

INNOWACYJNE METODY OCHRONY W UPRAWACH EKOLOGICZNYCH

„Europejski Fundusz Rolny na rzecz Rozwoju Obszarów Wiejskich: Europa inwestująca w obszary wiejskie”
Publikacja opracowana przez Małopolski Ośrodek Doradztwa Rolniczego w Karniowicach
Instytucja Zarządzająca Programem Rozwoju Obszarów Wiejskich na lata 2014-2020 – Minister Rolnictwa i Rozwoju Wsi
Operacja współfinansowana ze środków Unii Europejskiej w ramach pomocy technicznej Programu Rozwoju Obszarów Wiejskich na lata 2014–2020

MODR KARNIOWICE

UNIWERSYTET ROLNICZY
im. Hugona Kołłątaja w Krakowie

INNOWACYJNE METODY OCHRONY W UPRAWACH EKOLOGICZNYCH

Kraków 2017

Małopolski Ośrodek Doradztwa Rolniczego
z siedzibą w Karniowicach
ul. Osiedlowa 9
32-082 Karniowice
tel. 12 285-21-13 / 14
e-mail: sekretariat@modr.pl
www.modr.pl

UNIWERSYTET ROLNICZY
im. Hugona Kołłątaja w Krakowie

Uniwersytet Rolniczy w Krakowie
Wydział Biotechnologii i Ogrodnictwa
Al. 29 Listopada 54
31-425 Kraków
tel.: 12 662-52-69
e-mail: wogr@ogr.ur.krakow.pl

Wydawca:
Małopolski Ośrodek Doradztwa Rolniczego z siedzibą w Karniowicach

ISBN 978-83-64594-66-3

Za treść opublikowanych referatów odpowiadają ich Autorzy

Skład i druk:
Poligraficzny Zakład Usługowy DRUKMAR
32-080 Zabierzów, ul. Rzemieślnicza 10
tel. 12 285-23-14

Nakład: 500 egzemplarzy

Spis treści

Jacek Nawrocki 4
Nowe preparaty do ochrony roślin w uprawie ekologicznej

Edward Kunicki 9
Wpływ wybranych stymulatorów wzrostu na wielkość plonu i zawartość azotanów w główkach kapusty głowiastej i włoskiej w uprawie poplonowej

Maciej Gąstoł, Iwona Domagała-Świątkiewicz, Adam Kiszka 13
Wpływ różnych metod zwalczania chwastów na wzrost i plonowanie truskawki uprawianej metodą ekologiczną

Michał Pniak **17**
Innowacyjne biologiczne metody zwalczania szkodników

Piotr Siwek, Andrzej Kalisz, Iwona Domagała-Świątkiewicz, Andrzej Libik 21
Efektywność zastosowania włóknin biodegradowalnych w uprawie wybranych gatunków warzyw

Iwona Domagała-Świątkiewicz, Piotr Siwek 25
Wskaźniki jakości gleby w tunelowej uprawie maliny

Konrad Sulak, Małgorzata Izydorczyk, Tomasz Mik, Izabella Krucińska, Danuta Ciechańska 29
Innowacyjne materiały włókninowe do celów rolniczych wytwarzane metodą spun-bonded

Michał Puchalski, Piotr Siwek, Izabella Krucińska 33
Instrumentalna ocena biodegradacji włóknin PLA przeznaczonych na cele rolnicze w warunkach polowych

Nowe preparaty do ochrony roślin w uprawie ekologicznej

Jacek Nawrocki
Katedra Roślin Warzywnych i Zielarskich, Wydział Biotechnologii i Ogrodnictwa
Uniwersytet Rolniczy w Krakowie

CEL PRACY

1. Celem dwuletnich doświadczeń polowych było określenie wpływu wybranych preparatów biologicznych, zastosowanych w ochronie trzech odmian pietruszki, na zdrowotność naci w trakcie wegetacji oraz korzeni po zbiorze i po okresie przechowywania.

2. Podczas doświadczeń polowych sprawdzano efektywność zastosowanych biopreparatów w ochronie czosnku przed ważniejszymi patogenami grzybowymi.

3. Celem dwuletnich doświadczeń było określenie skuteczności zastosowanych preparatów biologicznych w ochronie truskawki w uprawie hydroponicznej, przed mikozami.

METODYKA

1. W latach 2014 i 2015 badano wpływ wybranych preparatów biologicznych na zdrowotność naci i korzeni trzech odmian pietruszki korzeniowej: 'Alba', 'Hablange-Berlińska' i 'Kinga'. Doświadczenia polowe przeprowadzono w Mydlnikach – Stacji Doświadczalnej UR w Krakowie. Zastosowane w doświadczeniu środki to: Polyversum WP (*Pythium oligandrum* – 10^6 oospor w 1 g), Trifender WP (*Trichoderma asperellum* – 5×10^8 zarodników w 1 g), RhizoVital 42 (*Bacillus amyloliquefaciens* $>2.5 \times 10^{10}$ CFU/ml) – wszystkie w dawce 0,05%, oraz porównawczo standardowy fungicyd Topsin M 500 SC (tiofanat metylu – 500 g w 1 l). W 2015 wprowadzono dodatkowo preparat AQ10 (*Ampelomyces quisqualis* AQ10 $>5.0 \times 10^9$ zarodników/g) do ochrony naci przed mączniakiem prawdziwym. Kontrolę stanowiły rośliny niechronione. Ocenę zdrowotności naci przeprowadzono w sierpniu, wrześniu i podczas zbioru, korzeni zaś bezpośrednio po zbiorze i po okresie przechowywania w kopcu ziemnym. Ocenę przeprowadzono wg 5-stopniowej skali porażenia: 0 – bez objawów, 1 – 5% porażenia, 2 – 6–25% porażenia, 3 – porażenie 25–50%, 4 – porażenie równe i większe niż 51%. Z uzyskanych danych wyliczano indeksy porażenia, wyniki poddano obliczeniom statystycznym w układzie dwuczynnikowym (odmiana, preparat) – test Duncana przy 5-procentowym poziomie istotności.

2. Badania nad skutecznością wybranych preparatów biologicznych w ochronie dwóch odmian czosnku: polskiego 'Arkus' i chińskiego 'Garpek' przeprowadzono w tych samych latach i w tym samym miejscu, tak jak badania nad pietruszką korzeniową. Wykorzystano te same preparaty biologiczne (oprócz AQ 10), zdrowotność oceniano także 5-stopniową skalą, wyniki poddano podobnej analizie statystycznej.

3. Badania przeprowadzono w latach 2015 i 2016 na truskawkach odmiany 'Amandine', w uprawie hydroponicznej – na rynnach pod daszkami foliowymi, w Garlicy Murowanej – Sta-

cji Doświadczalnej UR w Krakowie. Podłożem była mieszanina torfu wysokiego i perlitu w stosunku 1:1. W doświadczeniach testowano biopreparaty: Serenade ASO (*Bacillus subtilis* szczep QST 713 – min. $1{,}042 \times 10^{12}$ CFU/l), Polyversum WP (10^6 oospor *Pythium oligandrum* w 1 g) oraz Rizocore (*Trichoderma harzianum* szczep INAT11 – 11^{10} CFU/g, *Bacillus megaterium* 10^4 CFU/g oraz grzyby mikoryzowe *Glomus* spp. 5%). Kontrolę stanowiły rośliny niechronione. Podczas obserwacji plantacji określano wpływ wybranych preparatów na zdrowotność liści, w 5-stopniowej skali, oraz jakość owoców. Uzyskane wyniki poddano obliczeniom statystycznym w układzie jednoczynnikowym.

WYNIKI

1. Pietruszka korzeniowa

Tab. 1. Indeksy porażenia liści pietruszki przez *Erysiphe heraclei* [%]

	2014				2015			
	'Alba'	'Hablange--Berlińska'	'Kinga'	Średnie	'Alba'	'Hablange--Berlińska'	'Kinga'	Średnie
Polyversum WP	28,75 f	22,48 de	16,95 bcd	22,54 c	7,46 cdef	10,97 fg	10,07 ef	9,44 c
Topsin M 500 SC	18,47 bcd	13,67 ab	9,86 a	13,18 a	4,14 bcde	4,32 bcde	3,88 bcd	4,11 b
Trifender WP	16,32 bc	20,05 cd	20,03 cd	18,77 b	4,72 cdef	6,87 cdef	8,52 def	6,62 bc
RhizoVital 42	28,71 f	27,42 ef	29,17 f	28,43 d	5,51 cdef	5,23 cdef	11,01 fg	7,04 c
AQ-10	-	-	-	-	0,92 ab	0,37 a	2,45 abc	1,10 a
Kontrola	43,21 g	39,49 g	38,39 g	40,35 e	19,71 h	18,63 gh	22,85 h	20,37 d
Średnie	26,59 b	24,13 ab	22,10 a		6,07 a	6,53 a	8,84 b	

Wartości w obrębie danego roku oznaczone tą samą literą nie różnią się istotnie (5%) według testu Duncana.

W 2014 r. objawy mączniaka prawdziwego pojawiły się na liściach i ogonkach liściowych pod koniec lipca. Wszystkie testowane preparaty skutecznie chroniły testowane odmiany pietruszki przed porażeniem przez *E. heraclei* w porównaniu do kontroli (Tab. 1). Topsin M 500 SC był najskuteczniejszy dla odmian 'Hablange-Berlińska' i 'Kinga', ale dla 'Alba' najlepszym preparatem okazał się Trifender WP. Najmniejszą skuteczność, w odniesieniu do wszystkich testowanych odmian, wykazał RhizoVital 42. W 2015 r., podczas całego sezonu wegetacyjnego było bardzo mało opadów deszczu i panowały wysokie temperatury powietrza, także brak wysokiej wilgotności powietrza. Warunki te ograniczały rozwój patogenicznych grzybów. Wszystkie zastosowane preparaty, oprócz Polyversum WP dla odmiany 'Hablange-Berlińska', były skuteczne w ochronie naci pietruszki przed infekcjami i rozwojem sprawcy mączniaka prawdziwego. Najskuteczniejszym w ochronie pietruszki przed *E. heraclei* okazał się grzyb *Ampelomyces quisqualis* (nadpasożyt sprawców mączniaków prawdziwych).

Tab. 2. Zdrowotność naci pietruszki – indeksy porażenia przez *Alternaria* spp. [%]

	2014				2015			
	'Alba'	'Hablange--Berlińska'	'Kinga'	Średnie	'Alba'	'Hablange--Berlińska'	'Kinga'	Średnie
Polyversum WP	15,30 e	17,36 ef	9,37 cd	13,82 c	22,12 abc	24,64 bcd	18,11 ab	21,56 a
Topsin M 500 SC	6,28 abc	5,38 ab	4,08 a	5,21 a	18,27 ab	22,53 abc	19,87 abc	20,19 a
Trifender WP	13,09 de	13,46 de	5,32 ab	10,27 b	19,53 abc	23,61 abcd	18,79 ab	20,60 a
RhizoVital 42	5,67 ab	7,72 bc	15,85 e	9,33 b	14,92 a	27,12 bcde	24,23 abcd	21,85 a
AQ-10	-	-	-	-	14,97 a	29,07 cde	22,88 abc	22,03 a
Kontrola	22,42 fg	14,13 e	15,85 e	19,83 d	33,42 de	36,66 e	36,93 e	35,66 b
Średnie	11,87 a	11,20 a	10,65 a		20,23 a	27,16 b	23,22 a	

Wartości w obrębie danego roku oznaczone tą samą literą nie różnią się istotnie (5%) według testu Duncana.

W obu latach doświadczeń Topsin M 500 SC okazał się najskuteczniejszym w ochronie naci wszystkich testowanych odmian pietruszki przed infekcją przez grzyby z rodzaju *Alternaria* (Tab. 2). Również bardzo skutecznym był RhizoVital 42, oprócz odmiany 'Kinga' – w tej kombinacji porażenie liści było podobne jak w kontroli. Natomiast środek Trifender WP efektywnie chronił liście odmiany 'Kinga'. Polyversum WP nie był skuteczny dla odmiany 'Hablange-Berlińska'. W 2015 r. RhizoVital 42 i AQ 10 były bardzo skuteczne tylko dla odmian 'Kinga' i 'Alba', w porównaniu do kontroli.

