

MOŻLIWOŚĆ BEZPOŚREDNIEGO DZIAŁANIA NAWOZU ACTIFOS NA NIEKTÓRE PATOGENY ROŚLIN

POSSIBILITY OF A DIRECT ACTION OF THE FERTILIZER ACTIFOS AGAINST SOME PLANT PATHOGENS

Adam T. Wojdyła, Agnieszka E. Czajka

Instytut Ogrodnictwa

ul. Konstytucji 3 Maja 1/3, 96-100 Skierniewice

e-mail: Adam.Wojdyła@inhort.pl

Abstract

An in vitro study was conducted on the direct action of the fertilizer Actifos (an ammonium form of phosphite that contains 10% nitrogen and many microelements: B, Cu, Fe, Mo, Zn) in doses of 0, 100, 500, 1000, 3000 and 6000 $\mu\text{g}\cdot\text{ml}^{-1}$ added to potato dextrose agar (PDA) medium against the growth of pathogen cultures. The study included the pathogens: *Botrytis cinerea*, *Colletotrichum gloeosporioides*, *Fusarium oxysporum* f. sp. *dianthi*, *Myrothecium roridum*, *Paraconiothyrium fuckelii*, *Phytophthora cinnamomi*, *P. cryptogea*, *Pythium ultimum*, *Rhizoctonia solani*, *Sclerotinia sclerotiorum*. Actifos added to potato dextrose agar (PDA) at a dose of 6000 $\mu\text{g}\cdot\text{ml}^{-1}$ was shown to completely inhibit the growth of the mycelia of *P. cinnamomi* and *S. sclerotiorum*. For the mycelia of *B. cinerea*, *P. fuckelii*, *P. cryptogea* and *P. ultimum*, the inhibition of growth was more than 80%. However, it was observed that at a concentration of 100 $\mu\text{g}\cdot\text{ml}^{-1}$ the fertilizer stimulated the growth of *B. cinerea* and *P. ultimum* cultures, and in doses of 1000 and 3000 $\mu\text{g}\cdot\text{ml}^{-1}$ that of *C. gloeosporioides*. The study also showed that the fertilizer Actifos introduced into the medium at concentrations of 100 to 1000 $\mu\text{g}\cdot\text{ml}^{-1}$ inhibited the germination of *Diplocarpon rosae* spores by 27% to 79.7%. At concentrations of 3000 $\mu\text{g}\cdot\text{ml}^{-1}$ and higher, spore germination was not observed. By comparison, the fertilizer Actifos used for spraying rose bushes at a concentration of 0.6% caused the germination of *D. rosae* spores to be inhibited by 82% after 1 day, 87.9% after 7 days, and by 37.5% after 14 days.

Key words: fertilizer, Actifos, direct action, inhibition, mycelium, spores

WSTĘP

Na rynku nie ma wystarczającej liczby fungicydów zawierających różne substancje aktywne, przeznaczonych do ochrony roślin ozdobnych przed patogenami. Następstwem tej sytuacji jest niedostateczna liczba środków o różnych mechanizmach działania na patogeny, co uniemożliwia prowadzenie ochrony roślin opartej na rotacji stosowanych fungicydów. Stwarza to ogromne ryzyko powstawania odpornych patogenów na dotychczas stosowane fungicydy (Wojdyła 2018). Podjęcie badań nad wykorzystaniem w ochronie roślin ozdobnych

przed patogenami innych związków, niebędących środkami ochrony, jest szczególnie interesujące. Jednocześnie należy zaznaczyć, że nowe, niekonwencjonalne środki ochrony odznaczają się innym mechanizmem działania na patogeny niż dotychczas stosowane fungicydy. Jedną z takich możliwości jest wprowadzenie do ochrony roślin fosforynów.

