

Received: 08.12.2016 / Accepted: 13.01.2017

Evaluation of the nematicide fosthiazate (Nemathorin 10 G) for the management of pin nematode *Paratylenchus bukowinensis* Micoletzky, 1922 in crop of celery *Apium graveolens* L. var. *rapaceum* (Mill.) Gaudin

Ocena możliwości zwalczania szpilecznika baldasznika *Paratylenchus bukowinensis* Micoletzky, 1922 w uprawie selera *Apium graveolens* L. var. *rapaceum* (Mill.) Gaudin przy użyciu fostiazatu (Nemathorin 10 G)

Aneta Chałańska*, Aleksandra Bogumił, Artur Miszczak, Katarzyna Zagibajło

Summary

During the growing season 2015–2016 the effectiveness of fosthiazate (Nemathorin 10 G) was evaluated in celery crops against pin nematode *Paratylenchus bukowinensis*. The analyses of soil revealed inefficiency of the tested nematicide in management of *P. bukowinensis*. Yield differences between treated and untreated plots were not statistically significant. Fosthiazate residues were detected in both soil and plant material samples throughout the growing season, and their levels in celery exceed the accepted limit of 0.02 mg/kg. In light acidic soil with low organic matter the content of fosthiazate residue was detected in roots 120 days after the product application.

Key words: celery; fosthiazate; *Paratylenchus bukowinensis*; residues

Streszczenie

W sezonach wegetacyjnych 2015–2016 przeprowadzono badania dotyczące możliwości zwalczania szpilecznika baldasznika *Paratylenchus bukowinensis* w uprawie selera korzeniowego przy użyciu fostiazatu (Nemathorin 10 G). Na podstawie analiz gleby stwierdzono brak skuteczności nematocydu w ograniczaniu liczebności *P. bukowinensis*. Plon selera na poletkach traktowanych i kontrolnych nie różnił się istotnie. Pozostałości fostiazatu wykrywane były zarówno w próbach gleby, jak i materiale roślinnym przez cały okres wegetacyjny, 120 dni od aplikacji poziom fostiazatu w korzeniach selera przekraczał wartości dopuszczalne (NDP – najwyższe dopuszczalne poziomy pozostałości pestycydów).

Słowa kluczowe: seler; fostiazat; *Paratylenchus bukowinensis*; pozostałości

Institut Ogrodnictwa
Konstytucji 3 Maja 1/3, 96-100 Skierniewice
*corresponding author: aneta.chalanska@inhort.pl

Wstęp / Introduction

Szpilicznik baldasznik *Paratylenchus bukowinensis* Micoletzky, 1922 jest nicieniem często występującym w uprawie selera *Apium graveolens* L. var. *rapaceum* (Mill.) Gaudin, wykrywany w ponad 80% prób gleby, pochodzących z tej uprawy (Chalańska i Bogumił 2016). Wskutek żerowania tego szkodnika na korzeniach pierwszego rzędu wyrastają liczne, krótkie korzenie boczne, tworzące charakterystyczne kępki, na których z czasem pojawiają się nekrozy. W uprawie selera próg tolerancji szpilicznika baldasznika wynosi 50 osobników/100 cm³ gleby (Brzeski 1993). Powyżej 800 osobników/100 cm³ gleby obserwowany jest istotny spadek masy roślin i wielkości plonu (Brzeski 1975).