W ochronie korzeni przed mikozami, zarówno tuż po zbiorze, jak i po okresie przechowywania, najwyższą skuteczność wykazywał standardowy fungicyd Topsin M 500 SC, w obu latach badań. Preparaty biologiczne wykazały korzystny wpływ na zdrowotność korzeni tylko w 2014 r., natomiast w 2015 r. panujące warunki klimatyczne były przyczyną niższej skuteczności tych środków. W 2014 r. *P. oligandrum* (Polyversum WP) istotnie ograniczał porażenie korzeni odmian 'Alba' i 'Kinga' przez patogeniczne grzyby (przed i po okresie przechowywania). Natomiast *T. asperelleum* (Trifender WP) i *B. amyloliquefaciens* (RhizoVital 42) były skuteczne w ochronie korzeni odmiany 'Alba' i 'Kinga' tylko bezpośrednio po zbiorze.

2. Czosnek

Tab. 3. Zdrowotność korzeni i piętki czosnku – indeksy porażenia [%]

	2014			2015		
	'Arkus'	'Garpek'	Średnie	'Arkus'	'Garpek'	Średnie
Polyversum WP	7,76 bc	5,51 abc	6,59 ab	6,09 ab	4,76 a	5,40 a
Topsin M 500 SC	3,30 a	6,79 abc	4,90 a	8,20 ab	10,47 b	9,30 b
Trifender WP	4,91 ab	9.64 cd	7,09 ab	7,71 ab	8,77 ab	8,23 ab
RhizoVital 42	12,70 de	6,33 abc	9,27 b	5,00 a	5,82 ab	5,40 a
Kontrola	16.82 e	14,11 de	15,44 c	20,73 c	15,97 c	18,29 c
Średnie	8,46 a	8,24 a		8,95 a	8,78 a	

Wartości w obrębie danego roku oznaczone tą samą literą nie różnią się istotnie (5%) według testu Duncana.

W 2014 roku standardowy fungicyd Topsin M 500 SC i preparat Trifender WP najskuteczniej hamowały rozwój zgnilizn korzeni i piętek cebul odmiany 'Arkus'. Dość skuteczny był Polyversum WP, a preparat RhizoVital 42 okazał się całkowicie nieefektywny. Dla odmiany 'Garpek' najskuteczniejsze były środki Polyversum WP i Topsin M 500 SC oraz (odwrotnie niż u odmiany 'Arkus'), dość efektywny był RhizoVital 42. Trifender WP był nieskuteczny w ochronie cebul i korzeni czosnku. Analizy mikologiczne wykazały, że głównymi sprawcami zgnilizn były grzyby *Fusarium* spp. W kolejnym roku doświadczeń wszystkie zastosowane środki wykazały istotną skuteczność w ochronie cebul i korzeni obu odmian czosnku przed mikozami.

3. Truskawka w uprawie hydroponicznej

Panujące w 2015 roku wysokie temperatury powietrza skutkowały ograniczeniem porażenia owoców przez *Botrytis cinerea*. W roku tym zaobserwowano także większe nasilenie objawów mączniaka prawdziwego na liściach, szypułkach, rzadziej na owocach. Zastosowane preparaty nie wpłynęły istotnie na zdrowotność liści i owoców.

W drugim roku badań najskuteczniejszym w ochronie owoców przed patogenami grzybowymi preparatem był Serenade ASO. Korzystnie na zdrowotność owoców wpływał także Rizocore. Preparat Polyversum WP również ograniczał zgniliznę owoców, jednak nie było to istotne w porównaniu z kontrolą. Preparat Serenade ASO najskuteczniej hamował rozwój sprawcy białej plamistości liści truskawki. Zastosowane preparaty nie wpłynęły istotnie na porażenie truskawki przez *Sphaerotheca macularis* oprócz preparatu Serenade ASO.

WNIOSKI I ZALECENIA DLA PRAKTYKI

Standardowy fungicyd Topsin M 500 SC najskuteczniej chronił liście i korzenie pietruszki przed patogenami grzybowymi.

Preparat AQ 10 (*A. quisqualis*) efektywnie ograniczał rozwój *E. heraclei,* a także *Alternaria* spp i *S. petroselini* na naci pietruszki.

Polyversum WP (*Pythium oligandrum*) był skuteczny w ochronie liści pietruszki odmian 'Alba' i 'Kinga'.

W pierwszym roku badań wszystkie zastosowane preparaty skutecznie chroniły korzenie i cebule czosnku przed zgniliznami, z wyjątkiem RhizoVital 42 dla odmiany 'Arkus' i Trifender WP dla odmiany 'Garpek'. W 2015 r. wszystkie testowane preparaty hamowały rozwój zgnilizn korzeni i piętki cebul obu odmian czosnku.

W obu latach doświadczeń najskuteczniejszym preparatem do ochrony truskawki w uprawie hydroponicznej okazał się Serenade ASO (*Bacillus subtilis*).

LITERATURA

[1] Nawrocki J.: Wykorzystanie grzybów *Trichoderma* spp. oraz bakterii *Bacillus subtilis* w uprawie gatunków jagodowych, *Biuletyn Związku Sadowników RP*, XII Międzynarodowa Konferencja Sadownicza „Jagodowe trendy", Kraśnik 25–26 luty 2016, s. 32–36.

[2] Nawrocki J., Mazur S., Machura M.: Wpływ wybranych preparatów na zdrowotność korzeni pietruszki, *Streszczenia, 56. Sesja Instytutu Ochrony Roślin PIB*, Poznań 11–12 lutego 2016, s. 192.

[3] Nawrocki J., Machura M.: Biological control of parsley (*Petroselinum crispum* var. *tuberosum*), *Scientific proceedings of the 5th International Scientific Horticulture Conference*, Slovak University of Agriculture, Nitra 21–23 September 2016, s. 87–91.
[4] Nawrocki J., Pogodzińska A.: Effectiveness of the biological control of garlic (*Allium sativum* L.), *Acta Horticulturae et Regiotecturae – Special Issue*, Slovac University of Agriculture, Nitra, 2016, s.15–17. (DOI: 10.1515/ahr-2016-0017).
[5] Nawrocki J., Mazur S.: Skuteczność wybranych preparatów biologicznych w ochronie truskawki uprawianej na rynnach pod daszkami. *Streszczenia, 57. Sesja Instytutu Ochrony Roślin PIB*, Poznań 9–10 lutego 2017, s. 150.
[6] Nawrocki J., Machura M.: Wpływ wybranych preparatów biologicznych na zdrowotność korzeni pietruszki. *Streszczenia, 57. Sesja Instytutu Ochrony Roślin PIB*, Poznań 9–10 lutego 2017, s. 154.

Wpływ wybranych stymulatorów wzrostu na wielkość plonu i zawartość azotanów w główkach kapusty głowiastej i włoskiej w uprawie poplonowej

Edward Kunicki
Katedra Roślin Warzywnych i Zielarskich, Wydział Biotechnologii i Ogrodnictwa
Uniwersytet Rolniczy w Krakowie

WSTĘP

Uprawa warzyw polowych obarczona jest dość dużym ryzkiem związanym z oddziaływaniem czynników zarówno abiotycznych, jak i biotycznych. Ze względu na fakt, że w uprawach ekologicznych ograniczona jest możliwość stosowania tradycyjnych środków ochrony roślin, poszukiwane są alternatywne sposoby zwiększania odporności roślin warzywnych na niekorzystne warunki środowiska [Sharma, 2014]. Warzywa kapustne należą do jednych z najcenniejszych pod względem prozdrowotnym [Gajewski i in., 2008; Lola-Luz i in., 2013]. Zwiększający się popyt na nie jest jednym z bodźców do poszukiwania sposobów uprawy, pozwalających na uzyskanie nie tylko wysokiego plonu, ale przede wszystkim dobrej jakości, wyrażającej się między innym małą zawartością azotanów. Jednym z możliwych rozwiązań jest stosowanie takich preparatów, które z jednej strony zwiększają intensywność procesów fizjologicznych roślin, a z drugiej – są nieszkodliwe dla środowiska naturalnego. W ostatnich latach obserwuje się wzrastające zainteresowanie preparatami zawierającymi w swym składzie substancje biologicznie aktywne, które stosowane w małych dawkach, aktywizują metabolizm roślin, głównie poprzez zwiększenie ich wzrostu i rozwoju. Stosowane są zazwyczaj w uprawach polowych w postaci zabiegów profilaktycznych lub interwencyjnych [Jankowski i Dubis, 2008]. Coraz większego znaczenia nabierają preparaty wpływające na procesy fizjologiczne roślin. Dużo uwagi poświęca się ekstraktom z alg, które mogą wpływać pozytywnie na kiełkowanie nasion, wzrost roślin, zawartość chlorofilu, proces kwitnienia i plonowanie, zwiększając także odporność roślin na choroby i szkodniki [Cambri, 2008; Grabowska i Kunicki, 2009; Kunicki i in., 2010; Przybysz i in., 2010]. Wyciągi pozyskiwane są głównie z alg brunatnych (*Ascophyllum nodosum*), występujących powszechnie w północnym Atlantyku [Battacharyya i in., 2015; Halpern et al., 2015]. Preparaty te, jako nowa generacja bionawozów, zawierające niektóre regulatory wzrostu, poliaminy, naturalne enzymy, białka i witaminy, mogą być aplikowane roślinom w celu stymulowania procesów fotosyntezy i pobierania składników pokarmowych [Heckman, 1995; Joubert i Lefranc, 2008; Khan i in., 2009].

W roku 2016 założono doświadczenie polowe z poplonową uprawą kapusty głowiastej białej i czerwonej oraz kapusty włoskiej, którego celem było określenie wpływu wybranych preparatów wspomagających wzrost i rozwój roślin na wielkość plonu i zawartość azotanów w główkach.

METODYKA DOŚWIADCZENIA

Czynnikami badawczymi były: 1. Kapusta biała (odm. 'Alfredo' F1) kapusta czerwona ('Klimaro' F1) i kapusta włoska ('Ovasa' F1), 2. Biostymulator: Asahi (AS), Optysil (OSi), Optycal (Oca), Tytanit (TY) oraz Kontrola (K).

Rozsadę kapusty produkowano w wielodoniczkach nr 96 (siew nasion: 27 maja), którą wysadzono 26 czerwca w rozstawie 75 × 40 cm (Fot. 1). Biostymulatory aplikowano 4-krotnie: 8 i 25 lipca oraz 1 i 8 sierpnia. Jednorazowy zbiór przeprowadzono 19 września, 28 września i 4 listopada (odpowiednio, odm. 'Alfredo', 'Ovasa' i 'Klimaro').

Opis odmian:

'Alfredo' F1 – tworzy kuliste główki o masie 2–4 kg; okres wegetacji 90 dni (od sadzenia). Przydatna do uprawy poplonowej, odznacza się wysoką trwałością w obrocie handlowym. 'Klimaro' F1 – tworzy kulisto-owalne główki o masie 2–3 kg; okres wegetacji 123 dni. Wykazuje wysoką odporność na szarą pleśń.

'Ovasa' F1 – tworzy kuliste główki o masie 2–2,5 kg; okres wegetacji 100 dni. Bardzo plenna, polecana na zbiór letni i jesienny.

Opis biostymulatorów:

Tytanit – preparat aktywujący w roślinie naturalne procesy fizjologiczne. Stymuluje między innymi tworzenie chlorofilu, intensyfikując fotosyntezę i tym samym przyrost biomasy. Wpływa na bardziej efektywne pobieranie składników pokarmowych oraz wzmacnia naturalną odporność roślin na czynniki stresogenne. Zawiera 8,5 g Ti w 1 dm^3 roztworu.

Optycal – aktywator wapnia, stymuluje pobieranie tego pierwiastka z gleby i transport do najmłodszych części roślin. Dostarcza łatwo przyswajalny wapń bezpośrednio w zabiegu dolistnym.

Optysil – preparat aktywujący naturalne systemy odporności roślin oraz stymulujący ich wzrost i rozwój. Zwiększa tolerancję roślin na niekorzystne warunki uprawowe (np. suszę i inne stresy abiotyczne). Zawiera 200 g SiO_2 w 1 dm^3 roztworu.

Asahi – biostymulator oparty na trzech substancjach aktywnych z grupy nitrofenoli (orto-nitrofenol sodu, para-nitrofenol sodu i 5-nitroguajakol sodu) naturalnie występujących w roślinach. Wpływa korzystnie na wzrost wegetatywny i rozwój generatywny, wyższą produkcję biomasy. Wysokie parametry plonotwórcze są wynikiem lepszej efektywności fotosyntezy, poprawnej gospodarki wodnej w roślinie oraz wzrostu zawartości składników organicznych.

