

Integrated plant protection and pest resistance to pesticides in Poland

Integrowana metoda ochrony roślin a odporność agrofagów na pestycydy w Polsce

Joanna Zamojska¹, Henryk Malinowski²

Summary

Factors influencing the development of agrophages' resistance to pesticides, as well as methods for its prevention are discussed in the article. A special emphasis has been paid to integrated plant protection programmes as main factors to reduce resistance risk to pesticide. Some examples of the effective use of rotation of insecticide active substances with different mode of action to reduce the development of pests' resistance in Poland are also shown.

Key words: resistance to pesticides, integrated plant protection

Streszczenie

Przedstawiono czynniki wpływające na rozwój zjawiska odporności agrofagów na pestycydy oraz metody zapobiegania zjawisku odporności w Polsce. Przedyskutowano wpływ stosowania zasad integrowanej metody ochrony roślin na ograniczanie zjawiska odporności w naszym kraju, kładąc nacisk na możliwość zmniejszenia nacisku selekcyjnego środków ochrony roślin. Podano przykłady skutecznego wpływu rotacyjnego stosowania substancji aktywnych insektycydów o różnych mechanizmach działania na ograniczenie zjawiska odporności owadów w Polsce.

Słowa kluczowe: odporność na pestycydy, integrowana ochrona roślin

¹ Instytut Ochrony Roślin – Państwowy Instytut Badawczy
Władysława Węgorka 20, 60-318 Poznań
j.zamojska@iorpib.poznan.pl

² Emerytowany Profesor Instytutu Badawczego Leśnictwa
Zakładu Ochrony Lasu
Sękocin Stary, Braci Leśnej 3, 05-090 Raszyn

Wstęp / Introduction

Intensywna produkcja rolnicza wymaga intensywnej ochrony roślin, zwłaszcza środkami chemicznymi, co powoduje szybkie selekcjonowanie odpornych populacji zwalczanych gatunków agrofagów. Dyrektywa Parlamentu Europejskiego i Rady (2009/128/WE) z dnia 21 października 2009r., ustanawiająca ramy wspólnotowego działania na rzecz zrównoważonego stosowania pestycydów, nałożyła na państwa członkowskie obowiązek wdrożenia w życie od 2014 r. zasad integrowanej ochrony roślin (art. 14; Dz.U. UE 24.11.2009 L 309/71). W związku z tym wydawało się celowe przedyskutowanie wpływu stosowania zasad integrowanej ochrony roślin na rozwój odporności na pestycydy u zwalczanych agrofagów. Mając na uwadze przybliżenie tego zagadnienia szerszemu odbiorcy należy z jednej strony przypomnieć czynniki wpływające na rozwój i zapobieganie odporności, z drugiej natomiast – zasady integrowanej ochrony roślin.

Czynniki wpływające na rozwój odporności agrofagów na pestycydy Factors influencing development of agrophages' resistance to pesticides

Odporność jest naturalnym zjawiskiem dziedzicznego lub wyuczzonego (nabytego) przystosowania się wzrastającej liczby osobników danej populacji agrofaga do przeżywania chemicznych zabiegów ochrony roślin lub braku reakcji na te zabiegi, zapewniające początkowo efektywne zwalczanie lub zapobieganie szkodom (OEPP/EPPO 2002). Zjawisko odporności agrofagów dotyczy obecnie wszystkich grup środków ochrony roślin. Znane są liczne biotypy odpornych na herbicydy chwastów, rasy grzybów odpornych na fungicydy, gatunki i populacje szkodliwych owadów czy roztoczy odpornych na insektycydy i akarycydy (Malinowski 1984; Fujimura i wsp. 1994; Heimbach 2006; Adamczewski i Kierzek 2007; Alyokhin i wsp. 2007; Hansen 2008). Omawiany problem dotyczy także zwierząt wyższych, na przykład ptaków i ssaków, u których odporność na toksyny i repelenty wiąże się głównie z etologią, czyli zachowaniem w środowisku i pamięcią w oparciu o budowę i funkcjonowanie ich mózgow (Węgorzek 2003). Występowanie zjawiska odporności u agrofagów znacznie przesuwają próg opłacalności ochrony chemicznej, powoduje spadek plonowania roślin rolniczych i często prowadzi do pogorszenia jakości plonu.