W literaturze już od 1977 roku pojawiają się informacje na temat możliwości wykorzystania fosforynów (Fosetyl AL) w ochronie różnych gatunków roślin ogrodnich przed chorobami powodowanymi przez patogeny należące do lęgniowców (Oomycota) (Bertrand i in. 1977; Molot i Beyriès 1977; Wieczorek i in. 2010; Lobato i in. 2010). Dane literaturowe wskazują, że fosforyny w niższym stężeniu indukują odporność w chronionych roślinach, a w wyższym bezpośrednio oddziałują na patogeny (Guest i Bompeix 1990; Smillie i in. 1989; Guest i Grant 1991; Lobato i in. 2010). Po rozłożeniu pobranych przez rośliny fosforynów (fosforyn potasu) jon fosforynu przemieszcza się przez ksylem i łyko (d'Arcy-Lameta i Bompeix 1991; Guest i Grant 1991; Groussol i in. 1986). Z uwagi na systemiczny charakter fosforynów możliwe jest ich stosowanie w formie podlewania, opryskiwania lub wstrzyknięcia do pędu, przy jednoczesnej możliwości ochrony tkanek roślinnych odległych od miejsca zastosowania (Daniel i in. 2005). W badaniach przeprowadzonych przez Heaton i Dullahide (1990) kwas fosforawy okazał się przydatny do zwalczania chorób niezwiązanych z Oomycetes, w tym opieńkowej zgnilizny korzeni *Armillaria* spp. (wywołanej przez *Armillaria luteobubalina*), białej zgnilizny korzeni jabłoni (*Dematophora necatrix*) i parcha jabłoni (*Venturia inaequalis*), ale był nieskuteczny w przypadku brunatnej zgnilizny owoców na brzoskwini (*Monilinia fructicola*) i plamistości liści selera (*Septoria apiicola*).

Lobato i in. (2010) w badaniach *in vitro* nad oceną aktywności przeciwdrobnoustrojowej fosforynu potasu i fosforynu wapnia przeciwko różnym patogenom ziemiaka, takim jak: *Phytophthora infestans*, *Fusarium solani*, *Rhizoctonia solani* i *Pectobacterium carotovorum* (syn. *Erwinia carotovora*), stwierdzili, że fosforyny wykazują raczej działanie fungistatyczne niż fungitoksyczne. Poza ich fungistatyczną lub grzybobójczą aktywnością (Fenn i Coffey 1984; Cohen i Coffey 1986; Guest i Grant 1991) fosforyny stymulują aktywację w roślinach mechanizmów obronnych przeciwko chorobom (Smillie i in. 1989).

Fosforyny, z uwagi na bezpośrednie i pośrednie działanie, charakteryzują się odmiennym mechanizmem działania na patogeny niż fungicydy. Z tego powodu mogą okazać się szczególnie cenne w zwalczaniu ras patogenów odpornych na dotychczas stosowane fungicydy. Actifos stosowany w rotacji z fungicydami może zapobiec wystąpieniu odporności patogenów na stosowane środki ochrony.

Celem badań było wykazanie bezpośredniego działania nawozu Actifos na niektóre patogeny roślin.

MATERIAŁ I METODY

W latach 2012–2013 prowadzono badania nad nawozem Actifos (formą amonową fosforynu, zawierającą 10% dodatek azotu oraz wiele mikroelementów B, Cu, Fe, Mo, Zn). W warunkach *in vitro* oceniano wpływ nawozu Actifos dodanego do pożywki glukozowo-ziemniaczanej (PDA) w dawce 0, 100, 500, 1000, 3000 oraz 6000 $\mu\text{g}\cdot\text{ml}^{-1}$ na wzrost grzybni patogenów pochodzących z różnych gatunków roślin. Badaniami objęto między innymi *Botrytis cinerea*, *Colletotrichum gloeosporioides*, *Fusarium oxysporum* f. sp. *dianthi*, *Myrothecium roridum*, *Paraconiothyrium fuckelii*, *Pythium ultimum*, *Phytophthora cinnamomi*, *P. cryptogea*, *Rhizoctonia solani*, *Sclerotinia sclerotiorum*. W zależności od badanego gatunku po 3–17 dniach inkubacji w temperaturze 22 °C mierzono średnicę i obliczano powierzchnię kolonii.