WYNIKI

Tab. 1. Plon ogólny i handlowy (t·ha^{-1}) badanych odmian kapusty w zależności od zastosowanego biostymulatora.

Biostymulator	'Alfredo' F1		'Klimaro' F1		'Ovasa' F1	
	Ogólny	Handlowy	Ogólny	Handlowy	Ogólny	Handlowy
K	61,96	58,29	44,04	42,03	42,15	41,52
AS	59,85	56,35	51,38	48,70	37,67	36,58
TY	52,50	49,13	45,63	42,49	40,89	39,90
Osi	58,05	56,06	49,54	47,91	39,61	38,93
OCa	58,42	55,65	43,20	40,63	40,99	40,87

Z analizy wyników zawartych w Tab. 1 wynika, że najmniejszy odsetek plonu poza wyborem uzyskano po zastosowaniu preparatu Optysil – 3,5; 3,3; i 1,7% (odpowiednio dla odmiany 'Alfredo' i 'Klimaro' i 'Ovasa'). Wyraźny wpływ na zwyżkę plonu handlowego, w porównaniu z kontrolą, stwierdzono jedynie u odmiany 'Klimaro' po zastosowaniu preparatu Asahi (48,70 t·ha^{-1}) oraz Optysil (47,91 t·ha^{-1}). W pozostałych przypadkach plon główek z roślin traktowanych stymulatorami kształtował się na poziomie zbliżonym do plonu uzyskanego z poletek kontrolnych.

Tab. 2. Zawartość azotanów (mg NO_3 kg^{-1} św.m.) w główkach badanych odmian kapusty w zależności od zastosowanego biostymulatora.

Biostymulator	'Alfredo' F1	'Klimaro' F1	'Ovasa' F1
K	669,3	559,0	636,5
AS	643,4	529,0	526,1
TY	519,2	470,8	372,6
Osi	793,5	605,4	422,6
OCa	674,5	609,6	381,2

Z danych zamieszczonych w Tab. 2 jednoznacznie wynika, że preparaty Tytanit i Asahi znacząco wpłynęły na obniżenie zawartości azotanów w główkach wszystkich testowanych odmian, natomiast aktywatory Optycal i Optysil tylko u odmiany 'Ovasa'.

ZALECENIA DLA PRAKTYKI

Jednoroczne doświadczenie wykazało, że niektóre stymulatory mogą wpływać dodatnio na wielkości i jakość plonu kapust. Większy plon w porównaniu z kontrolą stwierdzono w przypadku odmiany 'Klimaro' (kapusta czerwona), który został uzyskany po zastosowaniu Asahi i Optysil. Natomiast opryskiwanie roślin stymulatorami Asahi i Tytanit spowodowało istotne obniżenie zawartości azotanów w główkach wszystkich trzech odmian, co stanowi praktyczną wskazówkę odnośnie możliwości uzyskiwania wysokiej jakości plonu kapusty głowiastej i włoskiej.

LITERATURA

[1] Battacharyya D., Babgohari M.Z., Rathor P., Prithiviraj B.: Seaweed extracts as biostimulants in horticulture, *Scientia Horticulturae,* 2015, no. 196: 38–48.

[2] Cambri D.: Amino acids: the scientific basis of the biostimulation, *Conference on "Biostimulators in modern agriculture"*. Warsaw, 7–8 February 2008, Book of abstracts: 14.

[3] Gajewski M., Gos K., Bobruk J. The influence of Goteo biostimulator on yield and quality of two cultivars of Chinese cabbage, *Conference on "Biostimulators in modern agriculture"*, Warsaw, 7–8 February 2008, Book of abstracts: 160.

[4] Grabowska A., Kunicki E.: Wpływ wybranych biopreparatów na plonowanie brokułu w uprawie wiosennej, *Zeszyty Problemowe Postępów Nauk Rolniczych*, PAN, „Ogrodnictwo jutra – wyzwania i zagrożenia", 2009, Zeszyt 539, cz. I: 193–197.

[5] Halpern M., Bar-Taly A., Ofeky M., Minzy D., Mullerx T., Yermiyahu U.: The use of biostimulants for enhancing nutrient uptake, *[in] Advances in Agronomy*, 2015, vol. 130:141–174.
[6] Heckman J.R.: Evaluating phosphorus fertilization and commercial biostimulants for producing cabbage, *HortTechnology,* 1995, no. 5(4): 298–300.
[7] Jankowski K., Dubis B. Biostimulators for field crops, *Conference on "Biostymulators in modern agriculture"*, Warsaw, 7–8 February 2008, Book of abstracts: 24.
[8] Joubert J.M., Lefranc G.: Sea weed phytostimulants in agriculture: recent studies on mode of action two types of products from algae: growth and nutrition stimulants and stimulants of plant defense reaction, *Conference on "Biostimulators in modern agriculture"*, Warsaw, 7–8 February 2008, Book of abstracts: 16.
[9] Khan W., Rayirath U.P., Subramanian S., Jithesh M.N., Rayorath P., Hodges D.M., Critchley A.T., Craigie J.S., Norrie J., Prithiviraj B.: *J Plant Growth Regul,* 2009, no. 28: 386–399.
[10] Kunicki E., Grabowska A., Sękara A., Wojciechowska R.: The effect of cultivar type, time of cultivation, and biostimulant treatment on the field of spinach (*Spinacia oleracea* L.), *Folia Horticulturae 2010*, no. 22/2: 9–13.
[11] Lola-Luz T., Hennequart F., Gaffney M.: Enhancement of phenolic and flavonoid compounds in cabbage (*Brassica oleracea*) following application of commercial seaweed extractsof the brown seaweed (*Ascophyllum nodosum*), 2013.
[12] Przybysz A., Wrochna M., Słowiński A., Gawrońska H.: Stimulatory effect of Asahi SL on selected plant species, *Acta Sci. Pol., Hortorum Cultus* 2010, no. 9(2): 53–64.
[13] Sharma H.S.S., Fleming C., Selby CH., Rao J.R., Martin T., Plant biostimulants: a review on the processing of macroalgae and use of extracts for crop management to reduce abiotic and biotic stresses, *J. Appl. Phycol.* 2014, no. 26: 465–490.



Fot. 1. Widok ogólny doświadczenia z kapustą – Kraków-Mydlniki, 2016 r.

Wpływ różnych metod zwalczania chwastów na wzrost i plonowanie truskawki uprawianej metodą ekologiczną

Maciej Gąstoł, Iwona Domagała-Świątkiewicz, Adam Kiszka
Katedra Roślin Warzywnych i Zielarskich, Wydział Biotechnologii i Ogrodnictwa
Uniwersytet Rolniczy w Krakowie

CEL BADAŃ

Uprawa ekologiczna truskawek napotyka na liczne problemy. Jednym z nich jest wysoka **pracochłonność,** związana z koniecznością **odchwaszczania uprawy**. W zasadzie jedyną dopuszczalną metodą (oprócz kosztownego zwalczania mechanicznego) jest stosowanie ściółki z folii PE. Niestety, jej produkcja, a później utylizacja, zupełnie nie wpisują się w założenia rolnictwa ekologicznego. Dlatego obecnie prowadzone są intensywne badania nad wykorzystaniem w uprawie **folii biodegradowalnych**, w tym polimerów na bazie polilaktydu (Siwek i in., 2015).

Inną alternatywą dla ściółek syntetycznych są tzw. żywe ściółki**,** polecane przede wszystkim w produkcji proekologicznej i ekologicznej. Oprócz przeciwdziałania kompaktacji gleby, zapobiegają jej erozji, a przede wszystkim stanowią silną konkurencję dla chwastów. Po zakończonej uprawie i zmulczowaniu stanowią także cenne źródło materii organicznej. Wykorzystane tu gatunki spełniają funkcję biofumigacyjną (żyto) lub wzbogacającą glebę w azot (komonica) (Faulkner i in., 1964). Wreszcie, ostatnią linię ochrony przed chwastami stanowić mogą bioherbicydy – substancje o działaniu allelopatycznym, względnie toksycznym wobec występujących chwastów.

Celem doświadczenia była ocena wpływu różnego rodzaju ściółek (PE, PP, PLA), kwasu octowego, olejków roślinnych oraz ekstraktu z orzecha włoskiego (Shrestha, 2009) na wzrost, rozwój, plonowanie i jakość plonu truskawki w uprawie ekologicznej.

MATERIAŁY I METODY

Badania polowe zostały wykonane w Stacji Doświadczalnej Katedry Roślin Warzywnych i Zielarskich UR w Krakowie na polu ekologicznym (pierwsza certyfikacja – 2012 r.).

Dodatkowo założono poletka kontrolne, prowadzone według metodyk IPO, na pobliskim polu (nie jest ono certyfikowane).

Jako materiał do badań posłużyły sadzonki truskawki *frigo* odmiany 'Honeyoe'.

W doświadczeniu zastosowano następujące kombinacje:

1. **Kontrola A** (odchwaszczanie mechaniczne, pole ekologiczne),
2. **IPO** – kontrola II (odchwaszczanie chemiczne, pole z integrowaną produkcją),
3. **PLA** – ściółkowanie agrowłókniną PLA (biodegradowalna),
4. **PE** – ściółkowanie folią PE (niedegradowalna),
5. **PP** – ściółkowanie włókniną PP (niedegradowalna),

6. **Ws. A – żyto**, żywa ściółka (mulcz),
7. **Ws. B – komonica**, żywa ściółka (mulcz),
8. **Juglon** – opryskiwanie dolistne chwastów oraz powierzchni gleby,
9. **CH_3COOH** – kwas octowy – opryskiwanie chwastów.

Pomiary i obserwacje obejmowały:

- wzrost wegetatywny roślin (oceniany na podstawie pomiarów biomasy całych roślin, biomasy systemu korzeniowego oraz części nadziemnej truskawek, potencjał plonotwórczy – liczbę i średnicę pędów bocznych w koronie, a następnie wyliczonej ich powierzchni przekroju poprzecznego, pomiary wykonano w październiku),
- plon ogólny [g],
- średnią masę owoców [g],

WYNIKI

Jednym z najważniejszych czynników, mających wpływ na potencjał plonotwórczy truskawek, jest wielkość roślin. W doświadczeniu nie zaobserwowano wpływu metody uprawy (konwencjonalna/ekologiczna) na wielkość biomasy części nadziemnej i korzeni truskawek (Tab. 1). Także w odniesieniu do liczby pędów skróconych nie odnotowano różnic.

Sposób pielęgnacji gleby w istotny sposób wpłynął na wigor truskawek. Odnotowano najwyższą biomasę, zarówno dla części nadziemnej, jak i korzeni truskawek, uprawianych z użyciem włókniny oraz czarnej folii PE. Także biodegradowalna włóknina PLA zadziałała w stymulujący sposób na rozwój systemu korzeniowego. Na drugim – przeciwnym biegunie – znalazły się rośliny rosnące na poletkach z wsiewkami komonicy oraz żyta. Ich części nadziemne były 2–4-krotnie słabiej rozwinięte, niż w najlepszych obiektach. Znalazło to także odzwierciedlenie w niskich wartościach uzyskanych dla parametru: pole powierzchni przekroju poprzecznego koron i może negatywnie rzutować na plonowanie truskawek w przyszłych sezonach wegetacyjnych.

Tab. 1. Średnia masa roślin truskawki, ich części nadziemnej, korzeni, liczba koron oraz sumaryczne pole powierzchni koron w zależności od sposobu pielęgnacji gleby na plantacji. Pomiary po 1. sezonie wegetacyjnym (październik 2016).

