PROGRESS IN PLANT PROTECTION

eISSN 2084-4883

Received: 14.05.2025 / Accepted: 16.06.2025

DOI: 10.14199/ppp-2025-012
Published online: 25.06.2025

ARTYKUŁ ORYGINALNY

Możliwości ochrony ogórka w uprawie pod osłonami przed mączniakiem prawdziwym dyniowatych (*Podosphaera fusca*) z zastosowaniem różnych środków biologicznych i chemicznych

Possibilities of protection of cucumber growing under covers against powdery mildew of cucurbits (*Podosphaera fusca*) using various biological and chemical products

Agnieszka Włodarek*

Streszczenie

Celem przeprowadzonych badań było określenie skuteczności testowanych biofungicydów i środków chemicznych w ochronie ogórka w uprawie pod osłonami przed mączniakiem prawdziwym (*Podosphaera fusca*). Badane produkty zawierały w składzie: COS-OGA, *Bacillus subtilis* szczep QST 713, olejek pomarańczowy, metrafenon i azoksystrobinę + difenokonazol. Doświadczenia prowadzone były w latach 2021 i 2022 w Instytucie Ogrodnictwa – Państwowym Instytucie Badawczym w Skierniewicach. Wykazano, że po 7 dniach po ostatnim zabiegu najwyższą skuteczność ograniczania patogenu w obydwu latach badań wykazały produkty zawierające: metrafenon i azoksystrobinę + difenokonazol. Niższą efektywność zwalczania uzyskano w wyniku stosowania *B. subtilis* szczep QST 713, COS-OGA i olejku pomarańczowego.

Słowa kluczowe: ogórek pod osłonami, *Podosphaera fusca*, bioprodukty, ochrona

Abstract

The aim of the study was to determine the efficacy of the tested biofungicides and chemicals products in the protection of cucumber under cover against powdery mildew (*Podosphaera fusca*). The tested products included in their composition: COS-OGA, *Bacillus subtilis* strain QST 713, orange oil, metrafenone and azoxystrobin + diphenoconazole. The experiments were conducted in 2021 and 2022 at the Institute of Horticultural – National Research Institute in Skierniewice. They showed that 7 days after the last treatment, the highest efficacy in reducing the pathogen in both years of the study was demonstrated by products containing: metrafenone and azoxystrobin + diphenoconazole. Lower efficacy of control was achieved by *B. subtilis* strain QST 713, COS-OGA and orange oil.

Keywords: cucumber under cover, *Podosphaera fusca*, bioproducts, crop protection

Instytut Ogrodnictwa – Państwowy Instytut Badawczy
ul. Konstytucji 3 Maja 1/3, 96-100 Skierniewice
*corresponding author: agnieszka.wlodarek@inhort.pl

Wstęp / Introduction

Ogórek (*Cucumis sativus* L.) należy do rodziny dyniowatych (Cucurbitaceae Juss.) i jest rośliną jednoroczną. Zaliczany jest do najwcześniejszych i najbardziej rozpowszechnionych warzyw, które spożywane są zarówno w stanie świeżym, jak i przetworzonym np. ogórki małosolne. Cieszy się dużą popularnością ze względu na swoje właściwości smakowe i dietetyczne. Owoce ogórka są dobrym źródłem składników mineralnych: sodu (Na), magnezu (Mg), potasu (K), wapnia (Ca), siarki (S), krzemu (Si), fluoru (F), żelaza (Fe) oraz witamin: tiaminy, ryboflawiny, witaminy C i niacyny, a także zawierają węglowodany i białko (Pal i wsp. 2020).

W uprawie ogórka zagrożenie stanowią patogeny grzybowe, grzybopodobne, bakterie i wirusy. Przedmiotem podjętych badań był grzyb *Podosphaera fusca* (syn. *Sphaerotheca fulginea*, syn. *Podosphaera xanthi*) (Castagne) U. Braun & Shishkoff sprawca mączniaka prawdziwego dyniowatych. Patogen infekuje części nadziemne i rzadko powoduje zamieranie żywiciela. Grzyb ten przyczynia się do dużych strat w plonach sięgających nawet 20–40%, co jest wynikiem zmniejszenia intensywności fotosyntezy i transpiracji, a w efekcie znacznego osłabienia wzrostu i rozwoju rośliny (Daayf 1995). Konidia *P. fusca* są przenoszone najczęściej drogą powietrzną, kiełkują po około 24 godzinach i wnikają w tkanki roślinne. Rozwój choroby trwa zwykle 7 dni, przy wilgotności względnej powietrza przekraczającej 75% (Pérez-Garcia i wsp. 2001).