W kolejnych badaniach określano wpływ podanych wyżej zawartości nawozu Actifos w pożywce PDA na kiełkowanie zarodników *Diplocarpon rosae* – sprawcy czarnej plamistości liści róż. Po zestaleniu pożywki nanoszono kroplę zawiesiny zarodników i szklaną bagietką rozprawdzano po powierzchni. Zarodniki pozyskiwano z liści róży z objawami czarnej plamistości z widocznym zarodnikowaniem grzyba. Po naniesieniu na liście kropli wody z Tween 20 (w stężeniu 0,01%) skalpelem zeskrobywano zarodniki do zlewki, a następnie dodawano niewielką ilość wody. Zawiesinę zarodników dokładnie mieszano, a następnie sączono przez sterylną watę, aby usunąć resztki tkanek roślinnych. Przy użyciu hemocytometru określano liczbę zarodników w zawieszynie, a przez uzupełnianie wody uzyskiwano zawiesinę o zawartości 100 tysięcy zarodników w 1 ml. Po 18 godzinach inkubacji w cieplarni, gdzie utrzymywano temperaturę 22 °C, pod mikroskopem liczono procent kiełkujących zarodników (Wojdyła 2018).

W następnym doświadczeniu uprawiane w tunelu foliowym krzewy róż ‘Red Berlin’ z widocznymi objawami zarodnikowania grzyba *D. rosae* opryskiwano jednokrotnie nawozem Actifos w stężeniu 0,6%. Jako standard zastosowano fungicyd Domark 100 EC w stężeniu 0,05%. Po 1, 7 oraz 14 dniach od opryskiwania pobierano liście, a po naniesieniu kropli wody na powierzchnię plamy zarodniki zeskrobywano skalpelem do szalki Petriego na pożywkę PDA. Z każdej plamy zarodniki były zeskrobywane do osobnej szalki. Kolejną kroplę wody nanoszono na pożywkę, a następnie bagietką rozprawdzano zarodniki po powierzchni. Aby ograniczyć rozwój bakterii, do pożywki dodawano również róż bengalski ($0,5\text{ mg}\cdot\text{dm}^{-3}$) oraz 80 000 jednostek penicyliny. Po 24 godzinach w 5 różnych miejscach na szalce w polu widzenia pod mikroskopem odliczono 20 zarodników, w tym kiełkujące.

Doświadczenia w warunkach *in vitro* prowadzono na szalkach Petriego o średnicy 90 mm, w 5 powtórzeniach. Jedna szalka stanowiła powtórzenie. W tunelu foliowym doświadczenie założono w układzie bloków losowych (5 krzewów w 4 powtórzeniach). Uzyskane dane opracowano statystycznie za pomocą analizy wariancji, a istotność różnicy pomiędzy średnimi oceniono testem Duncana ($p = 0,05$). Następnie dla poszczególnych obiektów obliczono procent ograniczenia powierzchni kultury lub liczby kiełkujących zarodników w stosunku do obiektu kontrolnego (niechronionego), posługując się uproszczonym wzorem Abbotta (1925).

WYNIKI I DYSKUSJA

Prowadzone badania nad wzrostem kultur badanych patogenów wykazały, że Actifos dodany do pożywki w dawce $6000 \mu\text{g}\cdot\text{ml}^{-1}$ całkowicie hamował wzrost grzybni *P. cinnamomi* oraz *S. sclerotiorum* (tab. 1, 2). Przy tej zawartości nawozu w pożywce stwierdzono ponad 80% zahamowanie wzrostu grzybni *B. cinerea* (fot. 2), *P. fuckelii*, *P. cryptogea* (fot. 1) i *P. ultimum*. Stymulowanie wzrostu grzybni *B. cinerea* i *P. ultimum* stwierdzono przy dawce $100 \mu\text{g}\cdot\text{ml}^{-1}$, a *C. gloeosporioides* przy dawce 1000 i $3000 \mu\text{g}\cdot\text{ml}^{-1}$ (tab. 1, 2).