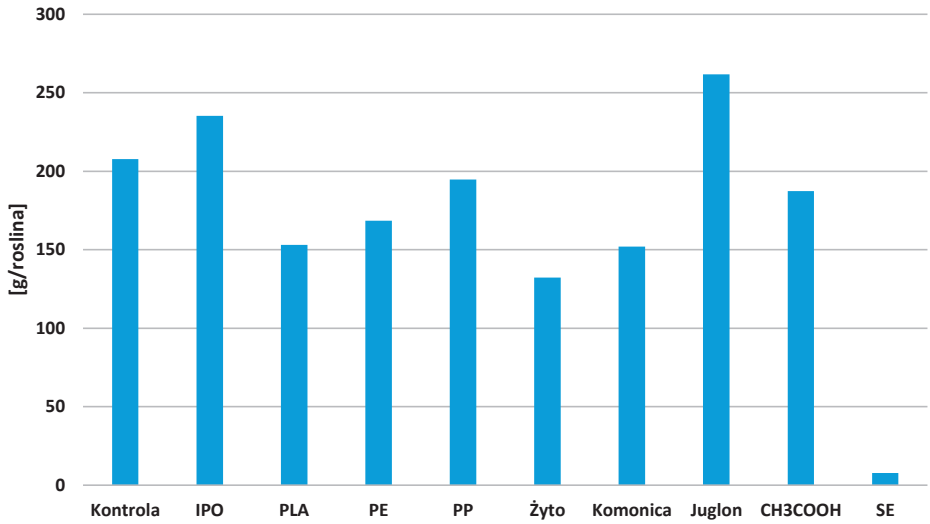
Obiekt		Biomasa rośliny [g]	Część nadziemna [g]	Biomasa korzeni [g]	Liczba koron [szt.]	Powierzchnia koron [cm^2]
Kontrola		428 bc*	176,8 bc	251 b-e	3,58 abc	6,16 bcd
IPO		411 bc	168,1 bc	243 b-e	3,45 ab	4,70 abc
Sposób utrzymania gleby	PLA	447 c	212,4 cde	235 bcd	5,18 a-d	8,92 de
	PE	631 d	320,8 e	310 e	5,64 cd	10,25 e
	Włóknina	605 d	298,1 de	305 e	5,05 a-d	8,54 de
	Żyto	283 ab	83,1 ab	200 a-d	3,87 a-d	3,28 ab
	Komonica	204 a	43,1 a	170,5 a	3,22 a	2,35 a
	Juglon	410 bc	167,7 bc	242 b-e	5,00 a-d	6,31 bcd
	CH_3COOH	398 bc	170,3 bc	228 a-d	4,27 a-d	6,06 bcd

**średnie oznaczone jednakowymi literami nie różnią się istotnie statystycznie przy poziomie istotności α=0,05*

Najbardziej interesującą sadownika cechą jest wielkość plonu (Ryc. 1). Sposób produkcji w istotny sposób wpłynął na plonowanie. Z truskawek ekologicznych zebrano mniej owoców (207,6 g roślina^{-1}) niż z uprawianych konwencjonalnie (235,2 g roślina^{-1}). Najniższym plonem odznaczały się obiekty z zastosowanymi wsiewkami: żyto i komonica (odpowiednio: 132,3 oraz 151,9 g roślina^{-1}). Zastosowanie kwasu octowego także miało negatywny, choć w mniejszym stopniu, efekt – 187,3 g roślina^{-1}. Najciekawszy okazał się obiekt z zastosowaniem juglonu – zwiększył on plonowanie truskawek, odnotowano 261,8 g owoców z jednej rośliny. Daje to plony w granicach 10,5 t ha^{-1}. Zastosowane metody utrzymania gleby w znaczący sposób wpłynęły na przyspieszenie/zmiany w terminach dojrzewania, a w konsekwencji – zbioru truskawek.

Podstawowym parametrem, opisującym jakość zewnętrzną owoców, jest ich wielkość. Najniższą masę owoców uzyskano dla obu wsiewek oraz systemu integrowanego (6,83–7,49 g). Należy jednak dodać, że w przypadku obiektu IPO niska masa owoców skorelowana była z ich dużą ilością. Pozostałe obiekty posiadały większą dorodność owoców: CH_3COOH (8,83 g), Kontrola (9,25 g), PE (9,35 g), Juglon (9,46 g). Najwyższą średnią masę stwierdzono dla włókniny PLA (9,54), ale nie udało się tych różnic potwierdzić statystycznie – możemy mówić o tendencji.

Ryc. 1. Średni plon truskawek w zależności od zastosowanej metody pielęgnacji gleby



WNIOSKI

1. Najwyższą biomasę, zarówno dla części nadziemnej, jak i korzeni truskawek, odnotowano dla roślin uprawianych z użyciem włókniny oraz czarnej folii PE. Najsłabszym wigorem odznaczały się rośliny rosnące na poletkach z wsiewkami komonicy oraz żyta.
2. Wysokość plonu z poletek konwencjonalnych była wyższa niż z ekologicznych. Zastosowanie juglonu dało ciekawy efekt uboczny – zwiększyło plonowanie truskawek.

LITERATURA

[1] Faulkner L.R., McElroy F.D.: Host range of northern root-knot nematode on irrigated crop plants and weeds in Washington, *Plant Disease Reporter*, 1964, no. 48, 190–193.
[2] Shrestha, A.: Potential of Black Walnut (Juglans nigra) extract product (NatureCur) as a pre- and post-emergence bioherbicide, *Journal of sustainable agriculture*, 2009, 33(8): 810–822.
[3] Siwek P., Domagała-Świątkiewicz I., Kalisz A.: The influence of degradable polymer mulches on soil properties and cucumber yield. *Agrochimica*, 2015, no. 59(2): 108–123.

Badania zostały częściowo sfinansowane przez MRiRW w ramach dotacji przedmiotowych dla różnych podmiotów wykonujących zadania na rzecz rolnictwa (decyzja HORre--msz-078-24/16(242) z dnia 30 maja 2016 r.)

Innowacyjne metody w ochronie biologicznej przed szkodnikami

Michał Pniak

Od wielu lat rośnie zainteresowanie zastosowaniem biologicznych metod ochrony roślin w uprawach owoców, warzyw oraz roślin rolniczych. W powszechnej praktyce od dłuższego czasu wykorzystuje się tę metodę do zwalczania szkodników.

W ochronie roślin przed szkodnikami stosowane są trzy rodzaje metod biologicznych, tj. introdukcja, masowa kolonizacja i protekcja (konserwacja).

Introdukcja polega na wprowadzaniu do środowiska pożytecznych organizmów, zwykle dotychczas niewystępujących na danym terenie, w celu zwalczenia lub ograniczenia populacji szkodników pochodzenia rodzimego lub obcego.

Masowa kolonizacja polega na okresowym wprowadzaniu do upraw pożytecznych organizmów pochodzących z hodowli.

Protekcja wykorzystuje działania umożliwiające ochronę i poprawienie rozwoju populacji pożytecznych organizmów, które występują w środowisku naturalnym.

Zwalczanie szkodników metodą biologiczną stosowane jest na szeroką skalę w uprawach pod osłonami, gdzie wykorzystuje się je do ograniczania populacji mączlików, mszyc, przędziorków, miniarek, wciornastków, głównie przy użyciu parazytoidów i drapieżców tych agrofagów, a także grzybów owadobójczych (*Beauveria basiana*) i bakterii (*Bacillus thuringiensis*). Coraz większe znaczenie i popularność metoda biologiczna zyskuje w uprawach sadowniczych, w których do zwalczania przędziorków stosuje się dobroczynka gruszowca. Jednakże na rynku środków ochrony roślin istnieją także preparaty zawierające owadobójcze wirusy (wirusy CpGV i AoGV) i bakterie (*B. thuringiensis*), wykorzystywane do zwalczania owocówki jabłkóweczki, zwójek liściowych i innych gąsienic. W uprawach polowych, prowadzonych na mniejszą skalę, stosuje się ochronę biologiczną z użyciem makro i mikroorganizmów, przykładowo do zwalczania larwy stonki ziemniaczanej stosowana jest bakteria owadobójcza *B. thuringiensis v. tenebrionis*. Jednak od niedawna w uprawach kukurydzy, do zwalczania omacnicy prosowianki i jaj tego szkodnika, wykorzystuje się kruszynka (*Trichogramma sp.*).

Wraz z rosnącym areałem upraw kukurydzy w Polsce i intensyfikacją produkcji wzrasta zagrożenie ze strony omacnicy prosowianki (*Ostrinia nubilalis*), która żeruje na wszystkich organach naziemnych kukurydzy (wiechy, kolby, liście, ziarniaki, łodygi itd.) (Fot. 1). Żerujące gąsienice powodują uszkodzenia wiązek przewodzących, wyłamywanie roślin, obniżenie jakości i plonu nasion, a ponadto zanieczyszczenie kolby odchodami omacnicy, są również przyczyną porażenia nasion przez choroby grzybowe.

Omacnica prosowianka stwarza największe problemy w uprawach kukurydzy, jednakże występowanie tego szkodnika obserwuje się coraz częściej na innych roślinach, m.in. papryce, malinie czy chmielu, gdzie staje się znaczącym problemem.



Fot. 1. Gąsienica omacnicy prosowianki

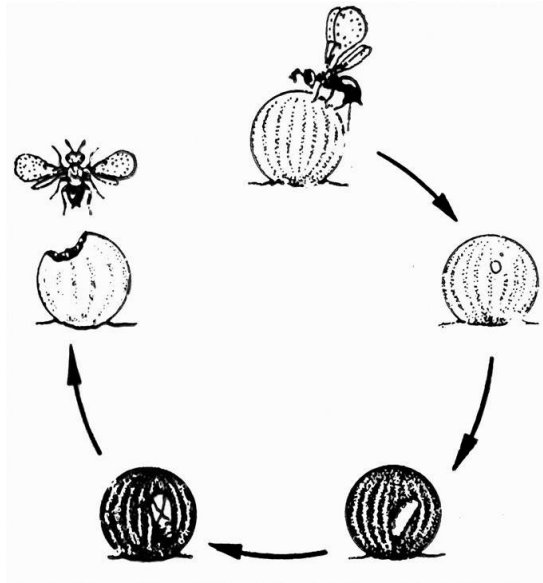


Fot. 2. Kruszynek (Trichogramma) postać dorosła

Zwalczanie omacnicy prosowianki metodą biologiczną polega na wprowadzeniu na plantację kukurydzy pasożytniczej błonkówki kruszynka, której larwy niszczą jaja tego szkodnika.

Kruszynek (*Trichogramma*) jest małą błonkówką o rozmiarach ok. 0,6 mm (Fot. 2).

Pasożytuje jaja wielu różnych gatunków motyli. Samica kruszynka składa jaja do jaj żywiciela i tam odbywa się rozwój larw i przepoczwarczenie błonkówki. Po 8–15 dniach pojawia się następne pokolenie dorosłych osobników, które ponownie przelatują na niespasożytowane jaja motyli i tam ponownie samice składają jaja (Ryc. 1).



Ryc. 1. Cykl rozwojowy kruszynka (Trichogramma)

Wprowadzenie kruszynka do uprawy kukurydzy odbywa się najczęściej poprzez zastosowanie zawieszek zawierających larwy i poczwarki kruszynka, które znajdują się w spasożytowanych jajach motyli pochodzących z hodowli (Fot. 3).



Fot. 3. Zawieszka z kruszynkiem



Fot. 4. Aplikacja kruszynka przy użyciu wiartakowca

Aplikację zawieszek prowadzi się ręcznie, umieszczając kartonową zawieszkę u nasady pierwszych w pełni rozwiniętych liści. Najczęściej stosuje się 25 zawieszek na 1 ha uprawy kukurydzy. Zabieg wykonywany jest jednorazowo w okresie lotu i składania jaj przez pierwsze samice omacnicy prosowianki.

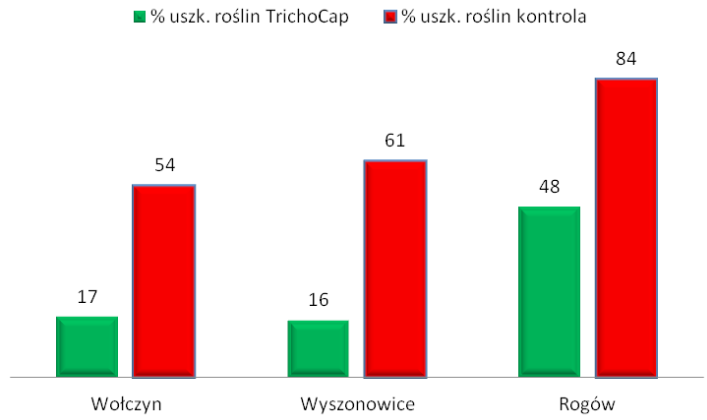
Innym sposobem aplikacji pożytecznych błonkówek na dużych areałach są zabiegi agrolotnicze. Do introdukcji kruszynka wykorzystuje się innowacyjną metodę aplikacji z wykorzystaniem ultralekkiego statku powietrznego – wiatrakowca. Polega ona na zrzucaniu z powietrza, z wysokości około 7 m, jaj spasożytowanych przez błonkówkę bezpośrednio na powierzchnię roślin (Fot. 4).