W ochronie przed mączniakiem prawdziwym w uprawie ogórka pod osłonami powszechnie stosowane są fungicydy z następujących grup chemicznych: strobiluryny + triazole, triazole, karboksyamidy + triazole, pirymidyny, benzofenony, polisacharydy, nieklasyfikowane, biologiczne i mikrobiologiczne. Należy zaznaczyć, że ciągłe stosowanie tych samych związków może prowadzić do powstania odporności patogenów na stosowane substancje (Vielba-Fernández i wsp. 2020). Ponadto nadmierne używanie pestycydów przyczynia się do zanieczyszczenia środowiska oraz wyprodukowanej żywności, a niejednokrotnie obserwuje się wzrost ich toksyczności w stosunku do organizmów pożytecznych (Huang i wsp. 2010). Skuteczne zwalczanie mączniaka prawdziwego wymaga zintegrowanego zarządzania ochroną roślin, które obejmuje wprowadzanie odpowiednich zabiegów agrotechnicznych, w tym także np. właściwego wyboru odmian odpornych/tolerancyjnych. Niedawna strategia Europejskiego Zielonego Ładu nakładała m.in. obowiązek ograniczania stosowanych środków chemicznych (redukcja o 50% i nie mniej niż 35%), w celu utrzymania bioróżnorodności oraz podniesienia żyzności gleb. Z tego powodu Komisja Europejska wycofała w ostatnim czasie wiele substancji czynnych zawartych w środkach ochrony roślin. Powoduje to potrzebę poszukiwania nowych rozwiązań w ochronie roślin. Duży nacisk kładziony jest w kierunku wprowadzania do ochrony roślin przed patogenami środków biologicznych. Produkty te są nietoksyczne, biodegradowalne i odpowiednie do stosowania w integrowanych programach ochrony. Mogą również przyczynić się do zredukowania efektów długotrwałego stosowania fungicydów chemicznych (Homma i wsp. 1981). Należy zaznaczyć, że dopuszczone do stosowania środki biologiczne oparte są na naturalnych związkach pochodzących z mikroorganizmów, roślin, zwierząt bądź minerałów i mogą bezpośrednio hamować rozwój patogenów grzybowych bądź stymulować reakcje obronne rośliny (Heydari i Pessarakli 2010). W Polsce i na świecie obserwuje się coraz większe zainteresowanie warzywami i owocami pochodzącymi z gospodarstw ekologicznych, gdzie ochrona opiera się na stosowaniu bezpiecznych biopestycydów i nawozów. Jednak całkowite wyeliminowanie środków chemicznych z ochrony roślin stanowi wciąż duże wyzwanie zarówno dla naukowców, jak i producentów.

Celem pracy było porównanie skuteczności bioproduktów i środków chemicznych stosowanych w okresie wegetacji ogórka pod osłonami w ograniczaniu mączniaka prawdziwego dyniowatych (*P. fusca*) oraz określenie możliwości wspomagania ochrony biologicznej produktami chemicznymi.

Materiały i metody / Materials and methods

Doświadczenia prowadzono w latach 2021 i 2022 w tunelach foliowych Instytutu Ogrodnictwa – Państwowego Instytutu Badawczego w Skierniewicach o długości 30 mb i szerokości 7 mb z wywietrznikami w bramach szczytowych. Na miejsce stałej uprawy rośliny ogórka odmiany Iwa F1 wysadzano w fazie rozwojowej 3–4 liści właściwych (BBCH 13–14). Poletko stanowiły 2 rzędy po 5 roślin co 50 cm w rzędzie (EPPO 1/57 (3)). Odległość między rzędami sąsiadujących poletek wynosiła 220 cm. W celu zabezpieczenia gleby przed chwastami, międzyrzędzia wyłożono czarną agrowłókniną. Doświadczenia założono w układzie bloków losowanych w 4 powtórzeniach. Wszystkie zabiegi ochrony i nawożenia roślin w okresie wegetacji wykonano zgodnie z zasadami agrotechnicznymi i dobrą praktyką ochrony roślin (Pruszyński i Wolny 2007). Przed sadzeniem rozsady wykonano analizę gleby metodą uniwersalną (Nowosielski 1988) pod kątem dostępnych form składników pokarmowych, a niedobory uzupełniono stosując w obydwu latach saletrę amonową (odpowiednio: 8,4 i 3,8 kg/100 m^2) i siarczan potasu (odpowiednio: 7,6 i 1,0 kg/100 m^2).

W sezonach wegetacyjnych 2021 i 2022 w ochronie przed mączniakiem prawdziwym ogórka w uprawie pod osłonami badano następujące biopreparaty: Fytosave SL – zawierający związek z grupy polisacharydów: 12,5 g/l COS-OGA; Serenade ASO – mający w składzie bakterię *Bacillus subtilis* szczep QST 713 w ilości 13,96 g/l;

Prev-AM – zawierający związek z grupy olejków eterycznych: olejek pomarańczowy 60 g/l oraz fungicydy konwencjonalne: Vivando (500 g/l metrafenonu z grupy pochodnych ketonu difenylowego) i Scorpion 325 SC (200 g/l azoksystrobiny z grupy strobiluryn i 125 g/l difenokonazolu z grupy triazoli). Dawki w jakich były aplikowane wymienione środki podane zostały w tabelach 1 i 2.

