

ODDZIAŁYWANIE ŚRODKÓW OCHRONY ROŚLIN W WARUNKACH *IN VITRO* NA GRZYBY SAPROTROFICZNE ROZWIJAJĄCE SIĘ NA CEBULACH W TRAKCIE PĘDZENIA

IN VITRO EFFECT OF PLANT PROTECTION PRODUCTS ON SAPROTROPHIC FUNGI DEVELOPING ON BULBS DURING FORCING

Adam T. Wojdyła^{1*}, Leszek B. Orlikowski¹,
Jacek Wiśniewski², Emilia Waszkiewicz³

¹Instytut Ogrodnictwa – PIB, ul. Konstytucji 3 Maja 1/3, 96-100 Skierniewice

²Gospodarstwo Ogrodnicze Jacek Wiśniewski sp.j., ul. Mickiewicza 87, 05-462 Góraszka

³Emi Agro Emilia Waszkiewicz, ul. Kościuszki 11/2, 05-400 Otwock

e-mail: adam.wojdyła@inhort.pl

Abstract

The *in vitro* effectiveness of Bisteran (50% silver stabilized hydrogen peroxide) and fungicides Biszop 80 WG (80% captan), Signum 33 WG (67 g pyraclostrobin + 267 g of boscalid per 1 kg), and Yamato 303 SE (233 g thiophanate-methyl + 70 g tetraconazole per 1 l) added to potato dextrose agar (PDA) on the *in vitro* growth of *Neopestalotiopsis foedans*, *Penicillium olsonii*, *Rhizopus stolonifer*, and *Trichoderma asperellum* isolated from peat and hyacinth, narcissus, and tulip bulbs during forcing was evaluated. The product applied at concentrations from 0.05% to 0.2% inhibited the growth of *N. foedans* by 78.1–92.3% and *P. olsonii* by 55.3–84.3%, but did not influence the development of culture of *R. stolonifer* or only slightly stimulated growth. Bishop 80 WP at a concentration of 0.19% completely inhibited the growth of *N. foedans*, *P. olsonii*, and *R. stolonifer*, while *T. asperellum* by 74.8%. Signum 33 WG at a concentration of 0.15% almost completely inhibited the growth of *N. foedans* and *P. olsonii*, *T. asperellum* by 83.1–91.7%, and *R. stolonifer* by 21.3–45.3%. The use of Yamato 303 at a concentration of 0.15% inhibited the growth of *N. foedans* and *P. olsonii* by 43.5–57.9%, *R. stolonifer* by 6.7–36.1%, and *T. asperellum* by 76.2–98.8%.

Key words: hydrogen peroxide, fungicides, saprotrophic fungi, growth inhibition, bulb forcing

WSTĘP

W ostatnich kilku latach wycofano z programów ochrony roślin ozdobnych kilka substancji aktywnych fungicydów. Następstwem jest brak dostatecznej liczby środków o różnych mechanizmach działania na patogeny oraz brak możliwości prowadzenia ochrony przez rotację dotychczas stosowanych środków. Wzrosło więc ryzyko pojawiania się patogenów odpornych na często stosowane fungicydy (Wojdyła 2018). Dlatego podjęto badania nad możliwością wykorzystania w ochronie roślin przed chorobami innych związków, w tym nadtlenku wodoru stabilizowanego srebrem.

Rosnące koszty wykorzystywania szklarni i tuneli foliowych do uprawy roślin oraz koszty robocizny spowodowały, że coraz częściej cebulowe rośliny ozdobne pędzi się w komorach chłodniczych. Jednak w temperaturze 2–9°C i przy wysokiej wilgotności względnej powietrza na powierzchni cebul i na podłożu mogą się rozwijać grzyby saprotroficzne, powodujące niekiedy drastyczne obniżenie jakości produkowanych kwiatów, nieakceptowalne dla odbiorców. W przeprowadzonych wcześniej badaniach własnych z powierzchni podłoża i cebul w okresie ich pędzenia izolowano głównie grzyby *Neopestalotiopsis foedans* (Sacc. & Ellis) Maharachch., K.D. Hyde & Crous, *Penicillium olsonii* Bainier & Sartory, *Rhizopus stolonifer* (Ehrenb.) Vuill. i *Trichoderma asperellum* Samuels, Lieckf. & Nirenberg, których strzępki i zarodniki obniżają jakość produkowanych roślin. Po zakończeniu procesu pędzenia wyprodukowane rośliny w około 80% kierowane są do sieci handlowych, które wymagają od krajowych dostawców, aby rośliny były pakowane do pudełek kartonowych. Jednak w zamkniętym pudełku o małej objętości wzrasta wilgotność względna powietrza, co sprzyja rozwojowi grzybów pleśniowych na podłożu, a niekiedy również na roślinach. Wymagania związane z jakością pędzonych kwiatów są bardzo wysokie i rygorystyczne. Nawet sporadyczne występowanie pleśni niejednokrotnie powoduje zwrot całej dostawy przez odbiorcę. Dotychczas stosowana bardzo ograniczona grupa fungicydów nie daje możliwości pełnego rozwiązania ww. problemów. Fungicydy te są wykorzystywane z konieczności, mimo że sieci handlowe coraz częściej zwracają uwagę na ewentualne pozostałości substancji czynnych pestycydów, które mogą być stosowane w procesie produkcji kwiatów. Dlatego w prowadzonych badaniach uwzględniono podstawowy środek – stymulator rozwoju roślin – Bisteran, całkowicie bezpieczny dla środowiska i dający możliwości minimalizowania zagrożeń powodowanych przez czynniki chorobotwórcze.

