonowania odmian bobiku były zróżnicowane w latach. Plon nasion bobiku w 2011 roku był większy o  $1,1 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1}$  w porównaniu do roku 2010. Zmiany te są zgodne z twierdzeniem Pilbeam i in. [1990], że wielkość plonu nasion bobiku jest kształtowana głównie przez czynniki środowiskowe. W 2011 roku stwierdzono ponadto większą obsadę roślin, która wynosiła  $39,8 \text{ szt} \cdot \text{m}^{-2}$ . Kulig i in. [2009] również obserwowali zmienną obsadę roślin bobiku w latach badań. W badaniach własnych w 2010

Tabela 1. Średnie temperatury powietrza i opady atmosferyczne w latach badań  
Table 1. Average air temperature and precipitations in the years of the study

Rok/Year Miesiąc/Month	Średnia temperatura miesięczna powietrza Average monthly temperature (°C)	Opad atmosferyczny Precipitation (mm)	Różnica pomiędzy zaobserwowanym opadem a opadem z wielolecia Difference between perceived and multi- annual precipitation (mm)	Optymalne opady atmosferyczne przy danej temperaturze Optimal precipita- tion in the particular temperature [Dzieżyc 1987] (mm/°C)
2010				
IV	9,0	39,5	-9,5	50/9
V	12,7	294,6	16,6	70/13
VI	17,1	155,5	55,5	90/16
VII	20,4	92,8	8,6	60/18
2011				
IV	10,2	77,9	28,9	50/9
V	13,7	61,1	-16,9	70/13
VI	17,8	44,4	-55,6	90/16
VII	17,6	194,5	111,5	60/18

roku odnotowano większą liczbę strąków na roślinie (14,2 szt.·roślina<sup>-1</sup>), ale w roku 2011 zaobserwowano większą o 182 g masę tysiąca nasion. Bogucka i Wróbel [2008] podkreślają, że masa tysiąca nasion stanowi jeden z bardziej stabilnych elementów plonowania, lecz warunki środowiskowe znacząco go modyfikują.

Większy plon wydała odmiana Sonet (2,34 t·ha<sup>-1</sup>), ale większą liczbę nasion w strąku stwierdzono u odmiany Amulet (3,24 szt.·strąk<sup>-1</sup>). Liczba strąków na roślinie wśród analizowanych odmian bobiku nie różniła się istotnie, natomiast Kulig i in. [2012] otrzymali mniejszą liczbę strąków na roślinie u odmiany Sonet (2,5 szt.·strąk<sup>-1</sup>). Według Prusińskiego [2003] na spadek plonu wpływa przede wszystkim redukcja liczby strąków na roślinie oraz liczby nasion w strąku wywołana przebiegiem niekorzystnych warunków pogodowych. W badaniach własnych odmiana Sonet charakteryzowała się większą masą tysiąca nasion (393,1 g). Masa tysiąca nasion jest zależna od liczby nasion w strąku oraz genotypu. Natomiast zróżnicowanie masy tysiąca nasion w obrębie odmiany wynika wyłącznie z warunków siedliskowych [Kulig i in. 2011]. W prezentowanych badaniach własnych nie stwierdzono ograniczającego wpływu szkodników na plon i elementy plonowania, bowiem ich nasilenie występowania było mniejsze od wartości progowej ekonomicznej szkodliwości.

Zastosowane formy ochrony roślin wykorzystujące entomopatogenicznego grzyba *Isaria fumosorosea* nie wpłynęły istotnie na plon nasion i elementy plonowania bobiku (tab. 2). Plonowanie roślin strączkowych zależy w dużej mierze od prawidłowej agrotechniki i warunków siedliskowych, a zadaniem ochrony roślin jest jedynie stabilizowanie plonu [Agung i McDonald 1998]. Również niektórzy autorzy stwierdzili, że entomopatogeniczny grzyb

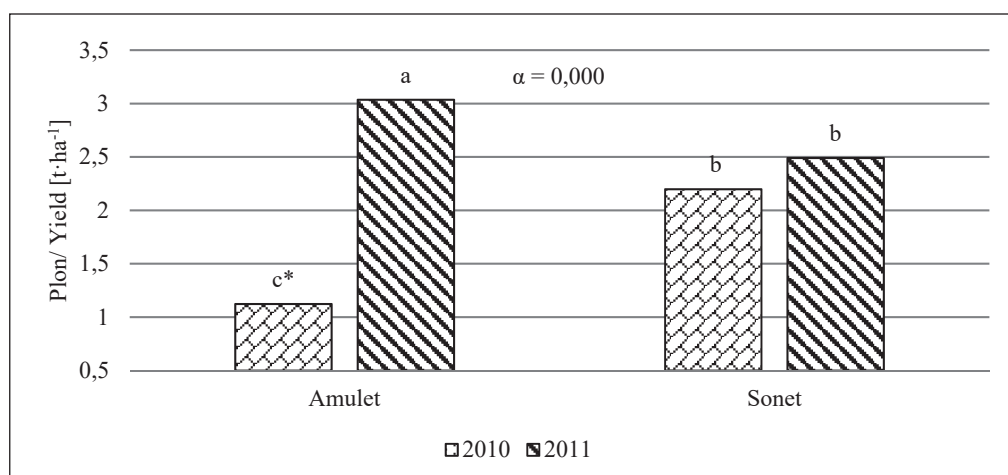
Tabela 2. Plon nasion i elementy plonowania bobiku  
Table 2. Seeds yield and yield components of faba bean