W okresie wegetacji ogórka przeprowadzono po 4 zabiegi badanymi środkami w odstępach 7-dniowych, a pierwsze zabiegi były wykonywane profilaktycznie. Dawka cieczy roboczej wynosiła 500 l/ha. Ochronę roślin przed mączniakiem prawdziwym w przeprowadzonych doświadczeniach rozpoczęto 6.08.2021 r. w fazie rozwojowej 6–8 liści właściwych (BBCH 16–18) i 1.06.2022 r. w fazie rozwojowej 6 liści właściwych (BBCH 16). Kombinację kontrolną stanowiły rośliny opryskiwane wodą destylowaną. Zabiegi opryskiwania wykonywano z wykorzystaniem przenośnego opryskiwacza poletkowego ciśnieniowego typ Solo 462, o pojemności zbiornika 5 l, wyposażonego w jeden rozpylacz stożkowy ceramiczny średnicy 1,5 mm. W trakcie aplikacji testowanych środków ciśnienie cieczy roboczej wynosiło 3 bary. Procedura opryskiwania była prowadzona zgodnie z normami EPPO PP 1/181(4) (2012). Infekcja roślin przez sprawcę mączniaka prawdziwego w czasie prowadzonych doświadczeń była naturalna. W roku 2021 presja patogenu była niska, a pierwsze objawy zaobserwowano 7 dni po czwartym zabiegu, tj. 3.09.2021. Było to spowodowane długotrwałą chłodną pogodą, która od początku sierpnia charakteryzowała się średnimi temperaturami dobowymi powietrza poniżej 20°C, częstymi opadami deszczu i wysoką wilgotnością względną powietrza (od 73 do 99%). Panujące wtedy warunki pogodowe nie sprzyjały rozwojowi *P. fusca.* W kolejnym roku badań presja grzyba była wysoka, a pierwsze symptomy zaobserwowano już 7 dni po pierwszym zabiegu, tj. 8.06.2022 r. Rok 2022 odznaczał się ciepłą i wilgotną pogodą, ze średnimi dobowymi temperaturami powietrza powyżej 20°C, wilgotnością względną powietrza od 50 do 95% i długo utrzymującym się wysokim nasłonecznieniem. Warunki te sprzyjały rozwojowi sprawcy mączniaka prawdziwego dyniowatych.

Obserwacje porażenia roślin ogórka przez sprawcę choroby prowadzono w dniu każdego zabiegu oraz po 7, 14 i 21 dniach od ostatniego zabiegu. Ocenę nasilenia mączniaka prawdziwego szacowano poprzez określenie procentowego porażenia powierzchni liści ogórka według 8-stopniowej skali, gdzie 0 – brak objawów, 1 – do 1% porażonej powierzchni liści, 2 – od 2 do 5% porażonej powierzchni liści, 3 – od 6 do 15% porażonej powierzchni liści, 4 – od 16 do 25% porażonej powierzchni liści, 5 – od 26 do 50% porażonej powierzchni liści, 6 – od 51 do 75% porażonej powierzchni liści, 7 – powyżej 76% porażonej powierzchni liści (Sobolewski i Robak 2004). Otrzymane wyniki opracowano statystycznie posługując się metodą analizy wariancji. Do oceny różnic między średnimi użyto testu Newmana-Keulsa, przyjmując poziom istotności $\alpha = 5\%$. Obliczenia zostały wykonane z wykorzystaniem oprogramowania Statistica wersja 13.1 (Dell Inc. 2016, Round Rock, TX, USA). Skuteczność badanych środków obliczono za pomocą skróconego wzoru Abbotta (1925).

Wyniki i dyskusja / Results and discussion

Analiza mykologiczna liści ogórka z objawami chorobowymi wykazała, że grzybnia patogenu rozwijała się na powierzchni blaszki liściowej i była podzielona na konidiofory nierozgałęzione i wyprostowane z konidiami uformowanymi w łańcuszek. Kształt konidiów był elipsoidalno-owalny z kiełkowaniem bocznym oraz po traktowaniu KOH z widocznymi ciałkami fibrozynowymi w kształcie pręcików (Miazzi i wsp. 2011). Wymienione cechy pozwoliły potwierdzić, że badanym patogenem był *P. fusca*.