Dotychczasowe badania pokazały, że Captan 80 WP (kaptan) oraz Signum 33 WG (boskalid + piraklostrobina) wykazują wysoką skuteczność w zapobieganiu występowania zgnilizny owoców winorośli, powodowanej przez *Penicillium expansum* Link. i *Rhizopus stolonifer*, gatunki często notowane również w uprawie roślin pod osłonami (Serey i in. 2007). Natomiast podczas przechowywania truskawek poważnym problemem jest występowanie szarej pleśni (*Botrytis cinerea* Pers.) i mokrej zgnilizny owoców (*Rhizopus stolonifer*), obniżających plon i jego jakość. Sallato i in. (2007) wykazali, że stosowanie do ochrony truskawek boskalidu + piraklostrobiny (Signum 33 WG) w okresie pomiędzy kwitnieniem a zbiorem owoców istotnie ogranicza występowanie chorób na przechowywanych owocach. Wysoką skuteczność Signum 33 WG, stosowanego do opryskiwania truskawek, potwierdzają również Hauke i in. (2004), zwłaszcza w ograniczaniu rozprzestrzeniania się grzybów rodzajów *Rhizopus* i *Mucor* na inne owoce.

Celem niniejszych badań było określenie oddziaływania nadtlenu wodoru stabilizowanego srebrem na niektóre mikroorganizmy zasiedlające podłoże i cebule roślin ozdobnych w okresie ich przetrzymywania w chłodni i porównanie z kilkoma wybranymi fungicydami.

MATERIAŁ I METODY

Badania przeprowadzono w 2021 roku stosując do ochrony roślin cebulowych stymulator wzrostu i rozwoju roślin Bisteran (50% nadtlenu wodoru stabilizowany srebrem) oraz fungicydy Biszop 80 WG (80% kaptanu), Signum 33 WG (67 g piraklostrobiny + 267 g boskalidu w 1 kg) oraz Yamato 303 SE (233 g tiofanatu metylu + 70 g tetrakonazolu w 1 l). Badaniami objęto grzyby *Neopestalotiopsis foedans*, *Penicillium olsonii*, *Rhizopus stolonifer* i *Trichoderma asperellum*, wyizolowane z podłoża oraz z powierzchni cebul hiacynta, narcyza i tulipana w okresie ich pędzenia.

W warunkach *in vitro* oceniano wpływ stosowanych w postaci oprysków badanych środków na wzrost kultur badanych mikroorganizmów (tab. 1–7), rosnących na pożywce ziemniaczano-glukozowej (PDA, produkt firmy Merck). Krążki pożywki (o średnicy 5 mm) przerośnięte badanymi mikroorganizmami umieszczano na pożywce w szalkach Petriego (o średnicy 90 mm). Następnie opryskiwano je badanymi preparatami (w stężeniach podanych w tabelach) stosując 1 cm³ cieczy na szalkę. Kontrolę stanowiły kultury opryskiwane wodą destylowaną. Po 1–6 dniach inkubacji w temperaturze 24°C (w zależności od badanego gatunku grzyba) mierzono średnicę kolonii mikroorganizmów i obliczano ich powierzchnię.

Doświadczenia prowadzono w 5 powtórzeniach, w 2 seriach w odstępie tygodniowym. Uzyskane dane opracowywano statystycznie za pomocą analizy wariancji, a istotność różnic pomiędzy średnimi oceniano testem Dunкана przy poziomie $p = 0,05$. Następnie dla poszczególnych obiektów obliczano ograniczenie powierzchni kultur (%) w stosunku do obiektu kontrolnego (niechronionego), posługując się uproszczonym wzorem Abbotta (1925).

WYNIKI

W pierwszym doświadczeniu po 3 dniach od opryskania pożywki w szalkach kontrolnych zaszczepionych *N. foedans* pole powierzchni kolonii grzyba wynosiło około 10 cm² (tab. 1). Bisteran w stężeniach od 0,05% do 0,2% ograniczał wzrost kultur o 29,6–47,8% (tab. 1). Skuteczność badanych fungicydów wahała się od 75,4% do 97,5%. Po 6 dniach od opryskania pożywki w szalkach kontrolnych pole powierzchni przerośniętej przez grzybnie *N. foedans* wynosiło 43 cm² (tab. 1). Bisteran w stężeniach od 0,05% do 0,2% ograniczał wzrost kultur o 78,1–87%, podczas gdy testowane fungicydy o 92,7–98,6% (tab. 1).

W drugiej serii doświadczenia po 3 dniach pole powierzchni grzybni *N. foedans* w szalkach kontrolnych wynosiło 8,61 cm² (tab. 2). Bisteran w stężeniach od 0,05% do 0,2% ograniczał wzrost kultur o 43–57% (tab. 2), a Biszop 80 WG, Signum 33 WG oraz Yamato 303 SE o co najmniej 94% (tab. 2). Po 6 dniach inkubacji Bisteran w stężeniach od 0,05% do 0,2% ograniczał wzrost kultur *N. foedans* o 84,6–92,3% (tab. 2), podczas gdy testowane fungicydy omal całkowicie (tab. 2).