Zaletami tej metody są m.in.: szybkość wykonywania zabiegów (ok. 80 ha/h), brak zniszczeń wywołanych przejazdem opryskiwacza podczas naziemnego zabiegu ochronnego oraz równomierne rozproszenie kruszynka na plantacji kukurydzy.

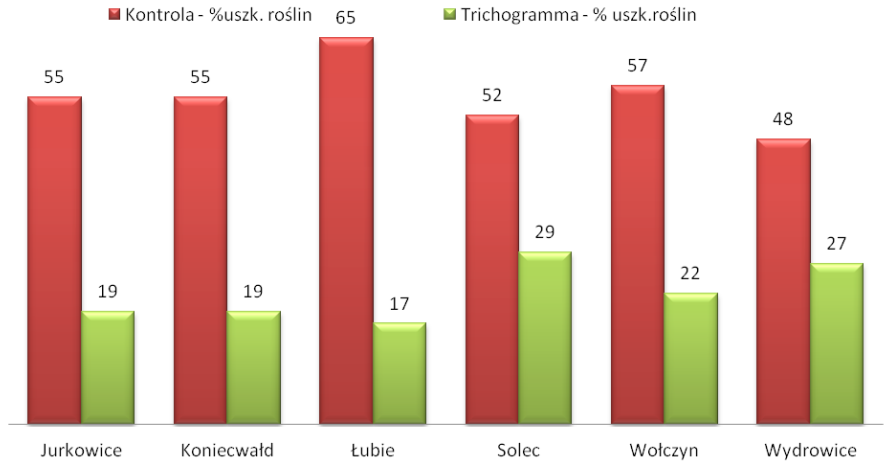
Zastosowanie metody biologicznej w ochronie kukurydzy z wykorzystaniem kruszynka jest skutecznym sposobem ochrony przed omacnicą prosowianką. Skuteczność zabiegów jest uzależniona od nasilenia szkodnika, sposobu i terminu aplikacji oraz warunków meteorologicznych panujących w trakcie i po aplikacji. Z przeprowadzonych badań wynika, że efektywność zastosowania zawieszek jest wyższa i może sięgać nawet ponad 90%. Podczas zabiegów agrolotniczych w różnych latach i lokalizacjach obserwowano średnią skuteczność w granicach 70% (Tab. 1, Ryc. 2 i 3).

Tab. 1. Porównanie średniej skuteczności działania metody agrolotniczej aplikacji kruszynka (TrichoLet), zawieszek z kruszynkiem (TrichoCap) i chemicznego zwalczania omacnicy w latach 2012–2015 z różnych lokalizacjach na terenie Republiki Czeskiej

Rok	TrichoLet zabieg agrolotniczy	TrichoCap zawieszki	Chemiczna ochrona
	średnia skuteczność [%] (liczba ocenianych pól)		
2012	76,6% (23)	85,9% (6)	82,3% (12)
2013	69,5% (52)	95,2% (3)	82,1% (25)
2014	75,8% (71)	92,3% (3)	89,3% (27)
2015	74,0% (146)	91,1% (12)	84,6% (64)



Ryc. 2. Wyniki analizy uszkodzeń roślin kukurydzy i skuteczności działania zawieszek z kruszynkiem (TrichoCap) w trzech lokalizacjach w 2016 r. w Polsce



Ryc. 3. Wyniki analizy uszkodzeń roślin kukurydzy i skuteczności działania zabiegu agrolotniczego z kruszynkiem (Trichogramma - TrichoLet) w sześciu lokalizacjach w 2015 r. w Polsce

Z przeprowadzonych do tej pory kilkuletnich obserwacji wynika, że skuteczność metody agrolotniczej jest niższa od metody wieszania zawieszek o ok. 10–15 %, jednakże zabiegi te są mniej pracochłonne z punktu widzenia rolnika i mają zastosowanie u dużych plantatorów, którzy posiadają pojedyncze pola o powierzchni powyżej 20 ha.

Metoda biologiczna zwalczania omacnicy prosowianki może stanowić alternatywę dla metody chemicznej, ponieważ skuteczność obu zabiegów jest porównywalna, a podczas zabiegów naziemnych przy użyciu opryskiwacza nie są ponoszone straty. Ponadto aplikacja zawieszek nie wymaga zastosowania drogiego, specjalistycznego sprzętu, jak w przypadku zabiegów chemicznych wykonywanych opryskiwaczami szczudłowymi.

Efektywność zastosowania włóknin biodegradowalnych w uprawie wybranych gatunków warzyw

Piotr Siwek, Andrzej Kalisz, Iwona Domagała-Świątkiewicz, Andrzej Libik
Katedra Roślin Warzywnych i Zielarskich, Wydział Biotechnologii i Ogrodnictwa
Uniwersytet Rolniczy w Krakowie

CEL BADAŃ

Badania nad potencjalnymi możliwościami zastosowania włóknin wykonywanych techniką spun-bonded w rolnictwie rozpoczęto w 2010 r. i były one kontynuowane w latach 2011–2013 w kierunku opracowania odpowiednich do użytkowania w rolnictwie właściwości fizycznych włóknin, głównie trwałości, masy powierzchniowej, wybarwienia oraz ich oceny w warunkach polowych. Dużą uwagę przywiązano także do kwestii utylizacji odpadów (wprowadzenia resztek do gleby lub kompostowania). Włókniny z PLA (polilaktydu) i PP z fotodegradantem (polipropylenu), zastosowane w doświadczeniach polowych, powinny wkrótce stać się nowym elementem technologii uprawy roślin ogrodniczych. Oprócz znanych w praktyce metod ściółkowania gleby i bezpośredniego osłaniania roślin, zaplanowano także nowatorskie sposoby wykorzystania **włóknin i innych polimerów biodegradowalnych z PLA i PBS** (polibursztynian butylu) – w doniczkowaniu rozsady roślin ogrodniczych oraz wykonywaniu sznurków do podwiązywania roślin w pomieszczeniach uprawnych.

Celem badań, uwzględniających wprowadzenie do technologii uprawy wskazanych roślin ogrodniczych nowych elementów, była ocena ich efektywności. Przeprowadzane w kilku kolejnych sezonach doświadczenia polowe i pod osłonami miały dać odpowiedź na zasadnicze pytania – czy ich przydatność jest porównywalna z tradycyjnymi materiałami włóknistymi i jaki jest ich wpływ na wzrost i plonowanie roślin oraz jakość części użytkowych. Ponadto celem było zbadanie i ustalenie optymalnych warunków dla degradacji zastosowanych materiałów włóknistych.

MATERIAŁY I METODY

W latach 2011–2013 przeprowadzono ścisłe doświadczenia polowe z kilkoma ważnymi gatunkami roślin ogrodniczych: ogórkami, pomidorami, sałatą, porami oraz pod tunelami foliowymi – malinami i papryką. Większość z nich wykonano w Warzywniczej Stacji Doświadczalnej w Mydlnikach k. Krakowa, a doświadczenie z malinami w Sadowniczym Zakładzie Doświadczalnym Instytutu Ogrodnictwa w Brzeznej k. Nowego Sącza.

W latach 2011–2013 po raz pierwszy w pracach badawczych w zakresie rolnictwa zastosowano włókninę z polilaktydu (PLA 50 g/m^2), polipropylenu (PP 50 g/m^2) z fotodegradantem 0,1% i 0,02% do ściółkowania i osłaniania bezpośredniego (PP i PLA 20 g/m^2) oraz z PLA i polibursztynianu butylenu o nazwie handlowej Bionolle (PBS 50 g/m^2) do doniczkowania rozsady i sa-

dzonek roślin ogrodniczych. Szczególnie cenne są wyniki dotyczące możliwości zastosowania włókniny z PLA, jako osłony bezpośredniej dla warzyw ważnych gospodarczo, uprawianych w okresie przymrozków (sałaty, ogórków) oraz zimy (porów) oraz doniczkowania rozsad.

WYNIKI I ZALECENIA DLA PRAKTYKI

Zastosowane prototypy włóknin biodegradowalnych z PLA i PP z fotodegradantem do ściółkowania i osłaniania bezpośredniego posiadały podobne właściwości spektralne oraz fizyczne, jak agrowłókniny polipropylenowe stosowane dotychczas w ogrodnictwie.

Dzięki czarnej barwie włóknin do ściółkowania wzrost chwastów pod ściółkami był praktycznie wyeliminowany. Warunki cieplne pod poszczególnymi włókninami nie różniły się istotnie, a temperatura gleby ściółkowanej była na zbliżonym poziomie jak gleby bez ściółki. W 2012 i 2013 r. największe plony pomidorów uzyskano w przypadku ściółkowania włókniną PP Agro i PP z fotodegradantem, a w przypadku ogórków – PLA i PP z fotodegradantem. Ściółkowanie nie wpłynęło na jakość owoców pomidorów ani ogórków. Zastosowanie ściółek z polimerów biodegradowalnych nie powodowało zagrożeń wzrostem szkodliwych dla zdrowia związków, tj. azotanów i metali ciężkich w glebie.

Ściółkowanie gleby w niewielkim stopniu wpływało na gęstość objętościową oraz pojemność wodną gleby. Nie zmieniało także istotnie wskaźnika wodoodporności agregatów glebowych. Nie stwierdzono również innego niż dla standardowych włóknin wpływu ściółkowania na właściwości chemiczne gleby.



Fot. 1. Doświadczenie z ogórkami na ściółce z PLA (z lewej) i PP z fotodegradantem (z prawej)

Bezpośrednie osłanianie sałaty masłowej włókninami w 2 na 3 lata doświadczeń dało pozytywny wynik i wzrost plonu. Warzywa osłaniane włókninami bezpośrednio – sałata i ogórek reagowały wyraźnie szybszym wzrostem i znacznie większym plonem. Dla obu gatunków największy wpływ wykazały włókniny PLA 20 g/m^2 i PP Agro 20 g/m^2. Znacznie wyższy plon uzyskano także w wyniku osłaniania włókniną PP fotodegradowalną. Nie wykazano istotnych różnic pomiędzy stosowanymi osłonami pod względem analizowanych składników chemicznych u ogórków. W przypadku sałaty liście roślin osłanianych zawierały więcej suchej masy i cukrów. W praktyce ogrodniczej włóknina z PLA 20 g/m^2 może zastąpić powszechnie stosowaną agrowłókninę PP 20 g/m^2. Dopracowanie włókniny z fotodegradantem pod względem trwałości i spowolnienie degradacji pozwoli na wdrożenie jej także do praktyki ogrodniczej.

Przygotowanie rozsady ogórków w doniczkach z włókniny PBS (Bionolle 1020 MD) dało zbliżony wynik plonowania roślin ogórków i pomidorów, jak przy użyciu standardowych tac wielodoniczkowych i pozwala je zastąpić doniczkami, które ulegają biodegradacji w odpowiednio długim okresie. Doniczki te zachowują swoją formę i wytrzymałość do wysadzenia rozsady w pole, a później ulegają pękaniu i stopniowej degradacji w wyniku działania mikroorganizmów i rozrastania się systemu korzeniowego. Jest to oczekiwany efekt, który pozwala zastąpić w gospodarstwach ogrodniczych i ogrodach przydomowych oraz na działkach tradycyjne tace wielodoniczkowe z termoplastów. Wyraźne oznaki degradacji następowały po 40 dniach od napełnienia podłożem.



Fot. 2. Doniczki z włókniny Bionolle po 2 miesiącach od siewu ogórków (z lewej) i po 1 miesiącu od sadzonkowania truskawek (z prawej)

W celu oceny postępu degradacji włóknin wiosną 2012 r. drewniane kompostowniki o wymiarach 1×1×0,5 m wypełniono rozdrobnionymi włókninami, które wymieszano z glebą pobraną z pola. W poszczególnych kompostownikach znalazły się włókniny z PLA, używane wcześniej w doświadczeniach, zmieszane z glebą oraz dodatkami kurzyńca, Radivitu (preparatu do aktywizacji kompostów) oraz kompostu przemysłowego. Postęp degradacji był bardzo powolny, zaobserwowano jednak dodatni wpływ kurzyńca na tempo biodegradacji. Włókniny biodegradowalne stosowane w doświadczeniu z pomidorami w ciepłym 2012 r. po jego zakończeniu były w stanie fragmentacji, zostały rozdrobnione mechanicznie glebogryzarką i przykryte glebą. Należy to uznać za bardzo dobry wynik dla praktyki, umożliwiający pozbycie się odpadów włókniny. Zależy on jednak od pogody i okresu ekspozycji.