Liczba preparatów nicieniobójczych dopuszczonych do stosowania w Polsce jest niewielka. Zarejestrowane są dwa nematocydy: Vydate 10 G oraz Nemathorin 10 G, przy czym żaden z nich nie jest dopuszczony do stosowania w uprawie selera. Vydate 10 G jest środkiem działającym układowo, którego substancją czynną jest oksamyl. Środek przeznaczony jest do zwalczania owadów i nicieni w uprawie ziemniaka *Solanum tuberosum* L., buraka cukrowego *Beta vulgaris* L. subsp. *vulgaris*, marchwi *Daucus carota* L. i truskawki *Fragaria x ananassa* Duchesne, bez określonego okresu karencji. Z kolei Nemathorin 10 G na bazie fostiazatu ma działanie kontaktowe i przeznaczony jest do zwalczania mątwika ziemniaczanego w uprawie ziemniaka. Zalecany okres karencji w przypadku tego preparatu wynosi 120 dni. Efektywność powyższych nematocydów była testowana w odniesieniu do różnych gatunków nicieni. Skuteczność Vydate 10 G potwierdzili Jagdale i Grewal (2002) w badaniach dotyczących zwalczania węgorków (*Aphelenchoides* spp.) oraz Khalil i wsp. (2012) w doświadczeniu szklarniowym, gdzie testowano preparaty przeciwko *Meloidogyne incognita* (Kofoid & White, 1919) Chitwood, 1949. W badaniach Kimpinski i wsp. (1997) oraz Sturz i Kimpinski (1999) zastosowanie środka Nemathorin 10 G w uprawie ziemniaka istotnie zredukowało liczebność populacji *Pratylenchus penetrans* (Cobb, 1917) Filipjev & Schuurmans Stekhoven, 1941. Z kolei Chabrier i wsp. (2002) po aplikacji tego preparatu, zaobserwowali ograniczenie występowania nicieni *Radopholus similis* (Cobb, 1893) Thorne, 1949, a Saad i wsp. (2012) potwierdzili efektywność fostiazatu także w odniesieniu do guzaków.

Dotychczas nie prowadzono badań nad możliwością ograniczania *P. bukowinensis* stosując powyżej omawiane substancje czynne w uprawie selera. Liczne zgłoszenia producentów świadczą o trudnościach w utrzymaniu populacji nicieni tego gatunku na poziomie poniżej progu szkodliwości jedynie przy użyciu metod agrotechnicznych. Taka sytuacja powoduje konieczność prowadzenia badań oraz włączenie niezagrażających zdrowiu i skutecznym metod ochrony chemicznej do integrowanej produkcji selera. Najprostszym rozwiązaniem tego problemu byłoby zastosowanie dostępnego na rynku krajowym nematocytu, którego skuteczność została potwierdzona w odniesieniu do innych gatunków nicieni – pasożytów roślin. W doświadczeniu uwzględniono jeden z dostępnych na rynku krajowym nematocydów, Nemathorin 10 G.

Celem badań była ocena skuteczności fostiazatu w zwalczaniu *P. bukowinensis* w uprawie selera. Ze względu na brak informacji dotyczących pozostałości badanego nematocytu w tkankach roślin, dodatkowo oceniono dynamikę zanikania fostiazatu w glebie i roślinach selera korzeniowego.

Materiały i metody / Materials and methods

Badania skuteczności preparatu Nemathorin 10 G w zwalczaniu *P. bukowinensis* przeprowadzono dwukrotnie w warunkach polowych w latach 2015–2016. Doświadczenia zakładano pod koniec maja na polu doświadczalnym Instytutu Ogrodnictwa w Skierniewicach (gleba lekka – piasek gliniasty lekki o pH 5,9 i zawartości materii organicznej 2,9). Glebę zasiedlono szpilicznikiem baldasznikiem w roku poprzedzającym realizację prac badawczych. Poletka o powierzchni 10 m² były regularnie nawadniane przez cały okres wegetacyjny. Doświadczenia prowadzono w układzie losowym w czterech blokach po dwa obiekty (poletka traktowane środkiem Nemathorin 10 G oraz poletka kontrolne), po 10 roślin selera odmiany Albin w każdym powtórzeniu. Nematocyd Nemathorin 10 G aplikowano przed sadzeniem roślin w dawce zalecanej przez producenta, czyli 30 kg/ha. Na zakończenie doświadczenia (początek października) z poletek zebrano plon oraz pobrano próby do analiz. Z 250 ml prób gleby nicienie ekstrahowano zmodyfikowaną metodą Baermana (Luc i wsp. 2005). Liczebność szpiliczników przed aplikacją preparatu (PRE-T) oraz na zakończenie doświadczenia (zbiór) określono przy użyciu mikroskopu stereoskopowego (OPTA-TECH X2000).