W przypadku *R. stolonifer* w pierwszej serii doświadczenia pole powierzchni grzyba w kombinacji kontrolnej wynosiło 11,53 cm² po 24 godzinach inkubacji (tab. 3, fot. 1). Bisteran w stężeniach od 0,05% do 0,2% ograniczał wzrost kultur o 1,4–26,6% (tab. 5). Skuteczność środka Biszop 80 WG osiągała 100%, podczas gdy Signum 33 WG i Yamato 303 SE od 53,2% do 58,5%. Po 2 dniach od opryskania pożywki w szalkach kontrolnych pole powierzchni grzybni wynosiło 56,75 cm² (tab. 3). Bisteran w stężeniach od 0,05% do 0,2% nie ograniczał wzrostu badanego gatunku grzyba natomiast Biszop 80 WG hamował jego wzrost całkowicie, podczas gdy Signum 33 WG o 21,3%, a Yamato 303 SE o 6,7% (tab. 3).

W drugiej serii po 1 dniu inkubacji pole powierzchni grzybni *R. stolonifer* w kombinacjach kontrolnych wynosiło 3,14 cm² (tab. 4). Bisteran w stężeniach 0,1 i 0,2% ograniczał wzrost kultur odpowiednio o 5,7% i 35% (tab. 4). Skuteczność badanych fungicydów wynosiła: Biszop 80 WG – 99,7%, Signum 33 WG – 48,7% oraz Yamato 303 SE – 64%. Po 2 dniach inkubacji pole powierzchni zajętej przez grzybnię w obiektach kontrolnych wynosiło 42,32 cm² (tab. 4). Bisteran w stężeniach od 0,05% do 0,2% nieznacznie stymulował wzrost grzybni badanego gatunku (3–7,2%). Natomiast Biszop 80 WG ograniczał wzrost grzybni o 90,3%, Signum 33 WG o 45,3%, a Yamato 303 SE o 36,1% (tab. 4).

W pierwszej serii doświadczenia z *T. asperellum* po 1 dniu inkubacji pole powierzchni zajętej przez grzybnię w kombinacji kontrolnej wynosiło 3,02 cm² (tab. 5, fot. 2). Bisteran w stężeniach od 0,05% do 0,2% ograniczał wzrost kultur od 1% do 15,6% (tab. 5), podczas gdy Biszop 80 WG, Signum 33 WG i Yamato 303 SE omal całkowicie hamowały wzrost tego grzyba. Po 3 dniach inkubacji pole powierzchni zajętej przez *T. asperellum* w kombinacji kontrolnej wynosiło 37,72 cm² (tab. 5). Bisteran w analizowanych stężeniach nie ograniczał wzrostu badanego gatunku grzyba, a tylko nieznacznie (0,3–2%) stymulował jego wzrost. Skuteczność badanych fungicydów wynosiła odpowiednio: Biszop 80 WG – 74,8%, Signum 33 WG – 91,7% oraz Yamato 303 SE – 98,8% (tab. 5).

W drugiej serii doświadczenia po 1 dniu pole powierzchni przerośniętej grzybnią *T. asperellum* w kombinacji kontrolnej wynosiło 2,17 cm² (tab. 6). Bisteran w stężeniach 0,05% i 0,1% nieznacznie stymulował wzrost tego grzyba. Środek zastosowany w stężeniu 0,2% hamował wzrost kultur o 10,6% (tab. 6). Ograniczenie wzrostu grzybni przez badane preparaty wahało się od 78,8% do 88,9% (tab. 6). Po 3 dniach inkubacji pole powierzchni zajętej przez *T. asperellum* wynosiło w obiektach kontrolnych 27,54 cm² (tab. 6). Bisteran w stężeniach od 0,05% do 0,2% ograniczał wzrost kultur o 1,3–10,6% (tab. 6). Natomiast Biszop 80 WG hamował wzrost kultur o 74,8%, Signum 33 WG – 83,1%, a Yamato 303 SE – 76,2% (tab. 6).

W przypadku *P. olsonii* po 2 dniach inkubacji pole powierzchni kolonii w obiektach kontrolnych wynosiło 0,38 cm² (tab. 7). W kombinacji z dodatkiem Bisteranu w stężeniach od 0,05% do 0,2% ograniczenie wzrostu kultur wahało się od 55% do 79%, podczas gdy inhibicyjne działanie innych środków od 57,9% do 97,4% (tab. 7).

W drugiej serii po 2 dniach inkubacji pole powierzchni kolonii *P. olsonii* w kombinacji kontrolnej wynosiło 5,86 cm² (tab. 4). Bisteran zastosowany w stężeniach od 0,05% do 0,2% ograniczał wzrost kultur o 67,4–84,5%, podczas gdy inhibicyjne działanie innych środków wahało się od 43,5% do 95,6% (tab. 7).