Testowanie sznurków do podwiązywania pomidorów i papryki w tunelu przebiegało w dwóch kolejnych sezonach 2012 i 2013 r. W pierwszym roku sprawdzano trzy rodzaje sznurka do podwiązywania pomidorów i papryki w tunelu, wykonane z włókien ciągłych (biały, brązowy i czarny) metodą skręcania. W uprawie pomidorów o dużych owocach w okresie silnego przyrastania biomasy i owoców (masa roślin ok. 10 kg osiągnięta ok. 15 lipca) zerwaniu uległa znaczna część sznurków. W drugim roku sznurki wykonano z włókien odcinkowych metodą oplatania. Wówczas zrywanie się sznurków było dużo mniejsze.





Fot. 3. Sznurki oplatane w uprawie papryki (z lewej) i pomidorów (z prawej) w tunelach foliowych

LITERATURA

[1] Siwek P., Libik A., Twarowska-Shmidt K., Ciechańska D., Gryza I.: Zastosowanie biopolimerów w rolnictwie, *Polimery,* 55, nr 11–12, 2010, s. 806–811.

[2] Siwek P., Libik A., Kalisz A., Domagała-Świątkiewicz I.: Zastosowanie prototypów wyrobów z PLA, PP z fotoaktywatorem i PBS w Rolnictwie, *Biodegradowalne Wyroby Włókniste*, Krucińska I. (red.), Wydawnictwo Politechniki Łódzkiej, Łódź, 2014, s. 392–414.

[3] Puchalski M., Siwek P., Krucińska I.: Badanie biodegradacji włóknin PLA przeznaczonych na cele rolnicze w warunkach polowych, *Biodegradowalne Wyroby Włókniste*, Wydawnictwo Politechniki Łódzkiej, Łódź, 2014, s. 453–466.

[4] Siwek P., Libik A.: Wpływ osłon z włóknin degradowanych na plonowanie i jakość sałaty masłowej, *Konf. Naukowa „Zrównoważona produkcja roślin warzywnych i leczniczych – osiągnięcia i wyzwania"*, 20–21.06.2013, Warszawa, s. 85.

[5] Siwek P., Libik A., Kalisz A.: Efektywność osłaniania porów zimujących włókniną biodegradowalną, *Konf. Naukowa „Ziemia , Roślina, Człowiek"*, Kraków 11–12.09.2013 r. , s. 178.

[6] Siwek P., Libik A.: Biodegradowalne włókniny – od laboratorium do doświadczeń polowych, *Pod osłonami*, 3, 2013, s. 23–25.

[7] Siwek P., Prototypy włóknin biodegradowalnych, *Hasło Ogrodnicze*, 3, 2016, s. 50–51.

Badania wykonano w ramach projektu „Biodegradowalne materiały włókniste" BIOGRATEX, POIG.01.03.01-00-007/08

Wskaźniki jakości gleby w tunelowej uprawie maliny z wykorzystaniem włóknin biodegradowalnych

Iwona Domagała-Świątkiewicz, Piotr Siwek,
Katedra Roślin Warzywnych i Zielarskich, Wydział Biotechnologii i Ogrodnictwa
Uniwersytet Rolniczy w Krakowie

MATERIAŁY I METODY

Biodegradowalne tworzywa są pożądaną alternatywą dla tradycyjnych włóknin z tworzyw sztucznych stosowanych w ogrodnictwie. W 3-letnim doświadczeniu (2011–2013), prowadzonym w stacji doświadczalnej w Brzeznej (49°36′12″N 20°36′52″E), badano wpływ włóknin biodegradowalnych, stosowanych do ściółkowania gleby, na właściwości fizyczne i chemiczne oraz stabilność strukturalną agregatów glebowych w dwóch systemach produkcji maliny odm. Polka: w tunelu foliowym (TF) i w gruncie otwartym (OG). Rośliny sadzono na podniesionych zagonach (Fot. 1), które były mulczowane standardową włókniną polipropylenową (PP) i dwiema włókninami degradowalnymi z: polipropylenu z fotodegradantem (PP foto) oraz z polilaktydu (PLA). Grupę kontrolną stanowiły zagony nieokrywane włókninami.



Fot. 1. Podniesione zagony w uprawie maliny okryte włókniną PLA w trzecim roku doświadczenia

Próbki gleby pobierane były przed rozpoczęciem uprawy i po jej zakończeniu z warstwy orno-próchnicznej 0–20 cm. Oceniano skład granulometryczny, wodoodporność agregatów glebowych, gęstość objętościową, pojemność wodną oraz właściwości chemiczne gleby: odczyn, stężenie soli w roztworze glebowym, zawartość materii organicznej, azotu mineralnego (metoda FIA, PN-EN ISO 13395: 2001), przyswajalnych form makroelementów, mikroelementów i metali ciężkich.

Analiza uziarnienia została wykonana metodą areometryczną Casagrande, zmodyfikowaną przez Prószyńskiego (Ostrowska 1991, PN-R-04032). Gęstość objętościową oraz pojemność wodną gleby oznaczano według Kopecky'ego (Komornicki i in. 1993). Agregaty glebowe separowano w trakcie przesiewania na mokro według procedur opisanych przez Yodera (Yoder 1936, Sady i in. 1994). Odczyn gleby określano w zawiesinie wodnej i w roztworze 1 mol dm^{-3} KCl. Ogólne stężenie soli oznaczono konduktometrycznie (EC). Węgiel organiczny oznaczano metodą utleniania dwuchromianem potasu według procedur opisanych przez Tiurina (Lityński 1976). Oznaczenia zawartości przyswajalnych makroskładników (P, K, Mg, Ca i S) wykonano metodą uniwersalną, a rozpuszczalnych mikroelementów (Zn, Cu, Mn, Fe, B) i metali ciężkich (Cd, Pb, Cr, Ni) według metody Rinkisa (Ostrowska 1991). W ekstraktach składniki mineralne oznaczano metodą ICP OS na aparacie firmy Teledyne Liman Labs.

WYNIKI

Gleba na stanowisku doświadczalnym w Brzeznej wykazuje uziarnienie gliny z zawartością cząstek ilastych między 24 a 30%. W latach 2011–2013 średnia gęstość objętościowa gleby wyniosła odpowiednio 1,28 g cm^{-3}, 1,26 g cm^{-3} i 1,25 g cm^{-3} (Tab. 1).

Wykazano, że zarówno system produkcji malin (tunel/grunt otwarty), jak i rodzaj ściółki miał istotny wpływ na zawartość węgla organicznego, pojemność wodną i zawartość wodoodpornych agregatów w glebie (Tab. 1 i 2). Gleby pobrane z systemu OG charakteryzowały się niższą gęstością objętościową i niższym wskaźnikiem wodoodporności agregatów glebowych, ale równocześnie wyższą zawartością organicznego węgla i kapilarnej pojemności wodnej niż gleby z systemu TF.

Tab. 1. Właściwości fizyczne i chemiczne gleby w uprawie maliny odm. Polka w latach 2011–2013

Czynnik	Gęstość objętościowa g cm^{-3}	Wilgotność gleby kg kg^{-1}	Kapilarna pojemność wodna %ww	Kapilarna pojemność wodna %wv	% C	Index wodoodporności agregatów glebowych (%)
2011	1,28 a	0,341 a	34,0 a	43,2 a	0,87 b	90,6 b
2012	1,26 a	0,331 a	33,2 a	40,4 a	0,81 a	90,6 b
2013	1,25 a	0,346 a	34,4 a	42,8 a	0,97 b	84,2 a
Tunel (TF)	1,28 b	0,329 a	33,1 a	41,9 a	0,86 a	89,9 b
Pole (GO)	1,24 a	0,350 b	34,6 a	42,3 b	0,91 b	87,0 a
Kontrola	1,27 a	0,328 a	33,1 a	40,3 a	0,85 a	86,3 a
PP	1,26 a	0,344 a	33,9 a	42,3 b	0,93 b	88,7 b
PP foto	1,27 a	0,342 a	33,9 a	42,1 b	0,88 a	89,0 b
PLA	1,25 a	0,343 a	34,4 a	42,6 b	0,88 a	89,9 b

**średnie oznaczone jednakowymi literami nie różnią się istotnie statystycznie przy poziomie istotności α=0,05*

Mulczowanie gleby zwiększało pojemność wody wyrażoną jako zawartość wody kapilarnej, a także poprawiało jej strukturę w stosunku do gleby nieosłoniętej. Wpływ porównanych włóknin (standardowa, biodegradowalna) na wskaźniki jakości gleb był podobny.

Tab. 2. Procent agregatów wodoodpornych w 5 klasach wielkości (mm) w glebach tunelu foliowego i gruntu otwartego w uprawie maliny z wykorzystaniem ściółek biodegradowalnych, 2011–2013

Czynnik	4,0–2,5	2,5–1,5	1,5–1,0	1,0–0,5	0,5–0,25
2011	20,9 a	18,2 c	16,4 c	21,9 b	13,2 a
2012	21,1 a	17,0 b	14,5 b	23,5 c	15,8 b
2013	21,4 a	14,7 a	12,1 a	18,5 a	17,4 c
Tunel (TF)	2,8 b	16,5 a	14,4 a	22,1 b	14,9 a
Pole (GO)	20,4 a	16,7 a	14,3 a	20,4 a	15,9 b
Kontrola	23,1 b	16,6 ab	12,9 a	18,3 a	15,3 ab
PP	20,7 a	16,6 ab	14,7 b	22,3 bc	15,5 b
PP foto	19,5 a	15,9 a	14,7 b	21,4 b	16,6 c
PLA	21,1 a	17,6 b	15,1 b	23,1 c	14,4 a

Stwierdzono, że w tunelu wzrastało zasolenie gleby oraz zawartość P, Mg, Ca, S, Na i B w porównaniu do otwartego pola (Tab. 3). Badania wykazały, że ściółki mogą być zalecane do uprawy malin w zrównoważonych i ekologicznych systemach produkcji ogrodniczej.

Tab. 3. Odczyn, stężenie soli oraz zawartość makroskładników (mg dm^{-3}) i mikroelementów (mg kg^{-1} s.m.) w glebach w uprawie maliny, 2011–2013

Czynnik	pH_{H2O}	EC	P	K	Mg	Ca	$S\text{-}SO_4$	Na	B
2011	6,51	0,11	32,1	87	110	1039	14,1	21,5	0,04
2012	7,16	0,14	22,9	84	165	1268	38,5	26,0	0,14
2013	6,92	0,11	22,8	79	105	849	13,4	16,2	0,35
Tunel (TF)	7,89	0,17	40,9	71	161	1472	25,8	29,8	0,30
Pole (GO)	5,84	0,07	11,0	96	92	633	18,2	12,7	0,06
Kontrola	6,90	0,12	25,6	75	121	1039	19,1	22,1	0,15
PP	6,95	0,12	29,3	105	139	1107	26,3	25,8	0,20
PP foto	6,70	0,14	23,7	79	124	981	23,5	19,3	0,18
PLA	6,92	0,11	25,2	74	122	1081	19,1	17,6	0,18

WNIOSKI

Uzyskane wyniki mogą pomóc we wdrażaniu zrównoważonych i ekologicznych systemów uprawy malin. Badania wykazały, że miejsce uprawy i ściółkowania miało istotny wpływ na zawartość węgla organicznego, wilgotność i wodoodporność agregatów wodoodpornych w glebie. Gleby pod ściółkami miały większą zawartość węgla organicznego niż nieściółkowane. Mulczowanie z wykorzystaniem włóknin zwiększa pojemność wody w glebie, wyrażoną jako objętość wody kapilarnej. Indeks wodoodporności był wyższy w glebach tunelu niż w warunkach polo-

wych oraz w przypadku gleb osłoniętych włókniną niż w przypadku odkrytych gleb. Ogólnie rzecz biorąc, ściółka z włóknin poprawiała strukturę gleby, zwłaszcza w warunkach polowych. Okrycie zapobiegało spadkowi zawartości dużych agregatów wodoodpornych w glebach, szczególnie w systemie tunelowym. Wpływ porównanych włóknin na wskaźniki jakości gleb był zbliżony. Włóknina biodegradowalna może być zalecana do uprawy malin w zrównoważonych i ekologicznych systemach uprawy. Uprawa maliny w tunelu z wykorzystaniem systemu nawadniania kroplowego przy braku efektywnego ługowania soli z gleby przez opady deszczu, wiąże się ze wzrostem zasolenia gleby.