Ważną przyczyną, która pośrednio i bezpośrednio przyspiesza powstawanie odporności jest szeroko praktykowana intensywna produkcja rolnicza, wymagająca intensywnej ochrony chemicznej. Ten system, sprzeczny z integrowaną technologią produkcji, na każdym etapie technologicznego procesu powoduje bardzo silne, niekorzystne zmiany czynników biotycznych i fizycznych środowiska rolniczego. Zmiany, które doprowadziły do zaburzeń powiązań ekologicznych pomiędzy fauną i florą coraz częściej skutkują zjawiskami gradacji niektórych szkodliwych gatunków, ich wzrastającą odpornością na chemiczne środki ochrony roślin, ginięciem gatunków pożytecznych i wieloma innymi, niekorzystnymi zmianami oraz redukcją bioróżnorodności środowiska rolniczego (Tschamtko

i wsp. 2005). Występująca coraz częściej odporność agrofagów na chemiczne środki ochrony roślin jest rezultatem wieloletniej, intensywnej ochrony chemicznej i związanego z nią silnego nacisku selekcyjnego substancji aktywnych na populacje agrofagów (Malinowski 1991, 2003; Weisz i wsp. 1997).

Rozwój odporności na pestycydy u agrofagów jest uzależniony od współdziałania kompleksu czynników genetycznych (FFrench-Constant i wsp. 2004; McAbee i wsp. 2004), biologicznych i operacyjnych. Czynniki genetyczne i biologiczne są zaliczane do tzw. czynników wewnętrznych, które nie mogą być zmieniane, gdyż znajdują się poza zasięgiem działalności człowieka. Czynniki operacyjne są związane z właściwościami stosowanych środków, takimi jak: struktura chemiczna, jej pokrewieństwo z wcześniej stosowanymi pestycydami, długotrwałość działania, forma użytkowa oraz sposobami ich stosowania. Ponadto próg aplikacji, próg selekcji, stadium selekcjonowane, sposób stosowania, selekcja ograniczona, czy selekcja alternatywna należą do tzw. czynników zewnętrznych. Czynniki te umiejętnie modyfikowane mogą przeciwdziałać rozwojowi odporności agrofagów na pestycydy.

Odporność powstaje wskutek naturalnych procesów selekcji i nie można jej całkowicie wyeliminować nie rezygnując ze stosowania pestycydów. Można natomiast jej przeciwdziałać lub opóźnić jej wystąpienie przez zmniejszenie jednostronnej presji selekcyjnej stosowanych pestycydów. Metody przeciwdziałania lub opóźniania odporności związane z czynnikami operacyjnymi można podzielić na trzy grupy: umiarkowane, radykalne i wielokierunkowej presji (Malinowski 2003 za Georghiou 1983). Mają one na celu zachowanie w populacji genotypów wrażliwych lub eliminację genotypów odpornych.

Zachowanie w populacji genotypów wrażliwych można osiągnąć metodami umiarkowanymi, jak: stosowanie obniżonych dawek, zmniejszenie częstotliwości zabiegów, stosowanie insektycydów o krótkim okresie trwałości, dostosowanie zabiegów do momentu wystąpienia najbardziej wrażliwego stadium szkodnika, jak również poprzez zabiegi lokalne na ściśle ograniczonej powierzchni, pozostawianie części populacji bez zabiegu, wykonywanie zabiegów przy wyższych progach szkodliwości. Eliminację z populacji genotypów odpornych uzyskuje się metodami radykalnymi przez stosowanie wysokich dawek pestycydów, blokowanie mechanizmów detoksykacyjnych synergetykami lub metodami wielokierunkowej presji w wyniku stosowania rotacji insektycydów.

Znajomość wymienionych czynników przeciwdziałania lub opóźniania odporności pozwala na przedsięwzięcie odpowiednich działań przy stosowaniu integrowanej ochrony roślin.

Integrowana ochrona roślin a odporność agrofagów na pestycydy / Integrated plant protection and agrophages' resistance to pesticides

Integrowana ochrona roślin proponuje łączne wykorzystanie wszystkich sposobów i metod ochrony roślin, takich jak: odpowiednia agrotechnika, odporne odmiany,

wrogowie naturalni oraz biologiczne, chemiczne i inne metody w celu skutecznego, bezpiecznego i opłacalnego obniżenia nasilenia szkodliwego organizmu poniżej progu szkodliwości.