Tabela 1. Wpływ preparatów podanych w oprysku na wzrost kultur *Neopestalotiopsis foedans* na pożywce PDA, seria I

Table 1. Influence of biocides applied in spraying on the growth of *Neopestalotiopsis foedans* on PDA medium, series I

Kombinacje; Treatments	Stężenie; Concentration (%)	Pole powierzchni kultur po dniach inkubacji; Area of cultures after incubation days (cm ²)		Ograniczenie wzrostu grzybni w porównaniu do kontroli; Mycelium growth reduction compared to the control (%)	
		3	6	3	6
Kontrola; Control	-	10,24 f	43,0 g	-	-
Bisteran	0,05	7,21 e	9,40 f	29,6	78,1
Bisteran	0,1	5,35 d	5,60 d	47,8	87,0
Bisteran	0,2	7,21 e	8,55 e	29,6	80,1
Yamato 303 SE	0,15	2,52 c	3,14 c	75,4	92,7
Signum 33 WG	0,15	1,00 b	2,40 b	90,2	94,4
Biszop 50 WG	0,19	0,26 a	0,47 a	97,5	98,9
SD	-	0,13	0,16	-	-

Średnie w kolumnach oznaczone tą samą literą nie różnią się istotnie ($p = 0,05$) według testu Duncana, SD – odchylenie standardowe; Means in columns followed by the same letter do not differ significantly ($p = 0,05$) according to Duncan's multiple range test, SD – standard deviation

Tabela 2. Wpływ preparatów podanych w oprysku na wzrost kultur *Neopestalotiopsis foedans* na pożywce PDA, seria II

Table 2. Influence of biocides applied in spraying on the growth of *Neopestalotiopsis foedans* on PDA medium, series II

Kombinacje; Treatments	Stężenie; Concentration (%)	Pole powierzchni kultur po dniach inkubacji; Area of cultures after incubation days (cm ²)		Ograniczenie wzrostu grzybnii w porównaniu do kontroli; Mycelium growth reduction compared to the control (%)	
		3	6	3	6
Kontrola; Control	-	8,61 f	40,6 f	-	-
Bisteran	0,05	4,91 e	6,25 e	43,0	84,6
Bisteran	0,1	3,70 c	3,11 c	57,0	92,3
Bisteran	0,2	4,12 d	5,65 d	52,2	86,1
Yamato 303 SE	0,15	0,17 a	0,26 a	98,0	99,4
Signum 33 WG	0,15	0,49 b	0,79 b	94,3	98,1
Biszop 50 WG	0,19	0,12 a	0,38 ab	98,6	99,1
SD	-	0,13	0,22	-	-

Uwaga: patrz Tabela 1; Note: see Table 1

Tabela 3. Wpływ preparatów podanych w oprysku na wzrost kultur *Rhizopus stolonifer* na pożywce PDA, seria I

Table 3. Influence of biocides applied in spraying on the growth of *Rhizopus stolonifera* on PDA medium, series I

Kombinacje; Treatments	Stężenie; Concentration (%)	Pole powierzchni kultur po dniach inkubacji; Area of cultures after incubation days (cm ²)		Ograniczenie wzrostu grzybnii w porównaniu do kontroli; Mycelium growth reduction compared to the control (%)	
		1	2	1	2
Kontrola; Control	-	11,53 d	56,75 d	-	-
Bisteran	0,05	11,37 d	56,75 d	1,4	0
Bisteran	0,1	8,97 c	56,75 d	22,2	0
Bisteran	0,2	8,46 c	56,75 d	26,6	0
Yamato 303 SE	0,15	5,40 b	52,95 b	53,2	6,7
Signum 33 WG	0,15	4,79 b	44,65 b	58,5	21,3
Biszop 50 WG	0,19	0,00 a	0,01 a	100	100
SD	-	0,32	0,01	-	-

Uwaga: patrz Tabela 1; Note: see Table 1

Tabela 4. Wpływ preparatów podanych w oprysku na wzrost kultur *Rhizopus stolonifer* na pożywce PDA, seria IITable 4. Influence of biocides applied in spraying on the growth of *Rhizopus stolonifera* on PDA medium, series II

Kombinacje; Treatments	Stężenie; Concentration (%)	Pole powierzchni kultur po dniach inkubacji; Area of cultures after incubation days (cm ²)		Ograniczenie wzrostu grzybni w porównaniu do kontroli; Mycelium growth reduction compared to the control (%)	
		1	2	1	2
Kontrola; Control	-	3,14 e	42,32 d	-	-
Bisteran	0,05	3,14 e	45,25 f	0	+6,9
Bisteran	0,1	2,96 e	43,59 e	5,7	+3,0
Bisteran	0,2	2,04 d	45,36 f	35,0	+7,2
Yamato 303 SE	0,15	1,13 b	27,06 c	64,0	36,1
Signum 33 WG	0,15	1,61 c	23,16 b	48,7	45,3
Biszop 50 WG	0,19	0,01 a	4,12 a	99,7	90,3
SD	-	0,09	0,35	-	-

Uwaga: patrz Tabela 1; Note: see Table 1

Tabela 5. Wpływ preparatów podanych w oprysku na wzrost kultur *Trichoderma asperellum* na pożywce PDA, seria ITable 5. Influence of biocides applied in spraying on the growth of *Trichoderma asperellum* on PDA medium, series I