LITERATURA

[1] Komornicki T., Jakubiec J., Oleksynowa K.: Przewodnik do ćwiczeń z gleboznawstwa, Wydawnictwo AR w Krakowie, 1993.

[2] Lityński T., Jurkowska H., Grochala E.: Analiza chemiczno-rolna, PWN Warszawa, 1976.

[3] Ostrowska A., Gawliński S., Szczubiałka Z.: Metody analizy i oceny właściwości gleb i roślin, Instytut Ochrony Środowiska, Warszawa, 1991.

[4] PN-R-04032. Gleby i utwory mineralne. Pobieranie próbek i oznaczanie składu granulometrycznego, 1998.

[5] PN-EN ISO 13395:2001. Jakość wody – Oznaczanie azotu azotynowego i azotanowego oraz ich sumy metodą analizy przepływowej (CFA i FIA) z detekcją spektrometryczną.

[6] Sady W., Domagała I., Kowalska I., Lis-Krzyścin A., Ostrowska J.: Przewodnik do ćwiczeń z Uprawy roli i nawożenia roślin ogrodniczych, Skrypt AR w Krakowie, 1994.

[7] Yoder R.E.: A direct method of aggregate analysis of soils and a study of the physical nature of erosion losses, *J. Am. Soc, Agron*, 1936, 28 s. 337–351.

Innowacyjne materiały włókninowe do celów rolniczych wytwarzane metodą spun-bonded

Konrad Sulak, Małgorzata Izydorczyk, Tomasz Mik, Izabella Krucińska, Danuta Ciechańska
Instytut Biopolimerów i Włókien Chemicznych, ul. M. Skłodowskiej-Curie 19/27,
90-570 Łódź, e-mail: ibwch@ibwch.lodz.pl

CEL PRACY

Opracowanie technologii wytwarzania innowacyjnych materiałów włókninowych metodą spun-bonded z polimerów biodegradowalnych i modyfikowanego polipropylenu w postaci osłon bezpośrednich, ściółek oraz biodegradowalnych doniczek do rozsad.

WSTĘP

Obecnie stosowane materiały biodegradowalne oparte są o polimery, które posiadają zdolność degradacji pod wpływem działania mikroorganizmów. Materiały biodegradowalne, wraz z materiałami wytwarzanymi na bazie surowców odnawialnych, stanowią tzw. biotworzywa. Polilaktyd (PLA) jest najpopularniejszym wśród tworzyw biodegradowalnych (ok. 38% produkcji wszystkich polimerów biodegradowalnych). Polilaktyd jest polimerem powstałym z surowców odnawialnych, który może stanowić konkurencję dla obecnie stosowanych klasycznych tworzyw polimerowych, takich jak poliester, polietylen czy polipropylen. Właściwości fizyko-mechaniczne wyrobów włóknistych z polilaktydu zależą od stereoregularności polimeru oraz warunków formowania włókien [1–2]. W**łókniny i włókna z** tego polimeru znajdują zastosowanie jako surowiec do wielu wyrobów włókienniczych o dużym znaczeniu dla gospodarki. Obecnie prowadzone są intensywne badania określające przydatność włóknin z PLA do zastosowań rolniczych, m.in. jako ściółki i osłony bezpośrednie roślin ozimych.

Innym polimerem biodegradowalnym jest poli(bursztynian butylenu) Bionolle, produkowany przez firmę ShowaDenco K.K. Bionolle, wytwarzany z surowców petrochemicznych, tj. kwasu bursztynowego i 1,4-butanodiolu.

Odmienną grupę materiałów stanowią polimery fotodegradowalne. Są to tradycyjne tworzywa sztuczne, które zawierają dodatki przyspieszające degradację, ulegające rozkładowi w środowisku naturalnym pod wpływem światła [3].

METODYKA

W ramach pracy określono warunki techniczno-technologiczne formowania włóknin metodą spun-bonded z PLA, Bionnolle i polipropylenu modyfikowanego aktywatorem fotodegradacji w skali wielkolaboratoryjnej w celu uzyskania włóknin o potencjalnych zastosowaniach rolniczych. Zastosowano PLA firmy NatureWorks (USA), typ 6251D, Bionnelle 1020MD firmy ShowaDenco K.K oraz polipropylen wyprodukowany przez firmę Basell Orlen Polyolefins

Sp. z o.o. o nazwie handlowej Moplen HP462, modyfikowany aktywatorem fotodegradacji w postaci stearynianu żelaza. Do barwienia włóknin z PLA stosowano czarny koncentrat barwiący na bazie PLA, dostarczony przez firmę PolyOne, o symbolu CC10085911BG, stężenie koncentratu we włókninie wynosiło 2% wag.

Polimery biodegradowalne przed przetwórstwem stopowym suszono tak, aby zawartość wody w polimerze nie przekraczała 0,005%. Włókniny formowano przy użyciu stanowiska laboratoryjnego zaprojektowanego i zbudowanego przez Centralny Ośrodek Badawczo-Rozwojowy Maszyn Włókienniczych Polmatex-Cenaro. Formowanie włóknin na tym stanowisku przebiega w kilku etapach. Polimer w postaci krajanki wprowadzany jest do ekstrudera, gdzie ulega stopieniu. Następnie stopiony polimer poprzez filtr podawany jest do pompy dozującej, która przetłacza go przez filierę, znajdującą się w głowicy przędzącej, wytwarzając w ten sposób strużki włókien. Zastosowanie pompy dozującej umożliwia precyzyjne dawkowanie stopionego polimeru, a tym sam zapewnia kontrolę wydajności przędzenia i ciśnienia w głowicy przędzącej. Włókna z filiery przechodzą przez dyszę powietrzną, gdzie ulegają naprężeniu i rozciągnięciu. Na tym etapie cząsteczki polimeru we włóknach ulegają orientacji, co zwiększa stopień krystaliczności polimeru. Po przejściu przez dyszę powietrzną włókna rozkładane są na ruchomej taśmie transportera, tworząc runo. Pod taśmą znajduje się ssawa przysysająca runo do powierzchni transportera. Runo, opuszczając taśmę, zostaje wstępnie zespolone przez rolkę zgniatającą, co zapewnia jego zwartość. Wstępnie zespolone runo podawane jest na kalander z ogrzewanymi wałkami, gdzie następuje właściwy proces termicznego spajania. Na tym etapie również następuje wzrost krystaliczności polimeru wywołany podwyższoną temperaturą. W ostatnim etapie zespolone runo przekazywane jest na odbieralkę.

Biodegradowalne doniczki do rozsad wytwarzano z Bionolle w dwóch etapach:

- wytwarzanie włóknin metodą bezpośrednią spod filiery (spun-bonded),
- formowanie doniczek (pojemniki modelowano metodą termiczną z użyciem zgrzewarki laboratoryjnej do folii firmy Severin folio oraz stacjonarnej zgrzewarki impulsowej produkcji firmy Hualian).

Doniczki wytwarzano z włóknin niemodyfikowanych oraz powlekanych preparatami ochrony roślin, które uwalniają się w trakcie biodegradacji. Modyfikacja ma na celu ochronę przeciwmikrobową roślin oraz ułatwienie im korzystania z substancji odżywczych.

WYNIKI

Włókniny spun-bonded z PLA

Przeprowadzone prace umożliwiły określenie warunków formowania włóknin, tj. temperatury stopu polimeru w belce przędzącej, wydajności wytłaczania, ciśnienia w komorach dolotowych oraz temperatury kalandrowania. Stwierdzono, że proces przebiega najefektywniej w zakresie temperatur 210–220°C z wydajnością powyżej 0,1 g/min/otw. przy ciśnieniu powietrza w komorach dolotowych 1500–2500 Pa. Ponadto przeprowadzone badania wykazały istotny wzrost stopnia krystaliczności włóknin spun-bonded z polilaktydu pod wpływem ciepła lub/i naprężenia. Zaobserwowano, że podwyższenie temperatury kalandrowania do 85°C prowadzi do znacznego wzrostu stopnia krystalizacji włókien, co eliminuje skurcz włóknin, niekorzystny w zastosowaniach rolniczych.

Przeprowadzone prace umożliwiły wyznaczenie warunków techniczno – technologicznych, **w których można formować włókniny** spun-bonded o charakterystyce przedstawionej w Tab.1.

Tab. 1. Charakterystyka włóknin z PLA

Parametr		Wartość
Masa powierzchniowa	g/m^2	20–100
Grubość włókniny	mm	0,12–0,40
Średnica włókna	mm	5–12
Wytrzymałość na rozdzieranie w kier. wzdł.,	N	9–28
Wytrzymałość na rozdzieranie w kier. poprz.	N	9–22
Wytrzymałość właściwa w kier. wzdł.	MPa	1–7
Wytrzymałość właściwa w kier. poprz.	MPa	1–6
Wydłużenie przy zerwaniu w kier. wzdł.	%	2–25
Wydłużenie przy zerwaniu w kier. poprz.	%	2–21
Skurcz w gorącym powietrzu (80°C)	%	0–60

Ponadto badania wykazały, że wzrost temperatury kalandrowania prowadzi do zwiększenia stopnia krystaliczności włóknin z PLA. Wzrost stopnia krystaliczności redukuje skurcz pod wpływem temperatury oraz wpływa na wzrost siły zrywającej włókniny, co ma duże znaczenie w zastosowaniach rolniczych.

Włókniny z polipropylenu modyfikowanego aktywatorem fotodegradacji

Stwierdzono, że próbki włóknin PP, eksponowane na światło słoneczne, ulegają intensywnej fotodegradacji. Na podstawie przeprowadzonych badań stwierdzono, że proces fotodegradacji modyfikowanych włóknin PP jest silnie uzależniony od stężenia aktywatora w masie włókna. Stężenie stearynianu żelaza powyżej 0,1% wag. prowadzi do zbyt szybkiej degradacji włókniny. Do badań w warunkach polowych wytypowano włókninę o zawartości fotodegradanta wynoszącej 0,02% wag.

Doniczki z Bionolle

Opracowano sposób wytwarzania biodegradowalnych doniczek do rozsad z włóknin spun-bonded Bionolle. Doniczki charakteryzują się krótkim czasem degradacji w środowisku glebowym, wynoszącym 5–7 tygodni [4]. Taki czas biodegradacji umożliwia odpowiedni swobodny wzrost korzeni i rozwój rośliny. Ponadto doniczki te, przed wprowadzeniem do gleby, utrzymują kształt i strukturę przez 3–4 tygodnie, co jest z kolei czasem niezbędnym do wzrostu rozsad roślinnych na tackach w szklarni. Proponowane doniczki biodegradowalne mogą mieć zastosowanie w produkcji rozsady z materiału siewnego roślin warzywnych, ozdobnych oraz materiału szkółkarskiego. Wybór rośliny do rozsady z zastosowaniem proponowanych doniczek powinien być uzależniony od wymaganego czasu wzrostu w szklarni. Opracowane doniczki wykazują bowiem stabilność w okresie od 3–4 tygodni wzrostu rośliny na tackach.

WNIOSKI

Opracowane materiały wykazują przydatność do zastosowań w rolnictwie, ogrodnictwie i sadownictwie, przede wszystkim jako ściółki oraz osłony bezpośrednie roślin. W przeciwieństwie do powszechnie dostępnych folii i włóknin rolniczych, produkty wytworzone w ramach proponowanej technologii są degradowane. Rozwiązanie stanowi zatem odpowiedź na rosnący problem utylizacji zużytych tworzyw sztucznych w rolnictwie, sadownictwie i ogrodnictwie.

Podziękowania: Praca wykonana w ramach projektu „Biodegradowalne wyroby włókniste", POIG.01.03.01-00-007/08, współfinansowanego ze środków Unii Europejskiej w ramach Europejskiego Funduszu Rozwoju Regionalnego – Program Operacyjny Innowacyjna Gospodarka.

LITERATURA

[1] Puchalski M., Krucińska I., Sulak K., Chrzanowski M., Wrzosek H.: Influence of the calender temperature on the crystallization behaviors of polylactide spun-bonded non-woven fabrics, *Textile Research Journal,* 2013, no. 83, 1775.