Czynniki badawcze i ich poziomy Experimental factors and theirs levels	Plon Yield (t·ha <sup>-1</sup> )	Obsada roślin Plants density (szt./pcs·m <sup>-2</sup> )	Liczba strąków Number of pods (szt.·roślina <sup>-1</sup> / pcs·plant <sup>-1</sup> )	Liczba nasion Number of seeds (szt.·strąk <sup>-1</sup> / pcs·pod <sup>-1</sup> )	Masa tysiąca nasion Weight of thousand seeds (g)
Rok/Year					
2010	1,66 b	28,7 b	14,2 a	2,8 b	266,0 b
2011	2,76 a	39,8 a	11,7 b	3,2 a	448,1 a
Odmiana/Cultivar					
Amulet	2,08 b	35,0 a	12,9 a	3,2 a	321,0 b
Sonet	2,34 a	33,6 a	13,0 a	2,8 b	393,1 a
Metoda ochrony roślin/Method of crop protection					
Kontrola/Control	2,18 a	33,8 a	13,4 a	3,0 a	358,3 a
Zaprawa/Seed dressing	2,26 a	36,1 a	12,9 a	3,1 a	360,0 a
Oprysk/Spraying	2,13 a	35,1 a	12,6 a	3,1 a	341,3 a
Zaprawa + Oprysk/ Seed dressing + Spraying	2,26 a	32,1 a	12,9 a	2,9 a	368,4 a

Średnie obiektowe w obrębie czynnika badawczego oznaczone różnymi literami różnią się w sposób statystycznie istotny/  
Treatments means of the experimental factor marked with different letters differentiate in statistically significant way

*Isaria fumosorosea* wpływa na różne gatunki mączniaka [Hijwegen i Buchenauer 1984, Kavkova' i Curn 2005, Szentiva'nyi i in. 2006]. Dlatego też znajduję on zastosowanie w biologicznej ochronie przeciwko fitopatogenym grzybom. Potwierdzeniem dla tego faktu jest to, że grzyby z rodzaju *Isaria* spp. wyizolowane z *Erysiphe martii* na *Lupinus polifyllus* wykazywały fitopatogeny wpływ na grzybnię *Sphaerotheca fuliginea* na ogórku [Hijwegen i Buchenauer 1984]. Warto również zaznaczyć, że w wyizolowanych kulturach grzybów pleśniowych entomopatogeniczne grzyby *Isaria* spp. ograniczyły przyrost grzybni *Blumeria graminis* f. sp. *hordei* (jęczmień), *Oidium neolycopersici* (pomidor), *Golovinomyces orontii* (tytoń) i *Podosphaera fusca* (ogórek) [Szentiva'nyi i in. 2006]. Natomiast Kraussi in. [2004] zaobserwowali w badaniach in vitro, że grzyb *Isaria fumosorosea* wykazywał właściwości antagonistyczne wobec grzybów *Clonostachys* spp. (wcześniej *Gliocladium* spp.), *Trichoderma harzianum* i *Lecanicillium lecanii*.

Stwierdzono statystycznie istotny wpływ interakcji lata x odmiana na plon nasion bobiku. Odmiana Amulet lepiej plonowała w roku 2011 blisko o 1,9 t·ha<sup>-1</sup>, podczas gdy odmiana Sonet plonowała w obydwu latach na stałym poziomie. Przyczyną takiego zjawiska, mogła być silna reakcja tej odmiany na warunki środowiskowe (rys. 1).