Kombinacje; Treatments	Stężenie; Concentration (%)	Pole powierzchni kultur po dniach inkubacji; Area of cultures after incubation days (cm ²)		Ograniczenie wzrostu grzybni w porównaniu do kontroli; Mycelium growth reduction compared to the control (%)	
		1	3	1	3
Kontrola; Control	-	3,02 d	37,72 d	-	-
Bisteran	0,05	2,99 d	38,38 d	1,0	1,8
Bisteran	0,1	2,75 c	38,27 d	8,9	1,5
Bisteran	0,2	2,55 b	37,83 d	15,6	0,3
Yamato 303 SE	0,15	0,01 a	0,47 a	99,7	99
Signum 33 WG	0,15	0,01 a	3,14 b	99,7	92
Biszop 50 WG	0,19	0,13 a	9,51 c	95,7	75
SD	-	0,07	0,38	-	-

Uwaga: patrz Tabela 1; Note: see Table 1

Tabela 6. Wpływ preparatów podanych w oprysku na wzrost kultur *Trichoderma asperellum* na pożywce PDA, seria I

Table 6. Influence of biocides applied in spraying on the growth of *Trichoderma asperellum* on PDA medium, series I

Kombinacje; Treatments	Stężenie; Concentration (%)	Pole powierzchni kultur po dniach inkubacji; Area of cultures after incubation days (cm ²)		Ograniczenie wzrostu grzybnii w porównaniu do kontroli; Mycelium growth reduction compared to the control (%)	
		1	3	1	3
Kontrola; Control	-	2,17 d	27,54 e	-	-
Bisteran	0,05	2,22 d	27,17 de	+2,3	1,3
Bisteran	0,1	2,20 d	26,24 d	+1,4	4,7
Bisteran	0,2	1,94 c	24,63 c	10,6	10,6
Yamato 303 SE	0,15	0,25 a	6,56 b	88,5	76,2
Signum 33 WG	0,15	0,24 a	4,65 a	88,9	83,1
Biszop 50 WG	0,19	0,46 b	6,93 b	78,8	74,8
SD	-	0,09	0,57	-	-

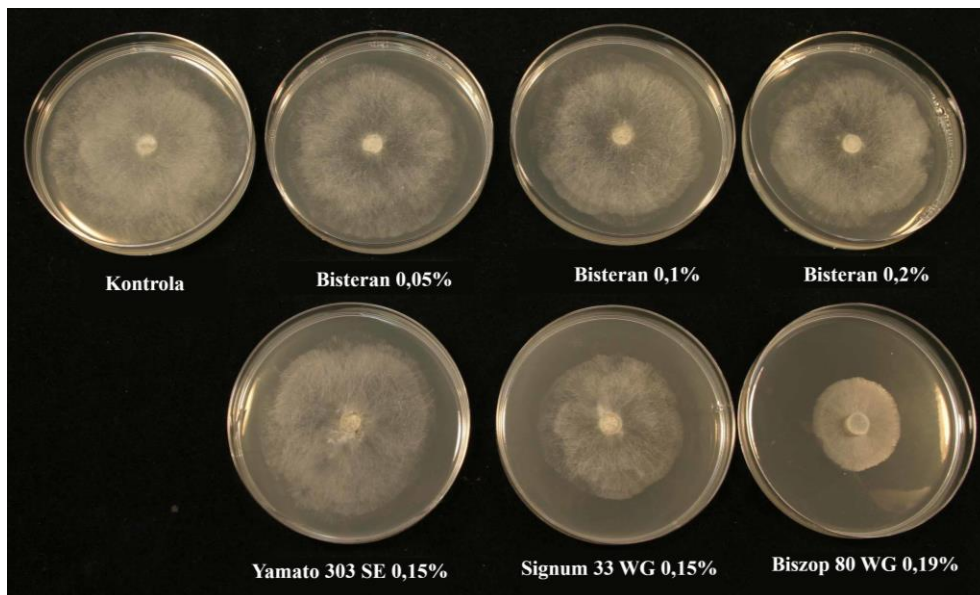
Uwaga: patrz Tabela 1; Note: see Table 1

Tabela 7. Wpływ środków dodanych do pożywki ziemniaczano-glukozowej (PDA) na wzrost *Penicillium olsonii*