Uzyskane wyniki poddano analizie wariancji (ANOVA), a różnice oceniono stosując wielokrotny test t-Duncana przy poziomie istotności $\alpha = 0,05$. Na podstawie średniej liczby nicieni *P. bukowinensis* w glebie obliczono efektywność preparatu Nemathorin 10 G według wzoru Hendersona-Tiltona (Henderson i Tilton 1955).

Testy dotyczące dynamiki zanikania fostiazatu przeprowadzono w 2016 roku, analizując odpowiednio pobrane próby gleby oraz materiału roślinnego. Początkowo gleba pobrana była przed aplikacją preparatu, a następnie analizy gleby i roślin prowadzono co 30 dni aż do zakończenia doświadczenia po upływie okresu karencji (120 dni). Do czasu wykonania analiz próbki przechowywano w temperaturze -18°C . Badania wykonano zgodnie z metodyką QUEChERS (Quick, Easy, Cheap, Effective, Rugged and Safe) opisaną przez Anastassiades i wsp. (2003) i normą PN-EN 15662 (2008). Analizy pozostałości fostiazatu wykonano techniką chromatografii cieczowej (Agilent Technologies 1200 Series z detektorem masowym Agilent Technologies 6410 Triple Quad LC-MS). W celu wyznaczenia selektywności metody oznaczania przeprowadzono analizę roztworu wzorcowego przygotowanego z certyfikowanego wzorca analitycznego fostiazatu i określono jony (m/z) służące do ilościowego oznaczania i jakościowego potwierdzenia występowania tego analitu (284,1 m/z \rightarrow 228,1 m/z, 284,1 m/z \rightarrow 104,1 m/z) oraz czas retencji (RT): 10,60 \pm 0,1 min. Kalibrację przygotowano przy użyciu roztworów fostiazatu w matrycy, co

zapewniało identyczność czasu retencji badanej substancji w próbkach kalibracyjnych i badanych.

Walidacja fosthiazatu została wykonana w selerze i glebie zgodnie z wymaganiami zawartymi w dokumencie SANTE/11945/2015. Granica wykrywalności i oznaczalności dla fosthiazatu w glebie wynosiła odpowiednio 0,0005 mg/kg i 0,001 mg/kg, a w selerze: 0,0025mg/kg i 0,01 mg/kg. Zakres roboczy metody dla fosthiazatu w glebie wyznaczono w granicach od 0,001 do 10 mg/kg, a w selerze od 0,01 do 20 mg/kg. Współczynnik korelacji liniowej (r) wyniósł, odpowiednio 0,998 i 0,999 dla gleby i selera, co potwierdziło zależność liniową w badanym zakresie. Średni odzysk fosthiazatu w glebie wyniósł 101,1%, a w selerze 102,3%. Niepewność złożoną oznaczeń fosthiazatu uc(y) ustalono na poziomie: 18,5% dla gleby i 10,1% dla selera.

Wyniki i dyskusja / Results and discussion

Na podstawie dwuletnich badań stwierdzono brak skuteczności preparatu Nemathorin 10 G w zwalczaniu szpilecznika baldasznika. Pomimo aplikacji nematocydu populacja *P. bukovinensis* istotnie zwiększyła się na koniec sezonu wegetacyjnego zarówno w roku 2015, jak i 2016. Zgodnie z kryteriami zawartymi w Rozporządzeniu Ministra Rolnictwa i Rozwoju Wsi z dnia 4 sierpnia 2004 r. (Rozporządzenie 2004) ograniczenie liczebności organizmu szkodliwego występuje przy skuteczności minimum 40%, stąd uzyskana efektywność preparatu (poniżej 7%) nie jest wynikiem zadawalającym (tab. 1).