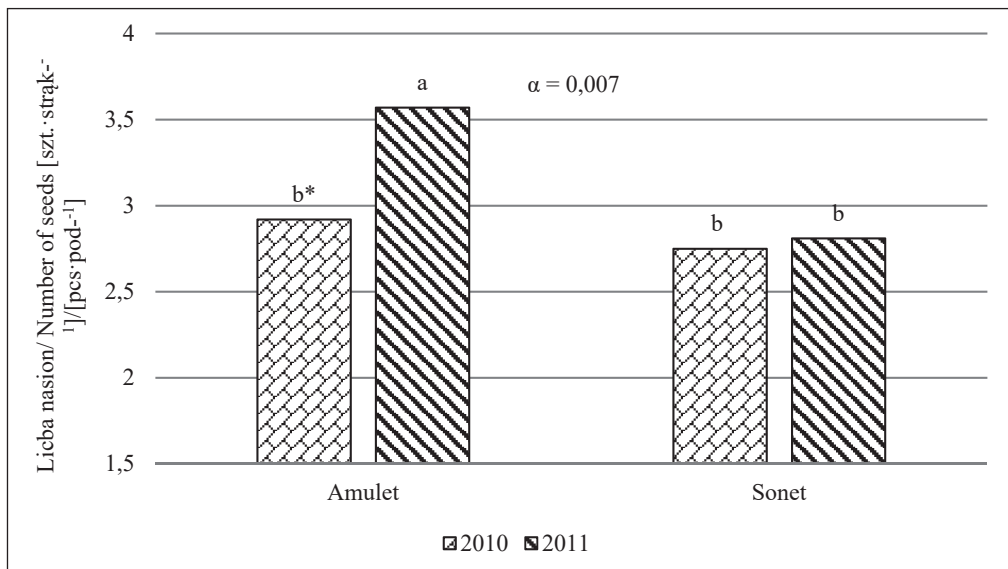


\* – średnie oznaczone różnymi literami różnią się w sposób statystycznie istotny ( $\alpha=0,05$ )/means marked with different letters differ in a statistically significant way ( $\alpha=0,05$ )

Rys. 1. Plon nasion badanych odmian bobiku w zależności od lat  
Fig. 1. Seeds yield of tested faba bean cultivars depending on the years

Stwierdzono statystycznie istotny wpływ interakcji lata x odmiana na liczbę nasion w strąku. Odmiana Amulet zwiększyła liczbę nasion w strąku w roku 2011, natomiast odmiana Sonet nie reagowała zmianą tego parametru w latach badań (rys. 2).

Bliski statystycznej istotności, co można określić mianem tendencji, był wpływ interakcji lata x odmiana na masę tysiąca nasion. Należy zauważyć, że odmiana Sonet zareagowała więk-



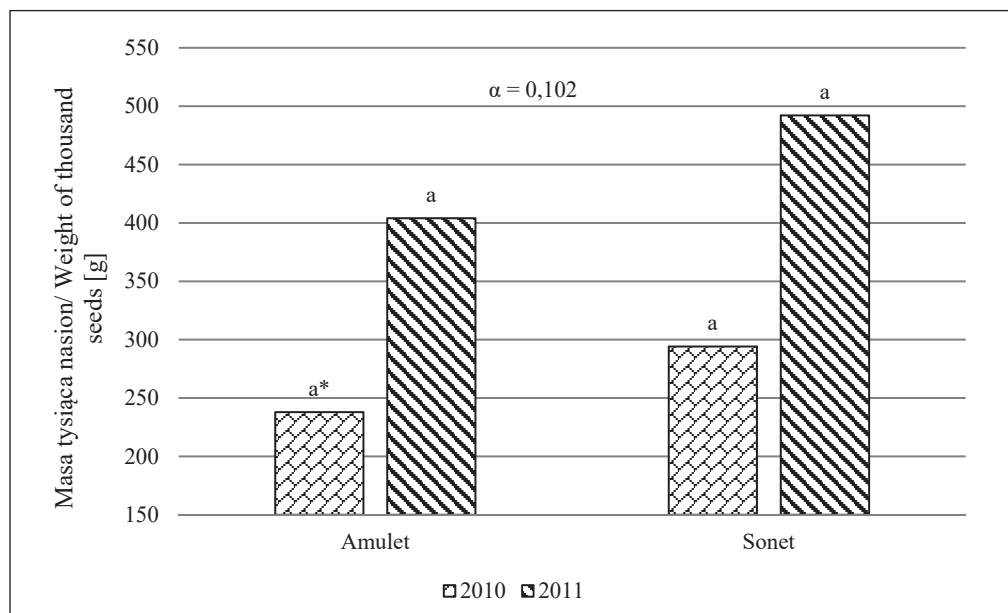
\* – średnie oznaczone różnymi literami różnią się w sposób statystycznie istotny ( $\alpha=0,05$ )/means marked with different letters differ in a statistically significant way ( $\alpha=0,05$ )

Rys. 2. Liczba nasion w strąku badanych odmian bobiku w zależności od lat  
 Fig. 2. Number of seeds per pod of tested faba bean cultivars depending on the years

szym wzrostem tego parametru (o 197,9 g) w latach 2010-2011 niż odmiana Amulet (o 166,2 g) (rys. 3).