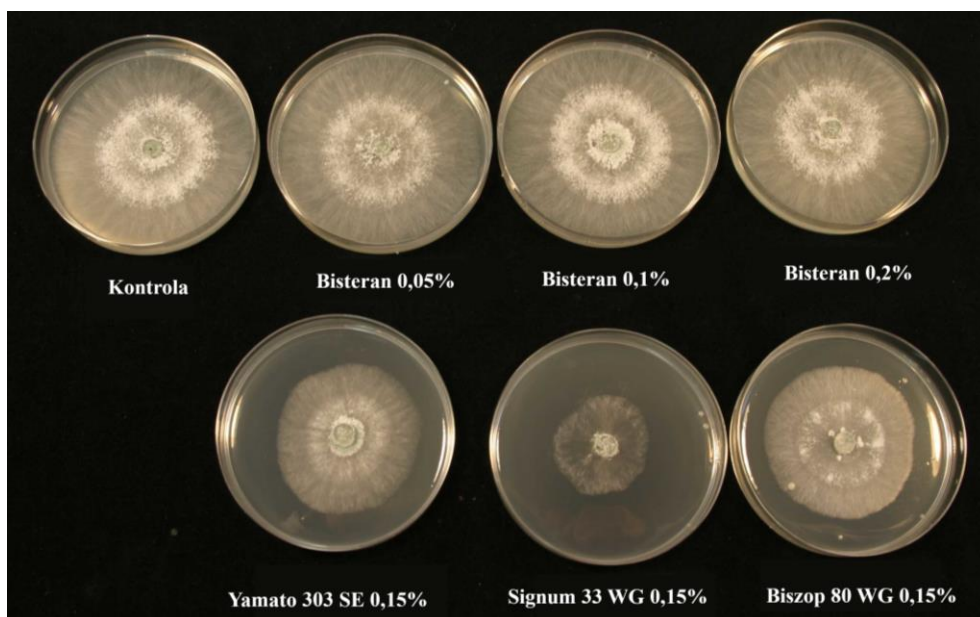
Table 7. Influence of tested compounds added to potato-dextrose agar (PDA) on the growth of *Penicillium olsonii*

Kombinacje; Treatments	Stężenie; Concentration (%)	Pole powierzchni kultur po 2 dniach inkubacji; Area of cultures after 2 days of incubation (cm ²)		Ograniczenie wzrostu grzybnii w porównaniu do kontroli; Mycelium growth reduction compared to the control (%)	
		Dośw. I; Exp. I	Dośw. II; Exp. II	Dośw. I; Exp. I	Dośw. II; Exp. II
Kontrola; Control	-	0,38 e	5,86 f	-	-
Bisteran	0,05	0,08 b	1,91 d	79,0	67,4
Bisteran	0,1	0,13 c	0,97 c	65,8	83,5
Bisteran	0,2	0,17 d	0,92 c	55,3	84,3
Yamato 303 SE	0,15	0,16 d	3,31 e	57,9	43,5
Signum 33 WG	0,15	0,07 b	0,62 b	81,6	89,4
Biszop 50 WG	0,19	0,01 a	0,26 a	97,4	95,6
SD	-	0,01	0,04	-	-

Uwaga: patrz Tabela 1; Note: see Table 1



Fot. 1. Wpływ różnych preparatów na wzrost *Rhizopus stolonifer* na pożywce PDA
Photo 1. Influence of different biocides on the growth of *Rhizopus stolonifer* on PDA medium



Fot. 2. Wpływ różnych preparatów na wzrost *Trichoderma asperellum* na pożywce PDA
Photo 2. Influence of different biocides on the growth of *Trichoderma asperellum* on PDA medium

DYSKUSJA

Wcześniejsze badania innych autorów wykazały wysoką skuteczność badanych preparatów w hamowaniu wzrostu grzybów rodzajów *Neopestalotiopsis*, *Penicillium*, *Rhizopus* i *Trichoderma*. W naszym doświadczeniu wykazano przydatność kaptanu w ograniczaniu wzrostu grzybnii *R. stolonifer*. Potwierdza to wcześniejsze badania Amadiohy (1996), który stwierdził wysoką skuteczność tego środka w stężeniach 400–500 ppm w hamowaniu wzrostu grzybnii, kiełkowaniu zarodników oraz rozwojowi zgnilizny ziemniaków, powodowanej przez *Rhizopus oryzae* Went & Prins. Geerl. Podobnie w badaniach *in vitro* przeprowadzonych przez Chaurasię i in. (2017) kaptan w stężeniu 2,5% całkowicie hamował wzrost *R. oryzae*. Youssef i in. (2015) wykazali wysoką skuteczność tego środka w ochronie owoców bakłażana przed zgnilizną, powodowaną przez *R. oryzae*, powszechnie występującą chorobą podczas transportu, przechowywania i marketingu. W badaniach *in vitro* autorzy oceniali wpływ kaptanu dodawanego do pożywki w różnych stężeniach na hamowanie wzrostu tego gatunku grzyba. Środek w stężeniu 2,5% powodował całkowite zahamowanie wzrostu grzybnii, a w stężeniu 3% wykazywał działanie grzybobójcze. Natomiast Alka i in. (2017) stwierdzili wysoką skuteczność trifloksystrobiny oraz tiofanatu metylu wprowadzonych do pożywki w stężeniu 100–2000 ppm, obserwując całkowite zahamowanie wzrostu *R. oryzae* – sprawcy zgnilizny owoców pomidora. Jednak w naszych badaniach nie potwierdzono tak wysokiej skuteczności wymienionych związków w hamowaniu wzrostu *R. stolonifer*. W przypadku trifloksystrobiny (Signum 33 WG) skuteczność środka wahała się od 21,3% do 45,3%, a tiofanat metylu (Yamato 303 SE) ograniczał wzrost tego gatunku o 6,7–36,1% (tab. 3, 4). Nasze wyniki potwierdzają dane uzyskane wcześniej w badaniach *in vitro* przez Bhalego i Rajkondę (2015). Autorzy wykazali brak ograniczania wzrostu liniowego izolatów *Trichoderma viride* Pers., *T. harzianum* Rifai, *T. koningii* Oudem., *T. pseudokoningii* Rifai i *T. virens* (J.H. Mill., Giddens & A.A. Foster) Arx przez kaptan zastosowany w niższych stężeniach. Jednak zwiększenie stężenia tego środka w pożywce PDA powyżej 500 $\mu\text{g}\cdot\text{ml}^{-1}$ znacznie ograniczało wzrost wymienionych gatunków *Trichoderma*.