W obu doświadczeniach zastosowanie fosthiazatu nie wpłynęło również istotnie na wielkość plonu (tab. 2).

Doniesienia literaturowe wskazują na skuteczność środka Nemathorin 10 G w zwalczaniu różnych gatunków nicieni, zarówno tworzących cysty, jak i wolnożyjących. Efekt ograniczania populacji po aplikacji fosthiazatu obserwowano m.in. w odniesieniu do mątwika agresywnego *Globodera pallida* Stone, 1973 (Woods i wsp. 1999), mątwika ziemniaczanego *Globodera rostochiensis* (Wollenweber, 1923) Skarbilovich, 1959 (Tobin i wsp. 2008) i korzeniaka szkodliwego (*Pratylenchus penetrans*) (Kimpinski i wsp. 1997; Zasada i wsp. 2010). Skuteczność tego nematocydu testowano w różnych uprawach, w tym w uprawie orzecha ziemnego *Arachis hypogaea* L. (Minton i wsp. 1993), ziemniaka (Sturz i Kimpinski 1999), bananowca *Musa × paradisiaca* L. (Chabrier i wsp. 2002) i pomidora *Solanum lycopersicum* L. (Giannakou i wsp. 2005; Saad i wsp. 2012). Nie przeprowadzono natomiast badań dotyczących możliwości zwalczania szpilecznika baldasznika w selerze. Pomimo doniesień innych autorów wskazujących na skuteczność fosthiazatu w ograniczaniu liczebności nicieni – pasożytów roślin, substancja ta nie wykazała efektywności w ochronie uprawy selera korzeniowego przed *P. bukovinensis*.

Przed zastosowaniem preparatu Nemathorin 10 G w glebie wykryto śladowe pozostałości fosthiazatu (tab. 3). Po 30 dniach od aplikacji nematocydu w glebie i roślinach stwierdzono bardzo wysokie stężenie badanej substancji czynnej, przy czym w roślinach było ono dwukrotnie wyższe niż w glebie. W trakcie sezonu wegetacyjnego zawartość fosthiazatu w glebie i roślinach stopniowo

Tabela 1. Ocena skuteczności preparatu Nemathorin 10 G w zwalczaniu szpilecznika baldasznika w uprawie selera korzeniowego
Table 1. Efficacy of Nemathorin 10 G in management of pin nematode in celery crops

Rok Year	Liczebność szpilecznika baldasznika (<i>Paratylenchus bukovinensis</i>)* Population of the pin nematode (<i>Paratylenchus bukovinensis</i>)				Skuteczność** Effectiveness [%]
	PRE-T		zbiór – harvest		
	Nemathorin 10 G	kontrola – untreated	Nemathorin 10 G	kontrola – untreated	
2015	140 a	308 a	2248 b	2852 b	0,0
2016	172 a	186 a	2929 ab	3393 b	6,8

Średnie oznaczone tą samą literą w wierszach nie różnią się istotnie przy poziomie istotności 5% według testu Duncana
Means followed by the same letter in rows are not significantly different at 5% level according to Duncan's test

*badanie wykonano na próbce 250 ml gleby – analysis of 250 ml of soil sample

**skuteczność zabiegu według wzoru Hendersona-Tiltona na podstawie liczebności nicieni w glebie – efficacy of the treatment according to Henderson-Tilton formula based on the population of nematodes in the soil

Tabela 2. Plon selera korzeniowego
Table 2. Yield of the celery

Rok Year	Masa całej rośliny Total weight of the plant [kg/m ²]		Masa liści Weight of leaves [kg/m ²]		Masa korzeni Weight of roots [kg/m ²]	
	Nemathorin 10 G	kontrola untreated	Nemathorin 10 G	kontrola untreated	Nemathorin 10 G	kontrola untreated
2015	6,25 a	5,83 a	1,47 a	1,40 a	4,78 a	4,43 a
2016	3,13 a	2,53 a	1,16 a	0,99 a	1,97 a	1,54 a