Tabela 1. Wpływ różnych zawartości nawozu Actifos w pożywce glukozowo-ziemniaczanej na wzrost kultur patogenów; pole powierzchni w cm^2

Table 1. Influence of different dose of fertilizer Actifos added to potato dextrose agar on the growth of pathogens; surface area in cm^2

Patogen Pathogen	Dawka nawozu; Dose of fertilizer ($\mu\text{g}\cdot\text{ml}^{-1}$)					
	100	500	1000	3000	6000	0
<i>Botrytis cinerea</i>	48,55 e	34,34 d	27,46 c	9,76 b	1,03 a	47,16 e
<i>Colletotrichum gloeosporioides</i>	37,6 a	60,2 b	76,6 b	71,5 b	58,3 b	71,0 b
<i>Fusarium oxysporum</i> f. sp. <i>dianthi</i>	19,38 b	19,94 b	12,80 a	27,53 c	24,26 bc	44,19 d
<i>Myrothecium roridum</i>	36,13 c	34,15 bc	17,17 a	21,14 ab	20,77 ab	51,19 d
<i>Paraconiothyrium fuckelii</i>	16,04 d	12,41 c	14,22 cd	6,81 b	4,42 a	41,63 e
<i>Phytophthora cinnamomi</i>	11,5 c	7,30 b	6,80 b	6,20 b	0,0 a	61,2 d
<i>Phytophthora cryptogea</i>	7,07 c	2,67 b	1,47 ab	0,39 a	0,46 a	42,90 d
<i>Pythium ultimum</i>	48,75 c	22,08 b	19,53 b	9,73 a	9,31 a	47,68 c
<i>Rhizoctonia solani</i>	51,44 de	47,09 d	41,57 c	28,25 b	17,97 a	53,34 e
<i>Sclerotinia sclerotiorum</i>	37,10 c	21,35 b	17,86 b	0,91 a	0,00 a	48,65 d

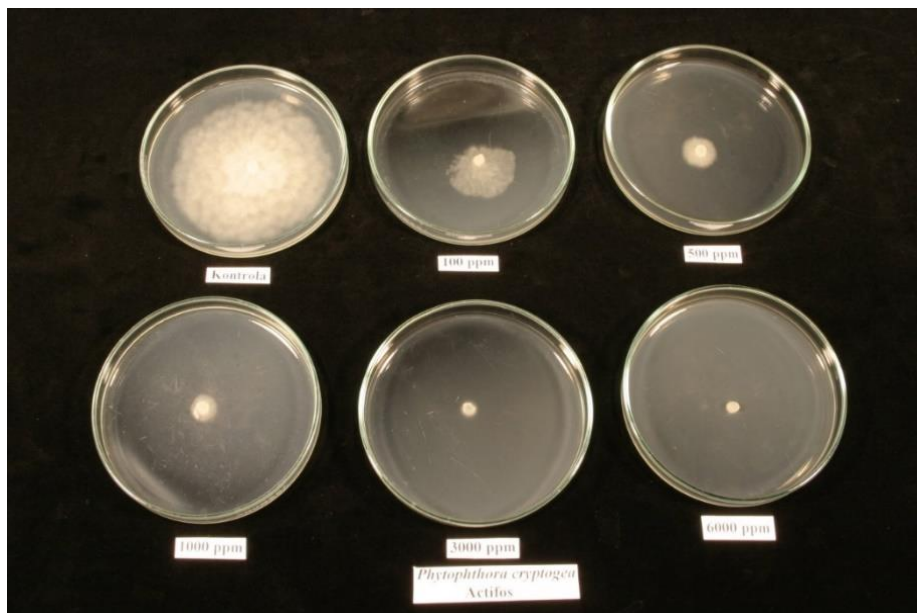
Średnie oznaczone tą samą literą dla poszczególnych wierszy nie różnią się istotnie ($p = 0,05$) według testu Duncana; Means followed by the same letter within lines are not significantly different ($p = 0,05$) according to Duncan's test