W badaniach własnych analiza statystyczna potwierdziła wpływ dwóch czynników eksperymentalnych (odmiana, rok) na zawartość chlorofilu w liściach bobiku. W prezentowanych badaniach zaobserwowano większą zawartość chlorofilu w liściach bobiku w 2011 roku w porównaniu do 2010 roku o 2,2 SPAD (1 SPAD = 70  $\mu\text{g}$  chlorofilu na 1  $\text{dm}^2$ ). Największa zawartość chlorofilu w liściach wśród analizowanych odmian zaobserwowano w liściach odmiany Sonet (45,8 SPAD) (tab. 3). Prusiński i in. [2008] wykazali podobną koncentrację chlorofilu w liściach bobiku mierzoną w końcu fazy kwitnienia. Natomiast Machul [2001] dowodzi, że zawartość chlorofilu w liściach bobiku rośnie wraz ze stopniem odżywienia roślin azotem. Jednak zdaniem Prusińskiego [2007] podstawowym czynnikiem kształtującym koncentrację chlorofilu u bobiku jest faza rozwojowa rośliny.

Znormalizowany różnicowy wskaźnik vegetacji (NDVI) to przede wszystkim wskaźnik pozwalający określić kondycję rośliny, który oparty jest głównie na pomiarach odbicia promieniowania w paśmie czerwieni i bliskiej podczerwieni. Kształtował się on w zakresie od 0,59 do 0,69. Wskaźnikiem przedstawiającym bardziej precyzyjnie nieliniowe zależności pomiędzy ulistnieniem, a samym wskaźnikiem jest WDRI (Wide Dynamic Range VI). Badane źródła zmienności, jakimi były odmiana i forma ochrony roślin, nie wywarły istotnego wpływu na wartość wskaźników vegetacyjnych. Natomiast jedynym czynnikiem, który statystycznie warunkował wielkość wskaźników vegetacyjnych były lata (tab. 3). Wartości tych wskaźników



\* – średnie oznaczone różnymi literami różnią się w sposób statystycznie istotny ( $\alpha=0,05$ )/means marked with different letters differ in a statistically significant way ( $\alpha=0,05$ )

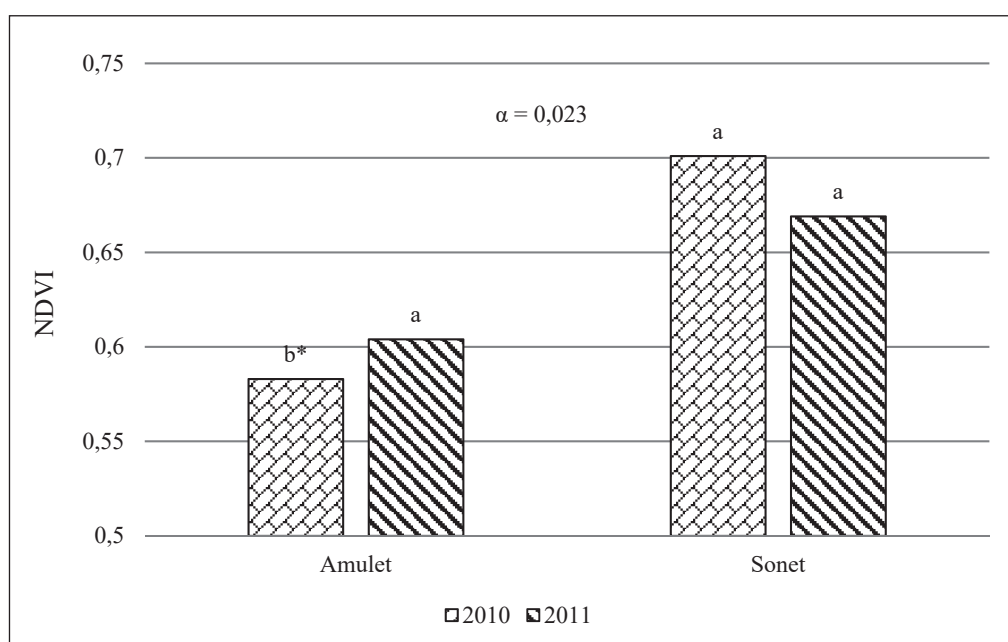
Rys. 3. Masa tysiąca nasion badanych odmian bobiku w zależności od lat  
Fig. 3. Weight of thousand seeds of tested faba bean cultivars depending on the years

Tabela 3. Wskaźniki wegetacyjne łąnu bobiku  
Table 3. Vegetation indices of faba bean canopy

Czynniki badawcze i ich poziomy/ Experimental factors and theirs levels	SPAD	NDVI	WDRI	LAI
Rok/Year				
2010	43,5 b	0,59 b	0,59 b	2,06 a
2011	46,1 a	0,69 a	0,68 a	1,55 b
Odmiana/Cultivar				
Amulet	43,9 b	0,64 a	0,64 a	1,87 a
Sonet	45,8 a	0,64 a	0,64 a	1,74 a
Metoda ochrony roślin/Method of crop protection				
Kontrola/Control	44,7 a	0,64 a	0,64 a	1,80 a
Zaprawa/Seed dressing	45,3 a	0,65 a	0,65 a	1,74 a
Oprysk/Spraying	44,5 a	0,62 a	0,62 a	2,05 a
Zaprawa + Oprysk/Seed dressing + Spraying	44,7 a	0,65 a	0,65 a	1,64 a

Średnie obiektowe w obrębie czynnika badawczego oznaczone różnymi literami różnią się w sposób statystycznie istotny/Treatments means of the experimental factor marked with different letters differentiate in statistically significant way

były bardzo zbliżone i większe w roku 2011. Wskaźnik zieleni (NDVI) modyfikowany był wyłącznie przez istotną statystycznie interakcję lata x odmiana. W 2011 roku odmiana Amulet reagowała zwiększeniem wartości wskaźnika NDVI w porównaniu do roku poprzedniego. Natomiast odmiana Sonet utrzymała wartość tego wskaźnika na niezmiennym poziomie w obydwu latach badań (rys. 4).