W 2021 roku warunki pogodowe nie sprzyjały rozwojowi mączniaka prawdziwego dyniowatych, dlatego porażenie roślin było na niskim poziomie, a pierwsze objawy chorobowe na kombinacji kontrolnej (niechronionej) zaobserwowano 7 dni po czwartym zabiegu. Badany biofungicyd zawierający olejek pomarańczowy – Prev-AM zapewniał całkowitą ochronę roślin ogórka przed *P. fusca* (100% skuteczności) (tab. 1). W kolejnym roku badań symptomy choroby zaobserwowano już 7 dni po pierwszym zabiegu profilaktycznym. Warunki pogodowe sprzyjały rozwojowi grzyba i z tego względu presja patogenu była bardzo wysoka (od 0,4 do 90,4% porażonej powierzchni liści w kontroli). W dniu czwartego zabiegu skuteczność Prev-AM w zwalczaniu mączniaka prawdziwego, podobnie jak w roku poprzednim, wynosiła 100%. Po 7 dniach od czwartego, ostatniego zabiegu, stwierdzono że skuteczność testowanego biopreparatu obniżyła się (98,8%), ale była istotnie wyższa w porównaniu do pozostałych testowanych biofungicydów (tab. 2). Kolejne dwie oceny wykonane po 14 i 21 dniach wykazały dalszy spadek skuteczności Prev-AM, która wynosiła odpowiednio 39,4 i 29,7%. Wysoką efektywność działania tego preparatu odnotowali Ostrowska i wsp. (2008) w zwalczaniu *Erysiphe cichoracearum* i *S. fulginea* na ogórku w uprawie szklarniowej. Środek ten był badany w dwóch stężeniach: 0,2 i 0,4% i wykazywał skuteczność w przedziale 95–99%. Co więcej, w analizach z wykorzystaniem skaningowego mikroskopu elektronowego autorzy odnotowali mniejszą witalność zarodników testowanych patogenów oraz zniekształcenie, spłaszczenie i staśmienie grzybni. Cerkauskas i Ferguson (2014) również odnotowali korzystny wpływ Prev-AM stosowanego w dawce 3 ml/l na ograniczanie *Podosphaera xanthii* w ochronie ogórka w uprawie szklarniowej. Jego ochronne działanie utrzymywało się nawet 27 dni po wykonanym zabiegu i podczas gdy w kombinacji kontrolnej procent porażenia roślin przez patogena wynosił 62,5%, to w wa-

Tabela 1. Ocena skuteczności wybranych środków chemicznych i bioproduktów w ochronie ogórka w uprawie pod osłonami przed mączniakiem prawdziwym dyniowatych (*Podosphaera fusca*) w roku 2021

Table 1. Evaluation of efficiency of chosen chemical and bioproducts in crop protection of cucumber under cover against powdery mildew (*Podosphaera fusca*) in 2021

Badane środki Products	Substancja czynna Active substance	Dawka środka Rate of product [l/ha]	Mączniak prawdziwy dyniowatych – Powdery mildew *Podosphaera fusca*							
			% porażenia liści percentage of leaves infected				% skuteczności percentage of effectiveness			
			27.08.2021 czwarty zabieg fourth application	3.09.2021 7 dni po czwartym zabiegu 7 days after fourth application	10.09.2021 14 dni po czwartym zabiegu 14 days after fourth application	17.09.2021 21 dni po czwartym zabiegu 21 days after fourth application	27.08.2021 czwarty zabieg fourth application	3.09.2021 7 dni po czwartym zabiegu 7 days after fourth application	10.09.2021 14 dni po czwartym zabiegu 14 days after fourth application	17.09.2021 21 dni po czwartym zabiegu 21 days after fourth application
Kontrola Untreated	–	–	0,0 ± 0,0 a	0,2 ± 0,06 a	2,8 ± 0,25 a	5,7 ± 0,84 a	–	–	–	–
Fytosave SL	COS-OGA	2,0	0,0 ± 0,0 a	0,0 ± 0,0 b	0,0 ± 0,0 b	0,0 ± 0,0 c	100	100	100	100
Serenade ASO	*Bacillus subtilis* (QST 713)	8,0	0,0 ± 0,0 a	0,0 ± 0,0 b	0,1 ± 0,14 b	1,1 ± 0,17 b	100	100	96,4	80,7
Prev-AM	olejek pomarańczowy orange oil	8,0	0,0 ± 0,0 a	0,0 ± 0,0 b	0,0 ± 0,0 b	0,0 ± 0,0 c	100	100	100	100
Vivando	metrafenon metrafenone	0,2	0,0 ± 0,0 a	0,0 ± 0,0 b	0,0 ± 0,0 b	0,0 ± 0,0 c	100	100	100	100
Scorpion 325 SC	azoksystrobina + difenokonazol azoxystrobin + difenoconazole	1,0	0,0 ± 0,0 a	0,0 ± 0,0 b	0,0 ± 0,0 b	0,0 ± 0,0 c	100	100	100	100