[2] Puchalski M., Sulak K., Chrzanowski M., Sztajnowski S., Krucińska I.:, Effect of processing variables on the thermal and physical properties of poly(L-lactide) spun bond fabrics, *Textile Research Journal Journal,* 2015, no. 85, 535.

[3] Sulak K., Mik T., Lichocik M., Witkowska B., Wierus K., Krucińska I.: Modified polypropylene spun-bond non-wovens with increased susceptibility to photodegradation, *Przetwórstwo Tworzyw,* 2012, 6, 657.

[4] Sulak K. i in. "Biodegradable seedling pots and method of their manufacture", *Zgłoszenie PCT/PL2014/000153*

Instrumentalna ocena biodegradacji włóknin PLA, przeznaczonych do celów rolniczych w warunkach polowych

Michał Puchalski[1], Piotr Siwek[2], Izabella Krucińska[1]

[1] Katedra Materiałoznawstwa, Towaroznawstwa i Metrologii Włókienniczej, Politechnika Łódzka, Centrum Zaawansowanych Technologii Tekstyliów Przyjaznych dla Człowieka PRO HUMANO TEX, ul. Żeromskiego 116, 90-924 Łódź

[2] Katedra Roślin Warzywnych i Zielarskich, Uniwersytet Rolniczy w Krakowie

WSTĘP

Obecnie większość materiałów codziennego użytku wytwarzana jest z syntetycznych polimerów, pozyskiwanych głównie z przetwórstwa ropy naftowej. Materiały te są bardzo trwałe i praktycznie nie ulegają rozkładowi w środowisku naturalnym. Podobnie jest w przypadku materiałów przeznaczonych dla rolnictwa, takich jak włókniny produkowane metodą spod filiery (ang. spun-bonded). Surowcem wyjściowym do produkcji stosowanych we współczesnym rolnictwie włóknin są poliolefiny, głównie polipropylen (PP). Główną zaletą produkcji włóknin polipropylenowych jest niska cena oraz dobre właściwości użytkowe produktów. Polipropylen charakteryzuje się również wysoką odpornością na czynniki chemiczne i biologiczne, co w przypadku użytkowania jest cechą pozytywną, ale powoduje, że produkty wykonane z PP nie są degradowalne. Polimer ten nie jest więc obojętny dla środowiska naturalnego. Do proekologicznych rozwiązań należy zaliczyć recykling PP, ale odzyskiwanie go z włóknin o przeznaczeniu dla rolnictwa jest niezwykle kosztowne, ponieważ recyklant jest zanieczyszczony trudno usuwalnymi związkami mineralnymi z gleby oraz resztkami roślin [1,2].

Jedno z proekologicznych rozwiązań, zgodnych z ideą zrównoważonego rozwoju, to zastępowanie poliolefin biodegradowalnymi polimerami termoplastycznymi, otrzymywanymi z surowców odnawialnych. Obecnie znane, najbardziej zaawansowane są technologie związane z produkcją tego typu polimerów z wykorzystaniem syntezy polilaktydu (PLA) [3].

W Polsce zaawansowane prace badawczo-rozwojowe prowadzone były w latach 2008–2013 w Projekcie Kluczowym „Biodegradowalne wyroby włókniste – BIOGRATEX", finansowanym w ramach Programu Operacyjnego Innowacyjna Gospodarka. Jednym z tematów zrealizowanych w Projekcie Biogratex było opracowanie innowacyjnych, biodegradowalnych produktów przeznaczonych dla rolnictwa, w tym włóknin do ściółkowania roślin w sezonie letnim oraz włóknin okrywowych dla roślin zimujących. Opracowanie nowoczesnych rozwiązań wymagało przeprowadzenia badań instrumentalnych zaawansowanymi metodami badawczymi, takimi jak dyfrakcja rentgenowska czy też chromatografia żelowa, w celu oceny biodegradacji polimeru w warunkach kompostowania na polu. W niniejszej publikacji przybliżone zostaną wyniki prac prowadzonych w tym zakresie.

MATERIAŁY I METODYKA BADAŃ

W pracach wykorzystano włókniny wytworzone z poli(L-laktydu) firmy NatureWorks (USA), typ 6251D o zwartości D-laktydu 1,4% (polimer semikrystaliczny). Warunki przetwórstwa zostały dobrane eksperymentalnie, a kluczowym parametrem była temperatura kalandra 90°C, co zapewniło stabilizację struktury włóknistej i optymalne właściwości użytkowe [4]. Dodatkowo włóknina przeznaczona do ściółkowania została zabarwiona czarnym koncentratem barwiącym, dostarczonym przez firmę PolyOne.

Włókniny w warunkach polowych poddano procesowi kompostowania w glebie, a także w glebie z dodatkiem środków wspomagających kompostowanie, takich jak, BIODA®, RADIVID® czy obornik kurzy i bydlęcy. Proces kompostowania prowadzono w warunkach z dostępem powietrza (tlenu) w okresie od 07.06.2012 r. do 05.10.2013 r. i bez dostępu powietrza (tlenu) od 10.04.2013 r. do 10.09.2013 r. (Fot. 1).

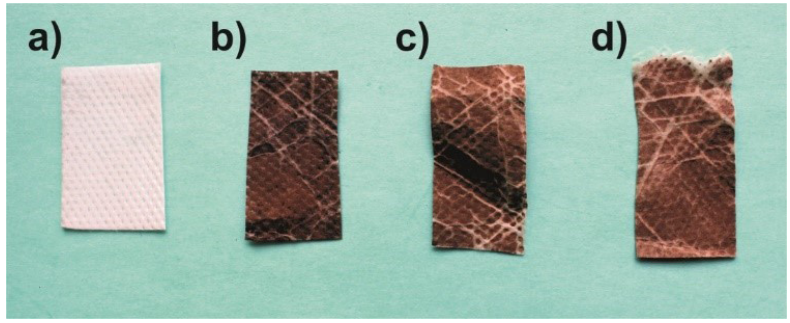


Fot. 1. Kompostowniki dla włóknin z PLA, skrzynie do kompostowania z dostępem tlenu i pojemniki do kompostowania w warunkach beztlenowych [5].

Badania dotyczące oceny zmian budowy cząsteczkowej i nadcząsteczkowej PLA przeprowadzono z użyciem chromatografu żelowego (GPC) z układem pomiarowym MALLS-SEC firmy Wyatt Technology Corporation oraz szerokątnego dyfraktometru rentgenowskiego z lampą CuKα firmy PANanalytical.

WYNIKI BADAŃ

Pierwszym etapem oceny biodegradacji była ocena organoleptyczna. Zarówno krótko okresowa degradacja beztlenowa, jak i jednoroczna degradacja w warunkach z dostępem tlenu powodowała wyraźne zmiany w budowie morfologicznej próbek włóknin. Widoczne było trwałe zabrudzenie składnikami kompostu oraz pęknięcia świadczące o destrukcji materiału (Fot. 2). Materiały stały się kruche i łatwo się rozpadały. W ocenie organoleptycznej uległy one degradacji i można przypuszczać, że wydłużenie czasu kompostowania mogłoby doprowadzić do ich całkowitej biodegradacji.



Fot. 2. Zdjęcia włókniny przed (a) oraz po kompostowaniu w warunkach z dostępem powietrza w kompoście z kompostowni (b), glebie z dodatkiem preparatu BIODA (c) glebie z dodatkiem preparatu RADIVID (d) [5].

Pomiary technikami instrumentalnymi, powszechnie stosowanymi w badaniach budowy fizycznej i chemicznej polimerów, potwierdziły degradację badanych materiałów. Zaprezentowane (Tab. 1 i 2) wyniki badań technikami GPC i WAXS pokazują, jakie zmiany w budowie tworzywa włóknin zaszły w wyniku kompostowania. Przede wszystkim odnotowano spadek masy cząsteczkowej (*Mw*), co jest podstawową zmianą wynikającą z degradacji polimerów. Dodatkowo wzrosła krystaliczność (*Xc*) materiałów, a także zmieniła się wartość wskaźnika opisującego strukturę krystaliczną polimeru – odległość braggowska ($D_{(hkl)}$). Zmniejszenie odległości braggowskiej potwierdza nieodwracalne zmiany budowy polimeru i jego degradację.

Tab. 1. Wyniki GPC i WAXS zmian PLA w procesie kompostowania w warunkach z dostępem tlenu [5].

Próbka	M_w (g/mol)	M_w/M_n	Xc (%)	$D_{(200)/(110)}$ (nm)
Włóknina przed kompostowaniem	57 700	1,70	45,5	0,537
Włóknina po kompostowaniu w kompoście z kompostowni	53 000	1,70	52,8	0,536
Włóknina po kompostowaniu w glebie z preparatem BIODA	56 200	1,63	59,0	0,534
Włóknina po kompostowaniu w glebie z preparatem RADIVIT	53 100	1,67	55,4	0,535

Tab. 2. Wyniki GPC i WAXS zmian PLA w procesie kompostowania w warunkach beztlenowych [6].

Próbka	M_w (g/mol)	M_w/M_n	Xc (%)	$D_{(200)/(110)}$ (nm)
Włóknina przed kompostowaniem	54 800	1,49	45,5	0,537
Włóknina po kompostowaniu w glebie z kurzym pomiotem	38 400	1,07	57,7	0,537
Włóknina po kompostowaniu w glebie z obornikiem bydlęcym	36 500	1,29	54,8	0,536
Włóknina po kompostowaniu w glebie z preparatem RADIVIT	46 700	1,44	51,4	0,540

PODSUMOWANIE

Przeprowadzone w ramach Projektu Biogratex prace umożliwiły dokonanie analizy biodegradacji włóknin wykonanych z komercyjnie dostępnego PLA w warunkach kompostowania na polu w warunkach z dostępem tlenu, jak i beztlenowych.

Włóknina z PLA o potencjalnym zastosowaniu w rolnictwie, zgodnie z otrzymanymi wynikami, ulega degradacji na polu, zarówno w warunkach tlenowych, jak i beztlenowych. Czas degradacji w warunkach polowych powinien być jednak odpowiednio długi ze względu na średniodobowe temperatury, które nie przekraczały 35°C. W czasie jednosezonowego eksperymentu, włókniny nie zdegradowały się w 100%. Proces ten należałoby więc docelowo prowadzić dłużej i, zgodnie z otrzymanymi wynikami, bardziej korzystnie w warunkach beztlenowych.

PODZIĘKOWANIE

Autorzy pragną podziękować prof. Tadeuszowi Bieli z CBMiM PAN za realizację badań GPC oraz dr inż. Konradowi Sulakowi i IBWCh za przygotowanie włóknin badawczych. Zaprezentowane wyniki badań przeprowadzono w ramach projektu kluczowego POIG.01.03.01-10-007/08-00, „Biodegradowalne wyroby włókniste BIOGRATEX", realizowanego w latach 2008–2013.

LITERATURA

[1] Siwek P., Libik A., Twardowska K., Schmidt D., Ciechańska I.: Zastosowanie biopolimerów w rolnictwie, *Polimery,* 2010; 55: 11–12.

[2] Elfray M., Gryta M.: Environmental fracture of polypropylene membranes used in membrane distillation process, *Polimery,* 2008, 53: 865–870.

[3] Foltynowicz Z., Jakubiak P.: Poli(kwas mlekowy) – biodegradowalny polimer otrzymany z surowców roślinnych, *Polimery*, 2002, 47: 769–774.

[4] Puchalski M., Krucińska I., Sulak K., Chrzanowski M., Wrzosek H.: Influence of the calender temperature on the crystallization behaviors of polylactide spun-bonded non-woven fabrics, *Textile Research Journal*, 2013, 83: 1775–1785.

[5] Puchalski M., Siwek P., Krucińska I.: Badanie biodegradacji włóknin PLA przeznaczonych na cele rolnicze w warunkach polowych, *Biodegradowalne wyroby włókniste* (pod red. I. Krucińskiej), wyd. Politechniki Łódzkiej, 2014, 491–502

[6] Puchalski M., Siwek P., Biela T., Sztajnowski S., Chrzanowski M., Kowalska S., Krucińska I.: Influence of the homehold composting conditions on the structural changes of polylactide spun-bonded nonwovens during degradation, *Textile Research Journal, DOI: 10.1177/0040517516673332*