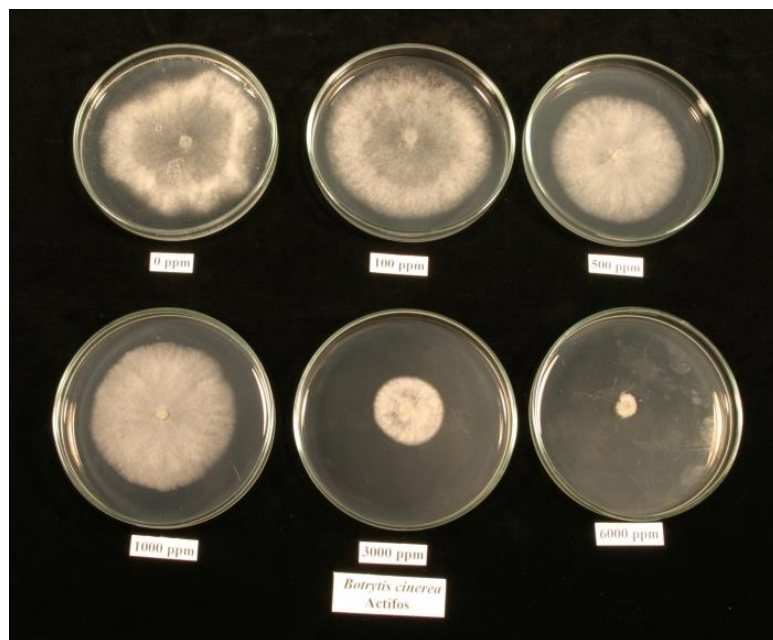
Tabela 2. Wpływ różnych zawartości nawozu Actifos w pożywce glukozowo-ziemniaczanej na procentowe zahamowanie wzrostu kultur patogenów

Table 2. Influence of different dose of fertilizer Actifos added to potato dextrose agar on the growth of pathogens

Patogen Pathogen	Dawka nawozu; Dose of fertilizer ($\mu\text{g}\cdot\text{ml}^{-1}$)				
	100	500	1000	3000	6000
<i>Botrytis cinerea</i>	+2,9	27,2	41,2	79,3	97,8
<i>Colletotrichum gloeosporioides</i>	47,0	15,2	+7,9	+0,7	17,9
<i>Fusarium oxysporum</i> f. sp. <i>dianthi</i>	56,1	54,9	71,0	37,9	45,1
<i>Myrothecium roridum</i>	29,4	33,3	65,3	58,7	59,4
<i>Paraconiothyrium fuckelli</i>	61,5	70,2	65,8	83,6	89,4
<i>Phytophthora cinnamomi</i>	81,2	88,1	88,9	89,9	100
<i>Phytophthora cryptogea</i>	83,5	93,8	96,6	99,1	98,9
<i>Pythium ultimum</i>	+2,2	53,7	59,0	79,6	80,5
<i>Rhizoctonia solani</i>	3,6	11,7	22,1	47,0	66,3
<i>Sclerotinia sclerotiorum</i>	23,8	56,1	63,3	98,1	100

Uwaga: patrz Tabela 1; Note: see Table 1

Fot. 1. Wpływ różnych zawartości nawozu Actifos w pożywce na wzrost *Phytophthora cryptogea*Photo 1. Influence of different dose of fertilizer Actifos added to potato dextrose agar on the growth of *Phytophthora cryptogea*



Fot. 2. Wpływ różnych zawartości nawozu Actifos w pożywce na wzrost *Botrytis cinerea*
 Photo 2. Influence of different dose of fertilizer Actifos added to potato dextrose agar on the growth of *Botrytis cinerea*

Nawóz Actifos wprowadzony do pożywki hamował kiełkowanie zarodników *D. rosae* od ok. 27% (przy dawce 100 $\mu\text{g}\cdot\text{ml}^{-1}$) do ok. 80% (1000 $\mu\text{g}\cdot\text{ml}^{-1}$). Przy dawkach 3000 $\mu\text{g}\cdot\text{ml}^{-1}$ i wyższych nie stwierdzono kiełkowania zarodników (tab. 3).