Preferuje się insektycydy biologiczne, biotechniczne, a także substancje wpływające na zachowanie się organizmów szkodliwych. Jednakże wymienione środki odgrywają w programach integrowanej ochrony tylko drugorzędą rolę. Główny nacisk kładzie się na działania profilaktyczne (odpowiednia uprawa gleby, nawożenie, sadzenie we właściwym terminie, odporne odmiany, itp.) (Radcliffe i wsp. 2009).

Biorąc pod uwagę element chemicznej ochrony roślin, rolnictwo integrowane, w odróżnieniu od intensywne, zmusza do przestrzegania pewnych założeń, bez których w przyszłości mogłoby dojść do dalszej kompensacji niekorzystnych zjawisk. Dążąc więc do zwiększenia pozytywnych dla środowiska rolniczego efektów, założenia integrowanych programów ochrony roślin muszą obecnie dopuszczać wystąpienie pewnych strat w plonach, większych niż tolerowane dotychczas (Kochman i Węgorzek 1997).

Zapobieganie narastaniu odporności agrofagów w integrowanych programach ochrony roślin, w miarę postępu wiedzy, powinno uwzględniać przede wszystkim czynniki związane ze zmieniającymi się stale warunkami agronomicznymi, z gatunkiem agrofaga oraz ze środkiem chemicznym ochrony roślin (OEPP/EPPO 2002). W przypadku wielu agrofagów, mimo występowania zjawiska odporności, nie można całkowicie rezygnować ze stosowania chemicznych środków ochrony roślin, to jednak w miarę możliwości należy wszelkimi sposobami zmniejszać ich presję selekcyjną (Malinowski 1991, 2003; Pruszyński i Wolny 2007; Mrówczyński i Pruszyński 2008; Węgorzek i wsp. 2009). W integrowanej ochronie roślin prewencyjne stosowanie środków ochrony roślin ma miejsce jedynie w postaci zapraw nasiennych lub w zabiegach nalistnych przy sygnalizacji wysokiego zagrożenia, ponieważ ich zaniechanie skutkowałoby zbyt dużymi stratami.

W integrowanych metodach ochrony roślin rolniczych konieczne jest odejście od filozofii eliminacji za wszelką cenę z populacji agrofaga genotypów odpornych. Takie podejście charakterystyczne dla intensywnej ochrony roślin wiąże się z praktykowaniem tak zwanej metody radykalnej i oznacza stosowanie bardzo wysokich dawek środków ochrony roślin czy blokowanie synergetykami mechanizmów detoksykacyjnych agrofagów.

Mając na uwadze zmniejszenie nacisku selekcyjnego chemicznych środków ochrony roślin, w integrowanych programach ochrony kładzie się szczególnie nacisk na wykorzystanie metod agrotechnicznych. Niektóre z nich będą obowiązkowe, natomiast inne opracowywane indywidualnie, zgodnie ze specyfiką gospodarstwa. Do decyzji indywidualnej pozostanie: wybór płodozmianu, terminu siewu i jego gęstość, z uwzględnieniem wielkości i położenia pól, przestrzennego usytuowania upraw czy panujących warunków klimatycznych. Również wykorzystanie naturalnych procesów ograniczania liczebności agrofagów, jak wykorzystanie odmian tolerancyjnych lub odpornych, wzbogacenie bioróżnorodności czy wykorzystanie metod biologicznych będzie w integrowanych

programach produkcji kwestią indywidualną hodowcy (Muśnicki i wsp. 2005; Pruszyński i Wolny 2007). Wszystkie wymienione czynniki mają duży wpływ na obniżenie gęstości populacji agrofagów, a tym samym na zmniejszenie intensywności stosowania chemicznych środków ochrony roślin.

Biorąc pod uwagę gatunek agrofaga, integrowany program ochrony musi uwzględniać wiedzę na temat jego biologii, fizjologii, genetyki i ekologii. Wybór środka ochrony roślin należy dostosować do takich parametrów, jak: długość cyklu rozwojowego agrofaga, płodność i ilość pokoleń w sezonie wegetacyjnym, rozprzestrzenienie potomstwa, diapauza lub formy zimowania i przetrwania, mechanizmy metabolizmu toksyn, migracje, izolacja populacji, przystosowanie genotypów odpornych, zmienność genetyczna z uwzględnieniem liczby i frekwencji genów odporności oraz ich dominacji lub recesywności (OEPP/EPPO 2002).