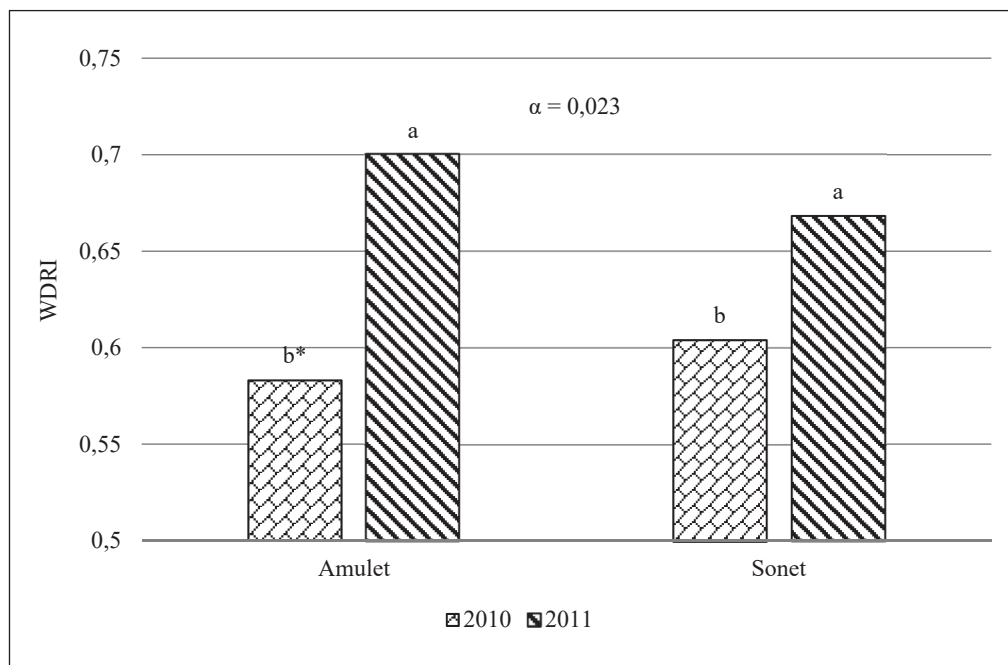
\* – średnie oznaczone różnymi literami różnią się w sposób statystycznie istotny ( $\alpha=0,05$ )/means marked with different letters differ in a statistically significant way ( $\alpha=0,05$ )

Rys. 4. Wskaźnik zieleni (NDVI) łanu bobiku w zależności od lat  
Fig. 4. Vegetation index (NDVI) of the faba bean canopy depending on the years

Wielkość wskaźnika WDRI podlegała istotnemu wpływowi interakcji odmiana x lata. Zarówno odmiana Amulet, jak i Sonet wykazały trend wzrostowy dla wartości wskaźnika WRDI w latach 2010–2011, ale tendencja ta przejawiana przez odmianę Sonet była silniejsza (rys. 5).

Wielkość wskaźnika pokrycia liściowego (LAI) była istotnie zróżnicowana w latach badań i wynosiła odpowiednio 1,55 i 2,06. Pozostałe, główne źródła zmienności jakimi były odmiana oraz forma aplikacji entomopatogenicznego grzyba nie różnicowały istotnie wielkości tego parametru. Niemniej jednak zaobserwowano tendencję zwiększania wielkości tego wskaźnika (2,05) po zastosowaniu entomopatogenicznego grzyba *Isaria fumosorosea* w formie oprysku (tab. 3). Niestety nie przełożyło się to na oczekiwany wzrost plonu nasion. Confalone i in. [2010] twierdzą, że akumulacja biomasy i plon nasion są silnie związane z wskaźnikiem pokrycia liściowego, którego zwiększenie pozwala na efektywniejsze wykorzystanie promieniowania fotosyntetycznego czynnego. Kulig i in. [2012] obserwowali maksymalną wielkość indeksu