Tabela 3. Wpływ różnych zawartości nawozu Actifos w pożywce glukozowo-ziemniaczanej na kiełkowanie zarodników *Diplocarpon rosae*
 Table 3. Influence of different dose of fertilizer Actifos added to potato dextrose agar on inhibition of spore germination

Kombinacje Combination	Dawka Dose ($\mu\text{g}\cdot\text{ml}^{-1}$)	Procent kiełkujących zarodników Percentage of germinating spores	Procentowa skuteczność w hamowaniu kiełkowania zarodników Percent inhibition of spore germination
Kontrola; Control	-	77,23 e	-
Actifos	100	56,48 d	26,87 d
Actifos	500	33,71 c	56,35 c
Actifos	1000	15,70 b	79,67 b
Actifos	3000	0,00 a	100,0 a
Actifos	6000	0,00 a	100,0 a

Średnie w kolumnach oznaczone tą samą literą nie różnią się istotnie według testu Duncana ($p = 0,05$); Means followed by the same letter within columns are not significantly different according to Duncan's test ($p = 0,05$).

W kolejnym doświadczeniu nawóz Actifos w stężeniu 0,6% zastosowany do opryskiwania krzewów róż po 1 dniu powodował zahamowanie kiełkowania zarodników *D. rosae* o ponad 82%, po 7 dniach o 88%, a po 14 dniach o 37% (tab. 4).

Tabela 4. Wpływ opryskiwania krzewów róż na kiełkowanie zarodników *Diplocarpon rosae*
Table 4. Effect of spraying shrub roses on the germination of *Diplocarpon rosae* spores

Kombinacje Treatment	Stężenie Concentration (%)	Procent kiełkujących zarodników Percentage of germinating spores			Procentowa skuteczność w hamowaniu kiełkowania zarodników Percent inhibition of spore germination		
		1*	7*	14*	1*	7*	14*
		Kontrola; Control	-	82,48 c	72,48 c	74,73 c	0,00 c
Domark 100 EC	0,05	0,00 a	4,74 a	18,92 a	100,0 a	93,46 a	74,68 a
Actifos	0,6	14,69 b	8,74 b	46,73 b	82,19 b	87,94 b	37,47 b

Uwaga: patrz Tabela 3; Note: see Table 3

* dni po zabiegu; days after treatment

Z uwagi na rozprzestrzenianie się grzybów oraz organizmów grzybopodobnych przez zarodniki, hamowanie ich kiełkowania przez Actifos może mieć praktyczne zastosowanie w integrowanej ochronie. Uzyskane wyniki badań wskazujące na hamowanie wzrostu kultur patogenów na pożywce zawierającej nawóz Actifos znajdują potwierdzenie w literaturze. Amiri i Bompeix (2011) wykazali, że fosforyn potasu w dawce 2 oraz 4 $\mu\text{g}\cdot\text{ml}^{-1}$ wprowadzony do pożywki maltozowej (MEA) całkowicie hamował wzrost grzybni oraz kiełkowanie zarodników *Penicillium expansum*. Podobnie Farih i in. (1981) oraz Smith (1979a, b) wykazali, że w warunkach in vitro stężenie fosetylu-Al powyżej 1000 $\mu\text{g}\cdot\text{ml}^{-1}$ było wymagane do całkowitego zahamowania wzrostu grzybni badanych gatunków *Phytophthora*. Podobnie we wcześniej przeprowadzonych badaniach in vitro fosforyn potasu w stężeniu 0,3 mM hamował formowanie mikrokonidiów przez *Fusarium oxysporum* f. sp. *cubense* (*Foc*). Davis i Grant (1996) wykazali, że zarodnikowanie innego izolatu *Foc* i dwóch izolatów *F. oxysporum* f. sp. *dianthi* były w mniejszym procencie ograniczane przez fosforyn potasu. Badany środek nie obniżał żywotności zarodników *Foc* wytwarzanych w jego obecności, a hamowanie kiełkowania mikrokonidiów stwierdzono tylko w wysokich stężeniach (ED_{50} 30 mM). Natomiast wzrost grzybni, zarówno *Phytophthora cinnamomi*, jak i *P. citricola*, był hamowany przez niskie stężenia kwasu fosforowego (H_3PO_3). Stężenia wymagane do 50% hamowania kiełkowania (ED_{50}) wynosiły od 1,3 do 1,7 $\mu\text{g}\cdot\text{ml}^{-1}$ dla *P. citricola* i od 4,1 do 6,1 $\mu\text{g}\cdot\text{ml}^{-1}$ dla *P. cinnamomi* (Coffey i Joseph 1985).