Średnie oznaczone tą samą literą w wierszach nie różnią się istotnie przy poziomie istotności 5% według testu Duncana
Means followed by the same letter in rows are not significantly different at 5% level according to Duncan's test

Tabela 3. Poziom pozostałości fostiazatu w uprawie selera korzeniowego
Table 3. Residue level of the fosthiazate in the celery crop

Termin – Date	Fostiazat – Fosthiazate [mg/kg]	
	gleba – soil	roślina – plant
PRE-T*	0,0011	–
T + 30 dni – days	6,605	15,878
T + 60 dni – days	1,046	7,505
T + 90 dni – days	0,492	7,28
T + 120 dni – days	0,215	2,94

*T – termin aplikacji preparatu, 31.05.2016 r. – date of application of the product, 31.05.2016

spadała, ale w dniu zbioru korzeni selera w glebie wykryto ponad 0,2 mg/kg tej substancji, a w korzeniach selera prawie 3 mg/kg. Najwyższy dopuszczalny poziom pozostałości (NDP) fostiazatu w selerze wynosi 0,02 mg/kg (Rozporządzenie 2005), co świadczy o tym, że zawartość tego środka ochrony roślin znacząco przekraczała dopuszczalne stężenie w produktach roślinnych.

Badania dotyczące degradacji fostiazatu były już wcześniej prowadzone. Wyniki doświadczeń nad określeniem szybkości rozkładu tej substancji czynnej opisał m.in. Giannakou i wsp. (2005), Osborn i wsp. (2008) oraz Wu i wsp. (2012). Wśród czynników mających wpływ na degradację fostiazatu wymieniane są pH gleby i zawartość materii organicznej (Pantelelis i wsp. 2006; Karpouzias i wsp. 2007). Pantelelis i wsp. (2006) wykazali, że w warunkach klimatu śródziemnomorskiego w glebach o odczynie zasadowym ($\text{pH} > 7$) czas połowicznego rozkładu fostiazatu jest prawie trzykrotnie krótszy niż w glebach o odczynie kwaśnym ($\text{pH} < 6$) i wynosi odpowiednio 14,1–20,7 oraz 53,3–57,7 dni. Jak opisuje Qin i wsp. (2004) szybszy rozkład badanej substancji czynnej zachodzi w glebie o wyższym pH, ale przy wysokiej zawartości materii organicznej. Nie bez znaczenia jest także skład mechaniczny gleby. W glebach ciężkich, o dużej zawartości łu rozkład fostiazatu następuje szybciej (Qin i wsp. 2004; Karpouzias i wsp. 2007). W zależności od właściwości gleby czas połowicznego rozkładu może trwać od dwóch tygodni do prawie 100 dni w klimacie śródziemnomorskim na glebach lekkich (piasku gliniastym) o pH 7,4 i zawartości materii organicznej 3,74 (Giannakou i wsp. 2005).

W prezentowanych badaniach prowadzonych na glebie lekkiej o odczynie kwaśnym i niskiej zawartości materii organicznej, fostiazat był obecny w wysokim stężeniu po okresie karencji (po 120 dniach). Istotny wpływ na wolniejszą degradację tej substancji czynnej mogły mieć właściwości fizykochemiczne gleby, o czym świadczą dane literaturowe. Długi rozkład preparatu Nemathorin

10 G warunkuje wysoką skuteczność zwalczania nicieni w glebie (Giannakou i wsp. 2005). Jednakże uzyskane rezultaty przeprowadzonych doświadczeń wskazują, że pomimo długiego utrzymywania się wysokiego poziomu substancji czynnej w glebie, nie osiągnięto satysfakcjonujących wyników zwalczania nicieni z rodzaju *Paratylenchus*.

Na podstawie dwuletnich wyników prac badawczych należy wykluczyć możliwość wykorzystania preparatu Nemathorin 10 G w ograniczaniu populacji *P. bukwinensis*.