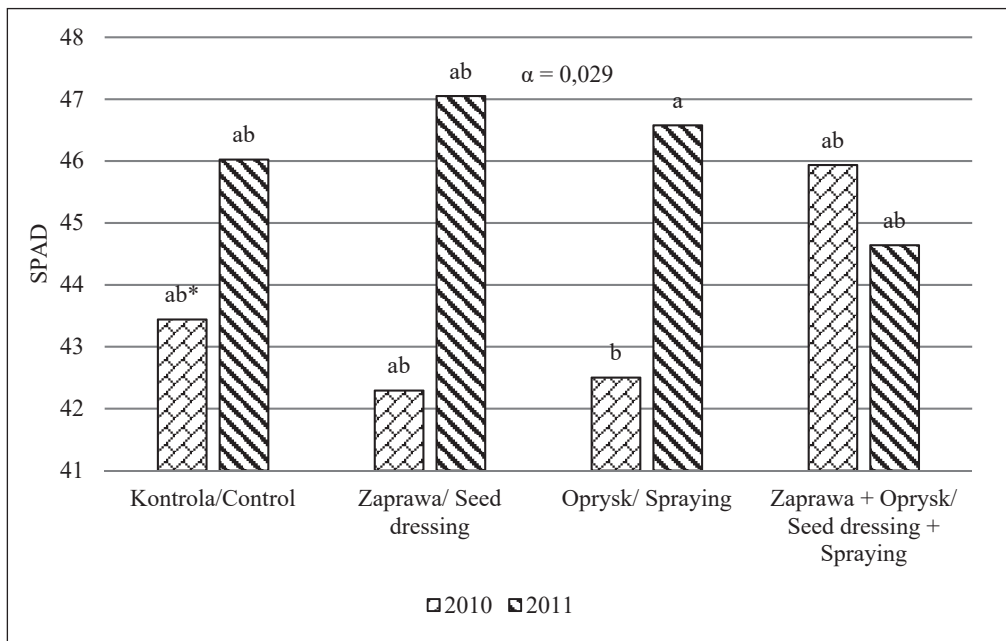


\* – średnie oznaczone różnymi literami różnią się w sposób statystycznie istotny ( $\alpha=0,05$ )/means marked with different letters differ in a statistically significant way ( $\alpha=0,05$ )

Rys. 5. Wskaźnik zieleni (WDRI) łanu bobiku w zależności od lat  
Fig. 5. Vegetation index (WDRI) of the faba bean canopy depending on the years

liściowego pod koniec fazy kwitnienia, ale Prusiński i in. [2008] stwierdzili, że wysokie wartości wskaźnika pokrycia liściowego mierzone pod koniec kwitnienia nie są miarodajne, ponieważ nie korespondują z wielkością plonu nasion bobiku.

Koncentracja chlorofilu w liściach bobiku była modyfikowana głównie przez interakcję metod ochrony roślin z latami. W 2011 roku zaprawianie nasion bobiku spowodowało znaczny wzrost zawartości chlorofilu w porównaniu do roku poprzedniego o 4,8 SPAD. Natomiast łączne stosowanie zaprawiania i oprysku w 2011 roku spowodowało zmniejszenie koncentracji chlorofilu w liściach bobiku o 1,3 jednostki SPAD w odniesieniu do roku 2010. Aplikacja entomopatogenicznego grzyba *Isaria fumosorosea* w formie nalistnego oprysku w 2011 roku zwiększyła zawartość chlorofilu w liściach bobiku o 2,6 jednostki SPAD w stosunku do roku 2010. Podobną reakcję stwierdzono na obiekcie kontrolnym, gdzie w 2011 odnotowano zwiększenie koncentracji chlorofilu w liściach bobiku o 4,1 jednostki SPAD w porównaniu do roku poprzedniego (rys. 6).



\* – średnie oznaczone różnymi literami różnią się w sposób statystycznie istotny ( $\alpha=0,05$ )/means marked with different letters differ in a statistically significant way ( $\alpha=0,05$ )

Rys. 6. Zawartość chlorofilu (SPAD) w liściach bobiku w zależności od lat  
Fig. 6. Chlorophyll content (SPAD) in the faba bean leaves depending on the years

## WNIOSKI

1. Zastosowane formy ochrony bobiku z wykorzystaniem entomopatogenicznego grzyba *Isaria fumosorosea* nie wpłynęły na plon nasion, elementy plonowania oraz wielkość wskaźników wegetacyjnych łanu bobiku.
2. Plon oraz elementy plonowania bobiku kształtowały się odmiennie w latach badań. Odmiana Sonet, przy wyraźnie większej masie tysiąca nasion i mniejszej liczbie strąków na roślinie zwiększyła plonowanie w drugim roku badań ( $2,34 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1}$ ).
3. Większą zawartość chlorofilu w liściach bobiku stwierdzono u odmiany Sonet (45,8 SPAD) niż u odmiany Amulet (43,9 SPAD).
4. Interakcja lata x odmiana modyfikowała plon nasion, liczbę strąków na roślinie, wielkość wskaźnika zieleni (NDVI) i wskaźnika WRDI, a jej wpływ na masę tysiąca nasion miał charakter tendencji.