W warunkach *in vitro* na pożywce kukurydzianej wzrost grzybni kilku badanych gatunków *Phytophthora* szczególnie silnie hamował kwas fosforawy (H_3PO_3), a także fosetyl-Al. Fenn i Coffey (1984) wykazali, że kwas fosforawy w warunkach *in vitro* zdecydowanie bardziej ograniczał wzrost grzybni rodzaju *Pythium*, a jego skuteczność w hamowaniu wzrostu kultur grzybów nie należących do Oomycetes była niska.

WNIOSKI

1. Przeprowadzone badania wykazały bezpośrednie działanie nawozu Actifos nie tylko na patogeny należące do królestwa Chromista, ale także na badane gatunki z królestwa Fungi.
2. Stwierdzone całkowite hamowanie wzrostu kolonii *P. cinnamomi* i *S. sclerotiorum* oraz zahamowanie o ponad 80% wzrostu grzybni *B. cinerea*, *P. fuckelii*, *P. cryptogea* i *P. ultimum* wskazuje na możliwość stosowania tego nawozu w dawce $6000 \mu\text{g}\cdot\text{ml}^{-1}$ w celu ograniczania wzrostu wymienionych patogenów.
3. Zachodzi konieczność badania przydatności Actifosu w ochronie roślin oddzielnie dla poszczególnych patogenów ze względu na stymulowanie wzrostu niektórych z nich, zwłaszcza przy niższych dawkach nawozu.
4. Udowodniona wysoka skuteczność nawozu Actifos w hamowaniu kiełkowania zarodników *Diplocarpon rosae*, zarówno w warunkach *in vitro*, jak i *in vivo*, wskazuje na jego przydatność w ograniczaniu rozwoju czarnej plamistości róży.
5. Actifos w stężeniu 0,6% zastosowany do opryskiwania krzewów róż powodował zahamowanie kiełkowania zarodników *D. rosae* po 1 dniu prawie o 82%, po 7 dniach o 88%, a po 14 dniach o 37,5%.

Literatura

- Abbott W.S. 1925. A method of computing the effectiveness of an insecticide. *Journal of Economic Entomology* 18: 265–267. DOI: 10.1093/jee/18.2.265a.
- Amiri A., Bompeix G. 2011. Control of *Penicillium expansum* with potassium phosphite and heat treatment. *Crop Protection* 30: 222–227. DOI: 10.1016/j.cropro.2010.10.010.
- Bertrand A., Ducret J., Debourge J.C., Horrière D. 1977. Study of the properties of a new family of fungicides: metallic monoethyl phosphites. *Physico-chemical characteristics and biological properties*. *Phytiatrie-Phytopharmacie* 26: 3–17.
- Coffey M.D., Joseph M.C. 1985. Effects of phosphorous acid and fosetyl-Al on the life cycle of *Phytophthora cinnamomi* and *P. citricola*. *Phytopathology* 75: 1042–1046. DOI: 10.1094/phyto-75-1042.