Kolejnym czynnikiem brany pod uwagę przy zapobieganiu odporności agrofagów jest środek ochrony roślin. Podstawowe znaczenie ma molekularny sposób działania środka, z czym wiąże się przynależność do grupy chemicznej i właściwości fizykochemiczne. Odchodzi się w rolnictwie integrowanym od środków działających długotrwale lub dających toksyczne metabolity. Coraz większy nacisk kładzie się na selektywność środka, określony czas działania substancji aktywnej, jej szybki rozkład do nietoksycznych związków, bezpieczeństwo dla środowiska. Poprzez stosowanie nowoczesnych form użytkowych środków ochrony roślin uzyskuje się obniżenie dawki, a badania naukowe umożliwiają dalsze uzyskanie pożądanych cech poprzez łączne działanie substancji aktywnych, stosowanie synergetyków, adiuwantów oraz nośników (Malinowski 2003).

Wszelkie działania podejmowane w ramach integrowanej ochrony roślin mają na celu ograniczenie stosowania środków chemicznych, a więc zmniejszenie presji selekcyjnej na traktowane populacje szkodliwych organizmów (Radcliffe i wsp. 2009). Sprawdzone metodą, zalecaną w ramach integrowanej ochrony roślin, mającą wpływ na redukcję zjawiska odporności, jest stosowanie rotacji substancji aktywnych o różnych mechanizmach działania (Clarke i wsp. 1997). Metoda ta, choć formalnie zaliczana do metod powodujących eliminację genotypów odpornych, w rzeczywistości pozwala na przeżycie genotypom wrażliwym. Ma ona udowodnioną skuteczność w ograniczaniu zjawiska odporności (Węgorzek 1994; Zamojska i wsp. 2011), a w konsekwencji ogranicza stosowanie środków chemicznych i jest zalecana do stosowania w integrowanych programach ochrony roślin (Węgorzek i wsp. 2009). Elementem tej metody jest również wycofanie ze stosowania takiego środka ochrony roślin, na który agrofag wykształcił odporność i wprowadzenie na jego miejsce nowego o innym mechanizmie działania.

Poniżej podano przykłady skutecznego wpływu rotacyjnego stosowania substancji aktywnych o różnych mechanizmach działania oraz wycofywania substancji, na które została wykształcona odporność, w celu ograniczenia zjawiska odporności. Wyniki badań przeprowadzonych w Polsce wykazały wysoki poziom odporności stonki

ziemniaczanej na substancję z grupy związków fosforo-organicznych – chlorfenwinfos (Węgorek i wsp. 1988; Węgorek 1994). Współczynnik odporności w 1987 r. dla larw wynosił 4,1–14,3, dla chrząszczy – 0,6–2,4. Wycofanie chlorfenwinfosu ze stosowania na terenie kraju spowodowało powrót do wrażliwości populacji i zdecydowany spadek współczynnika odporności w roku 1993 (np. współczynnik odporności dla larw wynosił 1,3–2).

Na początku 20. wieku, na skutek częstego stosowania pyretroidów do ochrony upraw ziemniaka przed stonką ziemniaczaną, poziom odporności szkodnika na deltametrynę był bardzo wysoki (Węgorek 2005; Zamojska i wsp. 2011). Przykładowo w 2002 r. LC_{50} dla larw wynosiło 20,5–54,5 ppm, a LC_{95} – ponad 10000 ppm. Ograniczenie stosowania pyretroidów i ich zastąpienie przez związki z grupy neonikotynoidów i fenylopirazoli, spowodowało spadek odporności polskich populacji szkodnika w latach 2008–2010 – np. w 2010 r. LC_{50} dla larw wynosiło 5,7–8,5 ppm, a LC_{95} – 44,2–183,6 ppm.

Zasady zapobiegania rozwojowi odporności agrofagów na pestycydy

The rules for prevention of development of agrophages' resistance to pesticides

Integrowane programy ochrony roślin przed agrofagami muszą uwzględniać uniwersalne zasady zapobiegania odporności agrofagów (Clarke i wsp. 1997), które zakładają między innymi:

- monitoring poziomu wrażliwości agrofagów na środki ochrony roślin, stałe badania poziomu wrażliwości gatunku zwalczanego agrofaga, które powinny być obowiązkiem prawnym producenta środka ochrony roślin oraz instytucji nadzorujących ochronę roślin w Polsce,
- przeprowadzanie zabiegu substancją aktywną o odpowiedniej skuteczności w stosunku do zwalczanego agrofaga (często te same substancje aktywne mają szersze spektrum działania i są zarejestrowane do zwalczania wielu gatunków agrofagów, które mają różny poziom wrażliwości); w zależności od wielkości lub liczebności zwalczanej populacji należy brać pod uwagę ten czynnik,