Test Newmana-Keulsa dla p = 0,05 – Newman-Keul's test (p = 0.05)
Wartości liczbowe oznaczone w kolumnach tą samą literą nie różnią się istotnie przy p = 0,05 – Values in columns followed by the same letter are not significantly different (p = 0.05)
Skuteczność obliczona według wzoru Abbotta – Efficacy of product calculated by Abbott's formula

Tabela 2. Ocena skuteczności wybranych środków chemicznych i bioproduktów w ochronie ogórka w uprawie pod osłonami przed mączniakiem prawdziwym dyniowatych (*Podosphaera fusca*) w roku 2022

Table 2. Evaluation of efficiency of chosen chemical and bioproducts in crop protection of cucumber under cover against powdery mildew (*Podosphaera fusca*) in 2022

Badane środki Products	Substancja czynna Active substance	Dawka środka Rate of product [l/ha]	Mączniak prawdziwy dyniowatych – Powdery mildew *Podosphaera fusca*							
			% porażenia liści percentage of leaves infected				% skuteczności percentage of effectiveness			
			22.06.2022 czwarty zabieg fourth application	29.06.2022 7 dni po czwartym zabiegu 7 days after fourth application	6.07.2022 14 dni po czwartym zabiegu 14 days after fourth application	13.07.2022 21 dni po czwartym zabiegu 21 days after fourth application	22.06.2022 czwarty zabieg fourth application	29.06.2022 7 dni po czwartym zabiegu 7 days after fourth application	6.07.2022 14 dni po czwartym zabiegu 14 days after fourth application	13.07.2022 21 dni po czwartym zabiegu 21 days after fourth application
Kontrola Untreated	–	–	0,4 ± 0,4 a	5,1 ± 0,0 a	57,5 ± 6,24 a	90,4 ± 4,93 a	–	–	–	–
Fytosave SL	COS-OGA	2,0	0,0 ± 0,0 b	2,4 ± 0,6 b	36,5 ± 2,99 b	58,2 ± 5,29 b	100	51,3	36,5	35,6
Serenade ASO	*Bacillus subtilis* (QST 713)	8,0	0,0 ± 0,0 b	1,4 ± 0,53 c	37,8 ± 4,88 b	64,3 ± 6,94 b	100	72,0	34,2	28,8
Prev-AM	olejek pomarańczowy orange oil	8,0	0,0 ± 0,0 b	0,06 ± 0,02 d	34,8 ± 3,7 b	63,5 ± 6,52 b	100	98,8	39,4	29,7
Vivando	metrafenon metrafenone	0,2	0,0 ± 0,0 b	0,0 ± 0,0 d	2,5 ± 0,81 d	4,8 ± 1,24 d	100	100	95,6	94,6
Scorpion 325 SC	azoksystrobina + difenokonazol azoxystrobin + difenoconazole	1,0	0,0 ± 0,0 b	0,0 ± 0,0 d	10,2 ± 1,5 c	25,5 ± 3,35 c	100	100	82,1	71,6

Test Newmana-Keulsa dla p = 0,05 – Newman-Keul's test (p = 0.05)
Wartości liczbowe oznaczone w kolumnach tą samą literą nie różnią się istotnie przy p = 0,05 – Values in columns followed by the same letter are not significantly different (p = 0.05)
Skuteczność obliczona według wzoru Abbotta – Efficacy of product calculated by Abbott's formula

riancie gdzie aplikowano Prev-AM rośliny były porażone na poziomie 5,0%.

Zastosowany w badaniach środek mikrobiologiczny Serenade ASO początkowo skutecznie chronił rośliny ogórka przed sprawcą mączniaka prawdziwego. W dniu czwartego zabiegu jego efektywność, w obydwu badanych latach, wynosiła 100%. Kolejne przeprowadzone oceny ujawniły stopniowy spadek działania ochronnego i w roku 2021 przy niskiej presji *P. fusca*, skuteczność Serenade ASO w dniu ostatniej oceny wynosiła 80,7% (tab. 1), zaś w kolejnym roku badań kiedy presja patogena była wysoka, efektywność zwalczania grzyba osiągnęła wartość 28,8% (tab. 2). Istotne ograniczanie rozwoju mączniaka prawdziwego dyniowatych w wyniku stosowania *B. subtilis* szczep QST 713 (Rhapsody), jak również jego działanie eradykacyjne wykazali w swoich badaniach Punja i wsp. (2019). Biofungicyd ten aplikowali w odstępach 7-dniowych i stwierdzili, że gdy na roślinach nietraktowanych procent porażonej powierzchni wynosił 80–100%, to w wariancie gdzie aplikowano Rhapsody wynosił 15–20%. Z kolei Gilardi i wsp. (2008) zaobserwowali, że opryskiwanie roślin cukinii biofungicydem opartym na *B. subtilis* w połączeniu z azoksystrobiną przeciwko *P. xanthii* zapewniało wyższą efektywność zwalczania grzyba niż oba środki stosowane samodzielnie. Natomiast Cerkauskas i Ferguson (2014) w przeprowadzonych doświadczeniach stwierdzili, że środek biologiczny Serenade ASO nie był skuteczny w zwalczaniu *P. xanthii* na roślinach ogórka w uprawie szklarniowej.