Wnioski / Conclusions

1. Preparat Nemathorin 10 G nie był efektywny w zwalczaniu szpilocznika baldasznika w uprawie selera korzeniowego.
2. Zastosowanie fostiazatu nie wpłynęło istotnie na zwiększenie plonu selera korzeniowego.
3. Po upływie 120 dni od aplikacji preparatu Nemathorin 10 G w glebie lekkiej o odczynie kwaśnym i niskiej zawartości materii organicznej ilość fostiazatu w glebie przekraczała poziom 0,2 mg/kg.
4. Fostiazat nie może być polecany w uprawie selera do zwalczania szpilocznika baldasznika.

Podziękowanie / Acknowledgements

Praca została wykonana w ramach Programu Wieloletniego (2015–2020) „Działania na rzecz poprawy konkurencyjności i innowacyjności sektora ogrodniczego z uwzględnieniem jakości i bezpieczeństwa żywności oraz ochrony środowiska naturalnego”, zadanie 2.3 – „Analiza możliwości integrowanej ochrony wybranych roślin ogrodnich dla upraw małoobszarowych”, finansowanego przez Ministerstwo Rolnictwa i Rozwoju Wsi.

Literatura / References

- Anastassiades M., Lehotay S.J., Stajnbaher D., Schenck F.J. 2003. Fast and easy multiresidue method employing acetonitrile extraction/partitioning and dispersive solid-phase extraction for the determination of pesticide residues in produce. *Journal of AOAC International* 86 (2): 412–431.
- Bzreski M.W. 1975. Szkodliwość węgorza selerkowca (*Paratylenchus bukwinensis* Micol.) dla selerów. *Roczniki Nauk Rolniczych, Seria E, Ochrona Roślin* 5 (1): 23–29.