- bez względu na wybór środka ochrony roślin, stosowanie danej substancji aktywnej na tej samej uprawie tylko jeden raz w sezonie, co ma na celu zmniejszenie nacisku selekcyjnego tym samym mechanizmem molekularnym,
- ponieważ często przeciwko agrofagowi konieczne są w tym samym sezonie wegetacyjnym kolejne zabiegi chemiczne, zalecana jest rotacja substancji aktywnych o różnych mechanizmach działania. Należy brać pod uwagę fakt, że substancje z różnych grup chemicznych mogą wywoływać podobne mechanizmy odporności w organizmie agrofaga. W miarę możliwości należy więc badać mechanizmy odporności agrofagów na różne substancje aktywne i stosować się do zaleceń wynikających z tych badań.

Integrowane programy ochrony roślin uwzględniające zapobieganie odporności agrofagów będą ulegały stałym modyfikacjom i zadaniem Instytutu Ochrony Roślin – Państwowego Instytutu Badawczego będzie koordynowanie badań naukowych zmierzających do optymalizowania tych programów.

Podsumowanie / Summation

W pracy przypomniano czynniki wpływające na rozwój i zapobieganie lub opóźnienie wystąpienia odporności na pestycydy u agrofagów w kontekście obowiązkowego wprowadzenia w życie od 2014 r. zasad integrowanej ochrony roślin. Zasady te polegają na wykorzystaniu możliwie wielu sposobów i metod ochrony roślin, jak: odpowiednia uprawa gleby, stosowanie odpornych odmian, wrogów naturalnych oraz biologicznych, chemicznych i innych metod w celu skutecznego, bezpiecznego i opłacalnego obniżenia poniżej progu szkodliwości występowania szkodliwego organizmu. Główny nacisk kładzie się na działania profilaktyczne. Wprowadzenie zasad integrowanej ochrony roślin pozwoli na ograniczenie stosowania chemicznych środków ochrony roślin, a tym samym zmniejszy ich nacisk selekcyjny na zwalczane populacje agrofagów. Niewątpliwie przyczyni się to do zwolnienia tempa rozwoju odporności agrofagów na stosowane środki ochrony roślin.

Literatura / References

- Adamczewski K., Kierzek R. 2007. Występowanie biotypów miotły zbożowej (*Apera spica-venti* L.) odpornej na herbicydy sulfonylomocznikowe. Prog. Plant Prot./Post. Ochr. Roślin 47 (3): 333–340.
- Alyokhin A., Dively G., Patterson M., Castaldo C., Rogers D., Mahoney M., Wollam J. 2007. Resistance and cross-resistance to imidacloprid and thiamethoxam in the Colorado potato beetle. Pest Manage. Sci. 63: 32–41.
- Clarke J.H., Clark W.S., Hancock M. 1997. Strategies for prevention of development of pesticide resistance in the UK – lessons for and from the use of herbicides, fungicides and insecticides. Pestic. Sci. 51 (3): 391–397.
- FFrench-Constant R.H., Daborn P.J., Le Goff G. 2004. The genetics and genomics of insecticide resistance. Trends Genetic 20 (3): 163–170.
- Fujimura M., Kamakura T., Inoue H., Yamaguchi I. 1994. Amino-acid alterations in the β -tubulin gene of *Neurospora crassa* that confer resistance to carbendazim and diethofencarb. Curr. Genet. 25: 418–422.
- Georghiou G.P. 1983. Management of resistance in arthropods. p. 769–792. In: „Pest Resistance to Pesticides” (G.P. Georghiou, T. Saito, eds), Pergamon Press, New York, 809 pp.
- Hansen L.M. 2008. Occurrence of insecticide resistant pollen beetles (*Meligethes aeneus* F.) in Danish oilseed rape (*Brassica napus* L.) crops. Bull. OEPP/EPPO Bull. 38 (1): 95–98.