Zastosowany w badaniach Fytosave SL zawierający COS (chito-oligosacharydy) i OGA (oligogalakturonidy) (COS-OGA) aktywuje reakcje obronne rośliny na atak patogenów. Wyniki badań van Aubel i wsp. (2013) wskazują na wysoką skuteczność elicitora COS-OGA w zwalczaniu mączniaka prawdziwego (*S. fulginea*) na ogórku oraz winorośli (*Erysiphe necator*). Efektywność COS-OGA została także potwierdzona w doświadczeniach prowadzonych przez Calderone i wsp. (2022) na Sycylii, gdzie zwalczano mączniaka prawdziwego (*E. necator*) na winoroślach odmiany d'Avola i Inzolai. Wysoką efektywność ograniczania rozwoju *P. fusca* na roślinach ogórka w wyniku stosowania Fytosave SL odnotowano również w prezentowanych badaniach. W roku 2021 testowany stymulator odporności w warunkach niskiej presji grzyba wykazał pełną ochronę przed mączniakiem prawdziwym (100% skuteczności). W następnym roku badań efektywność biofungicydu zaczęła istotnie obniżać się od momentu wykonania czwartego zabiegu ochronnego i w czasie ostatniej obserwacji wynosiła 35,6%. Związane to było prawdopodobnie z wysoką presją *P. fusca*, która wynosiła w kombinacji kontrolnej w dniu ostatniej oceny 90,42% porażonej powierzchni liści (tab. 2). Uzyskane wyniki nie są zgodne z rezultatami prac van Aubel i wsp. (2013), gdzie mimo wysokiego nasilenia choroby na roślinach kontrolnych (90%), skuteczność COS-OGA wynosiła od 72 do 85%. Należy zaznaczyć, że sposoby działania biofungicydów są odmienne od produktów konwencjonalnych i są oparte najczęściej na: konkurencji o przestrzeń życiową, światło i pokarm, antybiozie, mykopasożytnictwie bądź zakłócaniu funkcjonowania membran przez grzybobójcze lipopeptydy oraz wzbudzaniu naturalnej odporności rośliny (FRAC Code List 2024). Oprócz ograniczania rozwoju patogenów mogą stymulować również wzrost roślin uprawnych. Obecnie pełnią ważną rolę w integrowanej ochronie roślin i rolnictwie ekologicznym (Nega 2014). Na skuteczność środków mikrobiologicznych w ochronie przed patogenami duży wpływ mają warunki atmosferyczne np. nasłonecznienie, wilgotność i temperatura powietrza, a także prawidłowe pokrycie chronionej powierzchni roślin, tak aby uzyskać odpowiednią liczebność organizmów pożytecznych. Przed zastosowaniem środków biologicznych należy zapoznać się dokładnie z etykietą danego produktu i przestrzegać zawartych tam zaleceń np. odnośnie właściwego ich przechowywania czy też wstępnej aktywacji zawartych w nim mikroorganizmów. Przedstawiona w niniejszej pracy efektywność działania biofungicydów była różna w latach, co można odnieść do różnicy warunków meteorologicznych panujących w okresie trwania doświadczeń. Przebieg pogody w latach 2021 i 2022 miał również istotny wpływ na rozwój *P. fusca.*

Zaprezentowane w niniejszej pracy wyniki potwierdzają wysoką skuteczność środków chemicznych: Vivando (metrafenon) i Scorpion 325 SC (azoksystrobina + difenokonazol) w zwalczaniu *P. fusca*. Substancje czynne wymienionych fungicydów działają wielokierunkowo na sprawców chorób, dzięki czemu wykazują stabilną efektywność nawet przy wysokiej presji patogenu np. azoksystobina należąca do grupy chemicznej strobiluryn zakłóca oddychanie mitochondrialne u grzybów czyli wykazuje działanie grzybobójcze oraz indukuje naturalne mechanizmy obronne roślin, a dzięki hamowaniu syntezy etylenu wpływa korzystnie na wielkość plonu (Kiniec 2023). Z kolei difenokonazol należący do triazoli blokuje biosyntezę steroli – głównego składnika błon komórkowych organizmów, a metrafenon z grupy pochodnych ketonu difenylowego blokuje mitotyczny podział jądra komórkowego (Kiniec 2023; FRAC Code List 2024). W badaniach Donnarumma i wsp. (2021) zaprezentowano niższą efektywność Vivando w ograniczaniu mączniaka prawdziwego dyniowatych na roślinach cukinii w wariancie, gdzie był 2-krotnie stosowany samodzielnie. Natomiast w kombinacji, w której dodatkowo wykonany był zabieg środkiem Topas (penkonazol), skuteczność ochrony była istotnie wyższa. Dobrą skuteczność działania metrafenonu wykazali również w swoich badaniach Dongiovanni i wsp. (2014), którzy wykazali jego efektywność w najwyższej dawce 300 ml/ha, w zwalczaniu mączniaka prawdziwego na melonie odmiany Barattiere. Z kolei Abou Tabl i wsp. (2018) stwierdzili ograniczające działanie mieszaniny azoksystrobiny i difenokonazolu na rozwój *S. fulginea* na 60-dniowych roślinach ogórka. Wysoką skuteczność