- Cohen Y., Coffey M.D. 1986. Systemic fungicides and the control of oomycetes. *Annual Review of Phytopathology* 24: 311–338. DOI: 10.1146/annurev.py.24.090186.001523.
- Daniel R., Wilson B.A., Cahill D.M. 2005. Potassium phosphonate alters the defence response of *Xanthorrhoea australis* following infection by *Phytophthora cinnamomi*. *Australasian Plant Pathology* 34: 541–548. DOI: 10.1071/ap05074.
- d’Arcy-Lameta A., Bompeix G. 1991. Systemic transport of tritiated phosphonate in tomato plantlets (*Lycopersicon esculentum* mill). *Pesticide Science* 32: 7–14. DOI: 10.1002/ps.2780320103.
- Davis A.J., Grant B.R. 1996. The effect of phosphonate on the sporulation of *Fusarium oxysporum* f. sp. *cubense*. *Australasian Plant Pathology* 25: 31–35. DOI: 10.1071/ap96007.
- Farih A., Tsao P.H., Menge J.A. 1981. Fungitoxic activity of fosite aluminium on growth, sporulation, and germination of *Phytophthora parasitica* and *P. citrophthora*. *Phytopathology* 71: 934–936. DOI: 10.1094/phyto-71-934.
- Fenn M.E., Coffey M.D. 1984. Studies on the in vitro and in vivo antifungal activity of fosetyl-Al and phosphorous acid. *Phytopathology* 74: 606–611. DOI: 10.1094/phyto-74-606.
- Groussol J., Delrot S., Caruhel P, Bonneman J.L. 1986. Design of an improved exudation method for phloem sap collection, and its use for the study of phloem mobility of pesticides. *Physiologie Végétale* 24: 123–133.
- Guest D.I., Bompeix G. 1990. The complex mode of action of phosphonates. *Australasian Plant Pathology* 19: 113–115. DOI: 10.1071/app9900113.
- Guest D., Grant B. 1991. The complex action of phosphonates as antifungal agents. *Biological Reviews* 66: 159–187. DOI: 10.1111/j.1469-185x.1991.tb01139.x.
- Heaton J.B., Dullahide S.R. 1990. Efficacy of phosphonic acid in other host pathogen systems. *Australasian Plant Pathology* 19: 133–134. DOI: 10.1071/app9900133.
- Lobato M.C., Olivieri F.P., Daleo G.R., Andreu A.B. 2010. Antimicrobial activity of phosphites against different potato pathogens. *Journal of Plant Diseases and Protection* 117: 102–109. DOI: 10.1007/bf03356343.
- Molot P.M., Beyriès A. 1977. Comparative study of some new fungicides (prothiocarb, pyroxychlor, phosphites) in the control of *Phytophthora cactorum* (Leb. & Cohn) on strawberry. *Phytiatrie-Phytopharmacie* 26: 63–72.
- Smillie R., Grant B.R., Guest D. 1989. The mode of action of phosphite: Evidence for both direct and indirect modes of action on three *Phytophthora* spp. in plants. *Phytopathology* 79: 921–926. DOI: 10.1094/phyto-79-921.
- Smith P.M. 1979a. Chemical control of *Phytophthora cinnamomi* in ornamental woody species. *Proceedings of the 1979 British Crop Protection Conference, Pests and Diseases* 2: 303–309.
- Smith P.M. 1979b. A study of the effects of fungitoxic compounds on *Phytophthora cinnamomi* in water. *Annals of Applied Biology* 93: 149–157. DOI: 10.1111/j.1744-7348.1979.tb06525.x.

Wieczorek W., Orlikowski L.B., Świętosławski J., Ptaszek M. 2010. Nowy fosforyn do ochrony roślin ozdobnych przed gatunkami *Phytophthora*. Zeszyty Problemowe Postępów Nauk Rolniczych 554: 277–283.

Wojdyła A.T. 2018. Możliwość bezpośredniego działania nawozu Solfan PK na niektóre patogeny roślin. Zeszyty Naukowe Instytutu Ogrodnictwa 26: 97–106.

Praca została wykonana w ramach zadania 2.3 programu wieloletniego (2015–2020) „Działania na rzecz poprawy konkurencyjności i innowacyjności sektora ogrodniczego z uwzględnieniem jakości i bezpieczeństwa żywności i ochrony środowiska naturalnego”, finansowanego przez Ministerstwo Rolnictwa i Rozwoju Wsi.