- Heimbach U., Müller A., Thieme T. 2006. First steps to analyse pyrethroid resistance of different oilseed rape pests in Germany. *Nachrichtenbl. Pflanzenschutz* 58 (1): 1–5.
- Kochman J., Węgorzek W. 1997. *Ochrona Roślin*. Wyd. V. Plantpress, Kraków, 701 ss.
- Malinowski H. 1984. Rozwój odporności owadów na fotostabilne pyretroidy. *Rocz. Nauk Roln., Seria E – Ochrona Roślin* 14 (1–2): 19–30.
- Malinowski H. 1991. Metody przeciwdziałania odporności na zoocydy w populacjach stawonogów. *Materiały 31. Sesji Nauk. Inst. Ochr. Roślin, cz. 1*: 180–186.
- Malinowski H. 2003. *Odporność Owadów na Insektycydy. Mechanizmy Powstawania i Możliwości Przeciwdziałania*. Wyd. Wieś Jutra, Warszawa, 211 ss.
- McAbee R.D., Kang K.D., Stanich M.A., Christiansen J.A., Wheelock C.E., Inman A.D., Hammock B.D., Cornel A.J. 2004. Pyrethroid tolerance in *Culex pipiens pipiens* var *molestus* from Marin County, California. *Pest Manage. Sci.* 60 (4): 359–368.
- Mrówczyński M., Pruszyński S. 2008. *Integrowana Produkcja Rzepaku Ozimego i Jarego*. Inst. Ochr. Roślin, Poznań, 107 ss.
- Muśnicki Cz., Bartkowiak-Broda I., Mrówczyński M. (red.). 2005. *Technologia Produkcji Rzepaku*. Wieś Jutra, Warszawa, 203 ss.
- OEPP/EPPA. 2002. Standardy EPPO: Ocena skuteczności środków ochrony roślin. *Analiza zagrożenia odpornością*. PP 1/213(2).
- Pruszyński S., Wolny S. 2007. *Przewodnik Dobrej Praktyki Ochrony Roślin*. Inst. Ochr. Roślin, Poznań, 80 ss.
- Radcliffe E.B., Hutchison W.P., Cancelado R.E. 2009. *Integrated Pest Management: Concepts, Tactics, Strategies and Case Studies*. Cambridge University Press, New York, 523 pp.
- Tscharntke T., Klein A.M., Kruess A., Dewenter I.S., Thies C. 2005. Landscape perspectives on agricultural intensification and biodiversity – ecosystem service management. *Ecol. Letters* 8 (8): 857–874.
- Weisz P., Jansen S., Reynaerts A. 1997. Development of an expert system for potato integrated pest management. p. 485–499. In: „Advances in Potato Pest Biology and Management” (G. Zehnder, M. Powelson, R. Jansson, K. Raman, eds). APS Press, St. Paul, MN, 655 pp.
- Węgorzek P., Pruszyński S., Kroczyński J., Szczęśna E. 1988. Zmiany we wrażliwości stonki ziemniaczanej (*Leptinotarsa decemlineata* Say) na chlorfenwinfos w Polsce, w świetle badań 1987. *Materiały 28. Sesji Nauk. Inst. Ochr. Roślin, cz. 1*: 185–200.
- Węgorzek P. 1994. Poziom wrażliwości wybranych populacji stonki ziemniaczanej (*Leptinotarsa decemlineata* Say.) z Wielkopolski na deltametrynę i chlorfenwinfos w latach 1992 i 1993. *Materiały 34. Sesji Nauk. Inst. Ochr. Roślin, cz. 2*: 233–236.
- Węgorzek P. 2003. Porównanie skuteczności stosowanych w Polsce repelentów do odstraszenia zwierzyny łownej. *Prog. Plant Prot./Post. Ochr. Roślin* 43 (2): 1026–1029.
- Węgorzek P. 2005. Current status of resistance in Colorado potato beetle (*Leptinotarsa decemlineata* Say) to selected active substances of insecticides in Poland. *J. Plant Prot. Res.* 45 (4): 309–319.
- Węgorzek P., Mrówczyński M., Zamojska J. 2009. Strategia zwalczania słodyszka rzepakowego (*Meligethes aeneus* F.) w Polsce z uwzględnieniem ryzyka odporności. *Prog. Plant Prot./Post. Ochr. Roślin* 49 (3): 1235–1241.
- Zamojska J., Węgorzek P., Mrówczyński M. 2011. Changes in the Colorado potato beetle (*Leptinotarsa decemlineata* Say) susceptibility level to pyrethroids and the pest resistance mechanisms to deltamethrin. *J. Plant Prot. Res.* 51 (3): 294–299.