tej mieszaniny odnotowano także w zwalczaniu mączniaka prawdziwego na kabaczku. Istotnie wyższą efektywność (83,3%) uzyskano w wariancie, gdzie pierwszy zabieg przeprowadzono profilaktycznie. Niższą skuteczność (69,3%) obserwowano natomiast, kiedy opryskiwanie rozpoczęto w momencie pojawienia się pierwszych objawów chorobowych (Nosehy i wsp. 2019).

Wnioski / Conclusions

1. Profilaktyczna i interwencyjna aplikacja testowanych fungicydów chemicznych zawierających: metrafenon oraz mieszaninę azoksystrobiny i difenokonazolu w latach 2021–2022 skutecznie ograniczała rozwój *P. fusca* przez cały okres prowadzonych doświadczeń w uprawie ogórka pod osłonami.
2. Badane środki biologiczne mające w składzie: COS-OGA, *B. subtilis* szczep QST 713 i olejek pomarańczowy skutecznie chroniły rośliny ogórka przed sprawcą mączniaka prawdziwego tylko w warunkach niskiej jego presji.
3. Biofungicydy zawierające COS-OGA, *B. subtilis* szczep QST 713 i olejek pomarańczowy można zarekomendować do wspomagania ochrony ogórka w uprawie pod osłonami przed *P. fusca*. Zaleca się stosowanie tych preparatów przede wszystkim jako element integrowanej ochrony, naprzemiennie z fungicydami chemicznymi, szczególnie przy spodziewanej wysokiej presji patogenu.

Literatura / References

Abbott W.S. 1925. A method for computing the effectiveness of an insecticide. Journal of Economic Entomology 18: 265−267. DOI: 10.1093/jee/18.2.265a

Abou Tabl A.H., Sallam E.S., Abdulkader T. 2018. The potential of biodegradable formulation from petroleum waste to control the powdery mildew of cucumber singly or in combination with (difenoconazole + azoxystrobin). Journal of Plant Protection and Pathology 9 (10): 667–670.

Calderone F., Vitale A., Panebianco S., Lombardo M.F., Cirvilleri G. 2022. COS-OGA applications in organic vineyard manage major airborne diseases and maintain postharvest quality of wine grapes. Plants 11 (13): 1763. DOI: 10.3390/plants11131763

Cerkauskas R.F., Ferguson G. 2014. Management of powdery mildew (*Podosphaera xanthii*) on greenhouse cucumber in Ontario. Canadian Journal of Plant Pathology 36 (1): 22–37. DOI: 10.1080/07060661.2013.878754

Daayf F. 1995. The effect of plant extracts of *Reynoutria sachalinensis* on powdery mildew development and leaf physiology of long English cucumber. Plant Disease 79 (6): 577–580. DOI: 10.1094/PD-79-0577

Dongiovanni C., Carolo M., Fumarola G., Santomauro A., Faretra F. 2014. Further experiences against powdery mildew of cucurbits in Apulia. Atti, Giornate Fitopatologiche, Chianciano Terme (Siena), 18–21 marzo 2014, Volume secondo: 467–476.

Donnarumma L., Morgia C., Di Lernia G., Nota P., Milano F. 2021. Evaluation of the use of essential oils for managing powdery mildew disease on zucchini plants. Journal of Plant Pathology 103 (8): 587–593. DOI: 10.1007/s42161-021-00812-6

EPPO 1/57 (3). Efficacy evaluation of fungicides. Powdery mildew on cucurbits and other vegetables. European and Mediterranean Plant Protection Organization: 78–82.

EPPO PP 1/181(4) 2012. Efficacy evaluation of plant protection products. Conduct and reporting of efficacy evaluation trials, including good experimental practice 42 (3): 382–393. DOI: 10.1111/epp.2611

FRAC Code List 2024. Fungal control agents sorter by cross-resistance pattern and mode of action (including coding for FRAC Groups on product labels). Frac Fungicide Resistance Action Committee: 1–18.