- Brzeski M.W. 1993. Nematologia rolnicza. Wydawnictwo SGGW, Warszawa, 87 ss.
- Chabrier C., Hubervic J., Quénehervé P. 2002. Evaluation of fosthiazate (Nemathorin® 10 G) for the control of nematodes in banana fields in Martinique. *Nematropica* 32 (2): 137–147.
- Chalańska A., Bogumił A. 2016. Występowanie szpilecznika baldasznika (*Paratylenchus bukowinensis* Micoletzky, 1922) oraz korzeniaków (*Pratylenchus* spp. Filipjev, 1936) w uprawach selera (*Apium graveolens* L.). [Occurrence of pin nematode (*Paratylenchus bukowinensis* Micoletzky, 1922) and lesion nematodes (*Pratylenchus* spp. Filipjev, 1936) in celery crops (*Apium graveolens* L.)]. *Progress in Plant Protection/Postępy w Ochronie Roślin* 56 (3): 366–371.
- Giannakou I.O., Karpouzas D.G., Anastasiades I., Tsiropoulos N.G., Georgiadou A. 2005. Factors affecting the efficacy of non-fumigant nematicides for controlling root-knot nematodes. *Pest Management Science* 61: 961–972.
- Henderson C.F., Tilton E.W. 1955. Tests with acaricides against the brown wheat mite. *Journal of Economic Entomology* 48: 157–161.
- Jagdale G.B., Grewal P.S. 2002. Identification of alternatives for the management of foliar nematodes in floriculture. *Pest Management Science* 58: 451–458.
- Karpouzas D.G., Pantelelis I., Menkissoglu-Spiroudi U., Golia E., Tsiropoulos N. 2007. Leaching of the organophosphorus nematicide fosthiazate. *Chemosphere* 68: 1359–1364.
- Khalil M.S.E.H., Allam A.F.G., Barakat A.S.T. 2012. Nematicidal activity of some biopesticides agents and microorganisms against root-knot nematode on tomato plants under greenhouse conditions. *Journal of Plant Protection Research* 52 (1): 47–52.
- Kimpinski J., Arsenault W.J., Sanderson J.B. 1997. Fosthiazate for suppression of *Pratylenchus penetrans* in potato on Prince Edward Island. Supplement to the *Journal of Nematology* 29 (4S): 685–689.
- Luc M., Sikora R.A., Bridge J. 2005. Plant parasitic nematodes in subtropical and tropical agriculture. CABI Bioscience, Egham, UK, 871 pp.
- Minton N.A., Breneman T.B., Bondari K., Harrison G.W. 1993. Activity of fosthiazate against *Meloidogyne arenaria*, *Frankliniella* spp. and *Sclerotium rolfsii* in peanut. *Peanut Science* 20: 66–70.
- Osborn R.K., Edwards S.S., Wilcox A., Haydock P.P.J. 2008. Potential enhancement of degradation of the nematicides aldicarb, oxamyl and fosthiazate in UK agricultural soils through repeated applications. *Pest Management Science* 66: 253–261.
- Pantelelis I., Karpouzas D.G., Menkissoglu-Spiroudi U., Tsiropoulos N. 2006. Influence of soil physicochemical and biological properties on the degradation and adsorption of the nematicide fosthiazate. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 54 (18): 6783–6789.
- PN-EN 15662: 2008. Żywność pochodzenia roślinnego – Oznaczanie pozostałości pestycydów metodą GC-MS i/lub LC-MS(/MS) po uprzedniej ekstrakcji i rozdzielaniu acetonitrylem oraz oczyszczaniu metodą dyspersyjnej SPE – Metoda QuEChERS.
- Qin S., Gan J., Liu W., Becker J.O. 2004. Degradation and adsorption of fosthiazate in soil. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 52 (20): 6239–6242.
- Rozporządzenie 2004. Rozporządzenie Ministra Rolnictwa i Rozwoju Wsi z dnia 4 sierpnia 2004 r. w sprawie badań skuteczności działania środka ochrony roślin. Dz. U. Nr 183 Poz. 1890, 12716–12753.
- Rozporządzenie 2005. Rozporządzenie (WE) nr 396/2005 Parlamentu Europejskiego i Rady z dnia 23 lutego 2005 r. w sprawie najwyższych dopuszczalnych poziomów pozostałości pestycydów w żywności i paszy pochodzenia roślinnego i zwierzęcego oraz na ich powierzchni, zmieniające Dyrektywę Rady 91/414/EWG. Dz. Urz. UE L 70/1 z późn. zm.
- Saad A.F.S.A., Massoud M.A., Ibrahim H.S., Khalil M.S. 2012. Activity of Nemathorin, natural product and bioproducts against root-knot nematodes on tomatoes. *Archives of Phytopathology and Plant Protection* 45 (8): 955–962.
- SANTE/11945/2015. Analytical Quality Control and Method Validation Procedures for Pesticide Residues Analysis in Food and Feed.
- Sturz A.V., Kimpinski J. 1999. Effects of fosthiazate and aldicarb on populations of plant-growth-promoting bacteria, root-lesion nematodes and bacteria-feeding nematodes in the root zone of potatoes. *Plant Pathology* 48: 26–32.
- Tobin J.D., Haydock P.P.J., Hare M.C., Woods S.R., Crump D.H. 2008. Effect of the fungus *Pochonia chlamydosporia* and fosthiazate on the multiplication rate of potato cyst nematodes (*Globodera pallida* and *G. rostochiensis*) in potato crops grown under UK field conditions. *Biological Control* 46: 194–201.
- Woods S.R., Haydock P.P., Edmunds C. 1999. Mode of action of fosthiazate used for the control of the potato cyst nematode *Globodera pallida*. *Annals of Applied Biology* 135: 409–415.
- Wu J., Wang K., Zhang H. 2012. Residues and dissipation dynamics of fosthiazate in tomato and soil. *Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology* 89: 664–668.
- Zasada I.A., Walters T.W., Pinkerton J.N. 2010. Post-plant nematicides for the control of root lesion nematode in red raspberry. *HortTechnology* 20 (5): 856–862.