## PIŚMIENNICTWO

- Agung S., McDonald G.H. 1998. Effects of seed size and maturity on the growth and yield of faba bean (*Vicia faba* L.). Aust. J. Agric. Res. 49: 79–88.
- Baćmaga M. 2007. Wpływ środków ochrony roślin na aktywność mikrobiologiczną gleby. J. Elem. 12(3): 225–239.
- Blackburn D., Shaprio-Ilan D.I., Adams B.J. 2016. Biological control and nutrition: Food for thought. Biol. Control 97: 131–138.
- Bogucka B., Wróbel E. 2008. Reakcja bobiku (*Vicia faba* L. *minor* Harz.) na sposób uprawy roli oraz gęstość siewu. Acta Sci. Pol., Agricultura 7(2): 11–19.
- Confalone A., Lizaso J.I., Ruiz-Nogueira B., Lopez-Cedron F.X., Sau F. 2010. Growth, PAR use efficiency, and yield components of field-grown *Vicia faba* L. under different temperature and photoperiod regimes. Field Crop Res. 115: 140–148.
- D'Alessandro C.P., Jones L.R., Humber R.A., Lopez Lastra C.C., Sosa Gomez D.R. 2013. Characterization and phylogeny of *Isaria* spp. strains (Ascomycota: Hypocreales) using ITS1-5.8S-ITS2 and elongation factor 1-alpha sequences. J. Bas. Microb. 53: 1–11.
- Faria M., Wraight S.P. 2001. Biological control of *Bemisia tabaci* with fungi. Crop Prot. 20: 767–778.
- Faria M.R., Wraight S.P. 2007. Mycoinsecticides and Mycoacaricides: A comprehensive list with worldwide coverage and international classification of formulation types. Biol. Control 43: 237–256.
- Hijwegen T., Buchenauer H. 1984. Isolation and identification of hyperparasitic fungi associated with *Erysiphaceae*. Neth. J. Plant Pathol. 90: 79–84.
- Kandpal V. 2014. Biopesticides. Int. J. Environ. Res. Develop. 2: 191–196.
- Kavkova' M., C'urn V. 2005. *Paecilomyces fumosoroseus* (Deuteromycotina: Hyphomycetes) as a potential mycoparasite on *Sphaerotheca fuliginea* (Ascomycotina: Erysiphales). Mycopathologia 159: 53–63.
- Kim J.S., Je Y.H., Skinner M., Parker B.L. 2013. An oil-based formulation of *Isaria fumosorosea* blastospores for management of greenhouse whitefly *Trialeurodes vaporariorum* (Homoptera: Aleyrodidae). Pest Manag. Sci. 69: 576–581.
- Krauss U., Hidalgo E., Arroyo C., Piper S.R. 2004. Interaction between the entomopathogenic *Beauveria bassiana*, *Metarhizium anisopliae* and *Paecilomyces fumosoroseus* and the mycoparasites *Clonostachys* spp., *Trichoderma harzianum* and *Lecanicillium lecanii*. Bio. Sci. Technol. 14: 331–346.
- Kulig B., Kołodziej J., Oleksy A., Kołodziejczyk M., Sajdak A. 2011. Influence of the weather conditions on faba bean yielding. Ecol. Chem. Eng. 8: 1–7.
- Kulig B., Oleksy A., Kołodziejczyk M., Lorenc-Kozik A., Frąk P., Sikora A. 2012. Plonowanie i kształtowanie się składowych plonu i powierzchni asymilacyjnej łanu wybranych odmian bobiku w zależności od sposobu ochrony roślin. Fragm. Agron. 29(4): 95–105.
- Kulig B., Oleksy A., Sajdak A. 2009. Plonowanie wybranych odmian bobiku w zależności od sposobu ochrony roślin i gęstości siewu. Fragm. Agron. 26(3): 93–101.
- Kuźniar T., Ropek D., Kulig B. 2014. Wykorzystanie owadobójczego grzyba *Isaria fumosorosea* do zwalczania szkodników w uprawie bobiku. Proceed. of EC Opole 8(1): 201–222.
- Lacey L.A., Wraight S.P., Kirk A.A. 2008. Entomopathogenic fungi for control of *Bemisia* spp.: foreign exploration, research and implementation. In: Gould, J.K., Hoelmer, K., Goolsby, J. (Eds.). Classical Biological Control of *Bemisia tabaci* in the USA: A Review of Interagency Research and Implementation. Springer, Dordrecht: 33–69.
- Machul M. 2001. Ocena stanu odżywienia roślin azotem z zastosowaniem testów roślinnych. Post. Nauk Rol. 3: 71–83.
- Marcinek J., Komisarek J. (red.) 2011. Systematyka gleb Polski. Roczn. Glebozn. 62(3): ss. 195.
- Mascarin G.M., Kabori N.N., Quintela E.D., Delalibera I. 2013. The virulence of entomopathogenic fungi against *Bemisia tabaci* biotype B (Hemiptera: Aleyrodidae) and their conidial production using solid substrate fermentation. Biol. Control 66: 209–218.
- Nega A. 2014. Review on concepts in biological control of plant pathogens. J. Biol. Agric. Health. 4(27): 33–54.