Gilardi G., Manker D.C., Garibaldi A., Gullino M.L. 2008. Efficacy of the biocontrol agents *Bacillus subtilis* and *Ampelomyces quisqualis* applied in combination with fungicides against powdery mildew of zucchini. Journal of Plant Diseases and Protection 115: 208–213. DOI: 10.1007/BF03356265

Heydari A., Pessarakli M. 2010. A review of biological control of fungal plant pathogens using microbial antagonists. Journal of Biological Sciences 10 (4): 273–290. DOI: 10.3923/jbs.2010.273.290

Homma Y., Arimoto Y., Misato T. 1981. Effect of sodium bicarbonate on each growth stage of cucumber powdery mildew fungus (*Sphaerotheca fulginea*) in its life cycle. Journal of Pesticide Science 6: 201–209. DOI: 10.1584/jpestics.6.201

Huang L., Wei P., Fan L., Ye D., Zhu X., Xu Z. 2010. The biosynthesis and bioactivity evaluation of the cytosine-substituted mildiomycin analogue (MIL-C) for controlling powdery mildew. World Journal of Microbiology and Biotechnology 26 (4): 649–655. DOI: 10.1007/s11274-009-0218-9

Kiniec A. 2023. Mechanizmy odporności patogenów grzybowych na substancje czynne fungicydów. [Mechanisms of resistance of fungal pathogens to active substances of fungicides]. Progress in Plant Protection 63 (4): 266–274. DOI: 10.14199/ppp-2023-028

Miazzi M., Laguardia C., Faretra F. 2011. Variation in *Podosphaera xanthii* on cucurbits in southern Italy. Journal of Phytopathology 159 (7–8): 538–545. DOI: 10.1111/j.1439-0434.2011.01801.x

Nega A. 2014. Review on concepts in biological control of plant pathogens. Journal of Biology, Agriculture and Healthcare 4 (27): 33–54.

Nosehy T.V., Abd Elmeged M.E., Dahroug S.A., Thabet M.S. 2019. Protective and curative activity of azoxystrobin and its mixtures against powdery mildew on squash. Arab Universities Journal of Agricultural Science 27 (4): 2315–2320. DOI: 10.21608/AJS

Nowosielski O. 1988. Zasady opracowywania zaleceń nawozowych w ogrodnictwie. Wydanie II uzupełnione. Państwowe Wydawnictwo Rolnicze i Leśne, Warszawa, 310 ss. ISBN 83-09-01348-5.

Ostrowska A., Robak J., Dyki B. 2008. Zagrożenie ogórków uprawianych pod osłonami przed mączniakiem prawdziwym (*Erysiphe cichoracearum*, *Sphaerotheca fulginea*) i nowoczesne metody ich ochrony. [Increasing threat for cucumbers growing under cover by powdery mildew (*Erysiphe cichoracearum*, *Sphaerotheca fulginea*) and new methods their protection]. Progress in Plant Protection/Postępy w Ochronie Roślin 48 (2): 487–490.

Pal A., Adhikary R., Shankar T., Sahu A.K., Maitra S. 2020. Cultivation of cucumber in greenhouse. s. 139–145. W: Protected Cultivation and Smart Agriculture (S. Maitra, D.J. Gaikwad, T. Shankar, red.). New Delhi Publisher, India, 363 ss. ISBN 978-81-9489-93-27.

Pérez-Garcia A., Olalla L., Rivera E., Del Pino D., Cánovas I., de Vicente A., Torés J.A. 2001. Development of *Sphaerotheca fusca* on susceptible, resistant, and temperature-sensitive resistant melon cultivars. Mycological Research 1056 (10): 1216–1222. DOI: 10.1016/S0953-7562(08)61992-9

Pruszyński S., Wolny S. 2007. Przewodnik dobrej praktyki ochrony roślin. Instytut Ochrony Roślin, Poznań, 80 ss. ISBN 978-83-89867-85-8.

Punja Z.K., Tirajoh A., Collyer D., Ni L. 2019. Efficacy of *Bacillus subtilis* strain QST 713 (Rhapsody) against four major diseases of greenhouse cucumbers. Crop Protection 124: 104845. DOI: 10.1016/j.cropro.2019.104845

Sobolewski J., Robak J. 2004. Możliwości kompleksowej ochrony pomidora z wykorzystaniem nowych fungicydów i środków pochodzenia organicznego. [New products used for complex disease control on tomato growing in open field]. Progress in Plant Protection/Postępy w Ochronie Roślin 44 (2): 1105−1107.

van Aubel G., Buonatesta R., van Cutsem P. 2013. COS-OGA, a new oligosaccharidic elicitor that induces protection against a wide range of plant pathogens. IOBC – WPRS Bulletin 89: 403–407.

Vielba-Fernández A., Polonio Á., Ruiz-Jiménez L., de Vicente A., Pérez-García A., Fernández-Ortuño D. 2020. Fungicide resistance in powdery mildew fungi. Microorganisms 8 (9): 1431. DOI: 10.3390/microorganisms8091431