Dotychczasowe dane z piśmiennictwa wskazują na wysoką skuteczność nadtlenu wodoru w stosunku do gatunków grzybów użytych również w naszym doświadczeniu. Poważnym problemem w trakcie suszenia liści tytoniu jest występowanie zgnilizny, powodowanej przez *R. oryzae*. Badania *in vitro* przeprowadzone przez Kortekampa (2006) wykazały, że nadtlenek wodoru ograniczał wzrost grzybnii tego gatunku, formowanie zarodników oraz ich kiełkowanie. Natomiast w okresie przechowywania jabłek poważnym problemem jest ich gnicie, powodowane przez *Penicillium expansum*. W badaniach *in vitro* Cerioni i in. (2013) wykazały synergizm i wysoką skuteczność nadtlenu wodoru w mieszaninie z siarczanem miedzi w ograniczaniu wzrostu tego gatunku grzyba, nienotowane przy stosowaniu związków pojedynczo.

Jednak w przypadku *P. expansum*, sprawcy zgnilizny jabłek w przechowalni, w warunkach *in vitro* nadtlenek wodoru bardzo silnie ograniczał wzrost grzybni (Venturini i in. 2002). Również El-Mougy i in. (2008) wykazali, że nadtlenek wodoru użyty w stężeniach 1,5% i 2% całkowicie hamował wzrost liniowy i kiełkowanie zarodników *B. cinerea*, *R. stolonifer*, *P. digitatum* (Pers.) Sacc. i *P. italicum* Wehmer, wyizolowanych z truskawki oraz pomarańczy.

W naszym doświadczeniu badany środek, w zależności od stężenia, ograniczał wzrost *P. olsonii* o 55–84,3%, a *N. foedans* o 78,1–92,3%. Meng i in. (2019) wykazali, że środek zastosowany do ochrony owoców cytrusowych przed *P. digitatum* i *P. italicum* hamował wzrost tych kultur *in vitro*, a w warunkach *in vivo* ograniczał rozwój zgnilizny. Zanurzenie owoców w roztworze środka o stężeniach 1–2% przed przechowywaniem ograniczało zgniliznę owoców pomarańczy w ciągu 60 dni. Na dezynfekujące działanie środka wskazywało znaczne zmniejszenie liczby szkodliwych bakterii, grzybów pleśniowych i drożdży na powierzchni odkażonych owoców (Meng i in. 2019). Podobnie w badaniach *in vitro* Sehrlirli i in. (2020) wykazali wysoką skuteczność nadtlenu wodoru w hamowaniu kiełkowania zarodników i wroście strzępek kiełkowych *P. expansum*, sprawcy gnicia owoców czereśni, w okresie przechowywania w chłodni. W warunkach *in vitro* środek wykazywał wysoką skuteczność w ograniczaniu wzrostu *Pestalotia psidii* (Pat.) Mordue, grzyba wyizolowanego z owoców guawy (Youssef i in. 2015). W naszym doświadczeniu Yamato 303 SE (tiofanat metylu + tetrakonazol) dodany do pożywki PDA wykazywał około 95% skuteczności w hamowaniu rozwoju *N. foedans*. Uzyskane dane potwierdzają wyniki uzyskane przez Ray'ego i in. (2016) w testach *in vitro* na pożywce PDA, gdy dodatek tiofanatu metylu w stężeniach 0,1% i 0,2% powodował całkowite hamowanie wzrostu *Pestalotiopsis disseminata* (Thüm.) Steyaert.

WNIOSKI

1. Nadtlenek wodoru stabilizowany srebrem (Bisteran) w stężeniach od 0,05% do 0,2% silnie hamował wzrost grzybni *Neopestalotiopsis foedans* i *Penicillium olsonii* oraz nieznacznie ograniczał lub stymulował wzrost *Rhizopus stolonifer* i *Trichoderma asperellum*.
2. Biszop 80 WG w stężeniu 0,19% o ponad 90% hamował wzrost *Neopestalotiopsis foedans*, *Penicillium olsonii* i *Rhizopus stolonifer*, a *Trichoderma asperellum* o 74,8%.
3. Signum 33 WG w stężeniu 0,15% o ponad 80% hamował wzrost grzybni *N. foedans* i *P. olsonii*, podczas gdy *T. asperellum* oraz *R. stolonifer* o 21,3–45,3%.
4. Yamato 303 SE w stężeniu 0,15% hamował wzrost grzybni *N. foedans* i *T. asperellum* o ponad 76%, *P. olsonii* o ponad 43%, a *R. stolonifer* do 36%.