- Pilbeam C.J., Duc G., Hebblethwaite P.D. 1990. Effects of plant population density on spring-sown field beans (*Vicia faba*) with different growth habits. J. Agric. Sci. 11: 19–33.
- Ploetz R.C. 2007. Diseases of tropical perennial crops: challenging problems in diverse environments. Plant Disease 91: 644–663.
- Prusiński J. 2003. Wpływ obsady roślin na plonowanie samokończących odmian bobiku (*Vicia faba* ssp. *minor*) uprawianego na glebie lekkiej. Acta Sci. Pol., Agricultura 2(2): 107–118.
- Prusiński J. 2007. Content and balance of nitrogen in faba bean fertilized with ammonium nitrate and fed additionally with urea. EJPAU 10(4): #24.
- Prusiński J., Borowska M., Kaszkowiak E. 2008. Wybrane wskaźniki produktywności roślin bobiku w warunkach wzrastającego nawożenia azotem. Biul. IHAR 248: 105–116.
- Rozporządzenie Rady (WE) nr 834/2007 z dnia 28 czerwca 2007 r. Dziennik Urzędowy Unii Europejskiej L 189/1.
- Szentiványi O., Varga K., Wyand R., Slatter H., Kiss L. 2006. *Paecilomyces farinosus* destroys powdery mildew colonies in detached leaf cultures but not on whole plants. Europ. J. Plant Pathol. 115: 351–356.
- Tian J., Hao C., Liang L., Ma R.Y. 2014. Effects of temperature and relative humidity on conidial germination of *Isaria fumosorosea* (*Hypocreales: Cordycipitaceae*) IF-1106 and pathogenicity of the fungus against *Bemisia tabaci* (Homoptera: Aleyrodidae). Mycosystema 33: 668–679.
- Vega F.E., Goettel M.S., Blackwell M., Chandler D., Jackson M.A., Keller S., Koike M., Maniania N.K., Monzon A., Ownley B.H., Pell J.K., Rangel D.E.N., Roy H.E. 2009. Fungal entomopathogens: new insights on their ecology. Fungal Ecology 2: 149–159.
- Zimmermann G. 2008. The entomopathogenic fungi *Isaria farinosa* (formerly *Paecilomyces farinosus*) and the *Isaria fumosorosea* species complex (formerly *Paecilomyces fumosoroseus*): biology, ecology and use in biological control. Biol. Cont. Sci. Technol. 18: 865–901.

M. KRUPA, B. KULIG, D. ROPEK, R. WITKOWICZ, A. ŚLIZOWSKA

#### THE EFFECT OF ENTOMOPATHOGENIC FUNGUS *ISARIA FUMOSOROSEA* ON THE YIELD, THE YIELD COMPONENTS AND THE VEGETATION INDICES OF FABA BEAN

##### Summary

The aim of the study was to determine the suitability of the entomopathogenic fungus *Isaria fumosorosea* for the assessment of the effect on yield, yielding components and vegetation indices of faba bean. The ecological field experiment was carried out in a split-plot design in three replications in 2010–2011 at the Experimental Station of the Institute of Crop Production of the Agricultural University in Cracow. The first experimental factor was the cultivar of faba bean (Amulet, Sonet) and the second - the form of the plant protection methods in the following combinations: 1. control, 2. the seed dressing with fungus *Isaria fumosorosea*, 3. foliar application of spore suspension of fungus *Isaria fumosorosea* and 4. seed dressing and foliar application of the fungal strain of *Isaria fumosorosea*. Tested faba bean cultivars were significantly different in the matter of yielding and certain aspects of the yield, such as number of seeds per pod and the weight of one thousand seeds. Higher yield and weight of thousand seeds from the analyzed cultivars were characterized by the Sonet cultivar (2.34 t·ha<sup>-1</sup> and 393.1 g respectively). Higher relative content of chlorophyll in the leaves among the analyzed was observed in Sonet cultivar (45.8 SPAD). Larger leaf area index (LAI 2.05) characterized objects using the entomopathogenic fungus *Isaria* in the form of spray. Vegetation indexes and leaf area index was modified only by a statistically significant interaction cultivar x years.

**Key words:** faba bean, yield, *Isaria fumosorosea*, vegetation indices.

Zaakceptowano do druku – *Accepted for print*: 26.10.2017

Do cytowania – *For citation*

Krupa M., Kulig B., Ropek D., Witkowicz R., Ślizowska A. 2018. Wpływ entomopatogenicznego grzyba *Isaria fumosorosea* na plon, elementy plonowania i wskaźniki wegetacyjne bobiku. *Fragm. Agron.* 35(1): 40–52.