Literatura

- Abbott W.S. 1925. A method of computing the effectiveness of an insecticide. *Journal of Economic Entomology* 18(2): 265–267. DOI: 10.1093/jee/18.2.265a.
- Alka, Patil R.K., Prajapati B.K. 2017. Evaluation of fungicides against *Rhizopus* fruit rot of tomato. *Journal of Plant Disease Sciences* 12(2): 140–144.
- Amadioha A.C. 1996. Control of storage rot of potato caused by *Rhizopus oryzae*. *International Journal of Pest Management* 42(4): 311–314. DOI: 10.1080/09670879609372011.
- Bhale U.N., Rajkonda J.N. 2015. Compatibility of fungicides and antagonistic activity of *Trichoderma* spp. against plant pathogens. *Bioscience Methods* 6(3): 1–9. DOI: 10.5376/bm.2015.06.0003.
- Cerioni L., de los Angeles Lazarte L., Villegas J.M., Rodríguez-Montelongo L., Volentini S.I. 2013. Inhibition of *Penicillium expansum* by an oxidative treatment. *Food Microbiology* 33(2): 298–301. DOI: 10.1016/j.fm.2012.09.011.
- Chaurasia S., Chaurasia S., Chaurasia A.K., Chaurasia S., Chaurasia R.K. 2017. *In vitro* inhibitory effect of fungicides on mycelial growth of *Rhizopus oryzae* (Went & Prins Geerl.). *International Journal of Advanced Research in Biological Sciences* 4(8): 176–183. DOI: 10.22192/ijarbs.2017.04.08.022.
- El-Mougy N.S., El-Gamal N.G., Abdalla M.A. 2008. The use of fungicide alternatives for controlling postharvest decay of strawberry and orange fruits. *Journal of Plant Protection Research* 48(3): 385–395. DOI: 10.2478/v10045-008-0048-z.
- Hauke K., Creemers P., Brugmans W., Van Laer S. 2004. Signum, a new fungicide with interesting properties in resistance management of fungal diseases in strawberries. *Communications in Agricultural and Applied Biological Sciences* 69(4): 743–755.
- Kortekamp A. 2006. Effectiveness of calcium salts, hydrogen peroxide, azoxystrobin, and antagonistic bacteria to control post-harvest rot on tobacco caused by *Rhizopus oryzae*. *International Journal of Pest Management* 52(2): 109–115. DOI: 10.1080/09670870600619825.
- Meng X., Huang Z., Fan Ch. 2019. Postharvest treatment with hydrogen peroxide to control orange fruit decay caused by *Penicillium digitatum* and *Penicillium italicum*. *International Journal of Applied Agricultural Sciences* 5(5): 114–119. DOI: 10.11648/j.ijaas.20190505.13.
- Ray M.K., Mishra P.K., Baruah P.K. 2016. Control of fungal pathogen *Pestalotiopsis disseminata* causing grey blight disease in som (*Persea bombycina* Kost.): An *in vitro* study. *International Journal of Pure and Applied Bioscience* 4(6): 180–185. DOI: 10.18782/2320-7051.2412.
- Sallato B.V., Torres R., Zoffoli J.P., Latorre B.A. 2007. Effect of boscalid on postharvest decay of strawberry caused by *Botrytis cinerea* and *Rhizopus stolonifer*. *Spanish Journal of Agricultural Research* 5(1): 67–78. DOI: 10.5424/sjar/2007051-224.
- Sehirli S., Karabulut O.A., Ilhan K., Sehirli A. 2020. Use and efficiency of disinfectants within a hydrocooler system for postharvest disease control in sweet cherry. *International Journal of Fruit Science* 20(S3): S1590–S1606. DOI: 10.1080/15538362.2020.1822265.
- Serey R.A., Torres R., Latorre B.A. 2007. Pre- and post-infection activity of new fungicides against *Botrytis cinerea* and other fungi causing decay of table grapes. *Ciencia Investigación Agraria* 34(3): 215–224. DOI: 10.7764/rcia.v34i3.400.
- Venturini M.E., Blanco D., Oria R. 2002. *In vitro* antifungal activity of several antimicrobial compounds against *Penicillium expansum*. *Journal of Food Protection* 65(5): 834–839. DOI: 10.4315/0362-028x-65.5.834.
- Wojdyła A.T. 2018. Możliwość bezpośredniego działania nawozu Solfan PK na niektóre patogeny roślin. *Zeszyty Naukowe Instytutu Ogrodnictwa* 26: 97–106.
- Youssef K.Y.A., Mustafa Z.M.M., Mounir G.A., Abo Rehab M.E.A. 2015. Preliminary studies on fungal species associated with guava fruit drop disease and possible management. *Egyptian Journal of Phytopathology* 43(1–2): 11–23. DOI: 10.21608/ejp.2015.91945.

Badania zrealizowano w ramach projektu badawczego współfinansowanego ze środków Unii Europejskiej w ramach działania „Współpraca” Programu Rozwoju Obszarów Wiejskich na lata 2014–2020 „Wdrożenie ulepszonego produktu, innowacyjnej technologii i metod organizacji produkcji w produkcji cebulowych roślin ozdobnych przy wykorzystaniu wysokociśnieniowego zamgławiania komór chłodniczych nadtlakiem wodoru stabilizowanego srebrem”.