

ODPORNOŚĆ AGROFAGÓW NA ŚRODKI OCHRONY ROŚLIN W ROLNICTWIE ZRÓWNOWAŻONYM NA PRZYKŁADZIE ŚŁODYSZKA RZEPAKOWEGO (*MELIGETHES AENEUS* F.)¹

PAWEŁ WĘGOREK, MAREK MRÓWCZYŃSKI, JOANNA ZAMOYSKA

Instytut Ochrony Roślin w Poznaniu

Synopsis. Zjawisko odporności agrofagów na środki ochrony roślin jest wynikiem długoletniej silnej presji selekcyjnej. Powstawanie odporności rodzi problemy, ponieważ ogranicza możliwości technologii produkcji roślinnej zgodnej z zasadami Rolnictwa Zrównoważonego. W pracy przedstawiono trudności w skutecznej i proekologicznej ochronie rzepaku na skutek zjawiska odporności ślodyszka rzepakowego (*Meligethes aeneus* F.) na niektóre substancje aktywne insektycydów.

Słowa kluczowe – *key words*: odporność – *resistance*, ślodyszek rzepakowy (*Meligethes aeneus* F.) – *Pollen beetle*, acetamipryd – *acetamiprid*, chloropiryfos – *chlorpyrifos*, bifentryna – *bifenthrin*, rolnictwo zrównoważone – *sustainable agriculture*

WSTĘP

Ważnym elementem rolnictwa zrównoważonego jest prowadzenie ochrony roślin w oparciu o zasady Dobrej Praktyki Rolniczej oraz integrowane programy produkcji rolnej [EPPO 2001]. Ma to na celu nie tylko ochronę organizmów wchodzących w skład agroekosystemu, głównie entomofauny pożytecznej, ale również ograniczenie ryzyka wystąpienia odporności agrofagów na środki ochrony roślin. Ponad 50 lat intensywnego stosowania syntetycznych środków chemicznych w zwalczaniu agrofagów doprowadziło do wytworzenia przez wiele gatunków mechanizmów pozwalających im na przeżycie zabiegów i przekazywanie cech odporności następnym pokoleniom. Zjawisko odporności nie tylko osłabia efekt zabiegów ochronnych, ale również komplikuje stosowanie optymalnych rozwiązań w programach chemicznej ochrony roślin. Zjawisko to stale narasta i dotyczy zarówno bakterii, grzybów, chwastów, pajęczaków, jak i owadów, a nawet kręgowców. Skala tego zjawiska jest zróżnicowana, jednak regułą jest, że najważniejszym elementem faworyzującym jego wystąpienie jest siła nacisku selekcyjnego przy użyciu środków chemicznych na populację agrofaga. Ta siła uzależniona jest z kolei od wielu innych czynników, zarówno wewnętrznych – dotyczących biologii, fizjologii i genetyki zwalczanego organizmu, jak również od czynników zewnętrznych – środowiskowych oraz dotyczących właściwości molekularnych substancji aktywnych [EPPO 1999]. Największą rolę odgrywa powierzchnia i struktura zasiewów chronionego gatunku rośliny, jej biologia, wrażliwość na atak agrofaga, występowanie jego wrogów naturalnych, konieczność stosowania zabiegów chemicznych, struktura chemiczna substancji aktywnych stosowanych w ochronie, mechanizmy ich działania, ich podatność na metabolizm i wynikająca z tej cechy trwałość w środowisku, a także selektywność działania i okres stosowania.

¹Praca wykonana w ramach projektu badawczego nr 2 PO6R 092 28 finansowanego przez MNiSzW

W opracowaniu przedstawiono krótką analizę występowania u agrofagów odporności na środki ochrony roślin i wynikające z tego faktu konsekwencje zarówno dla efektu ochrony jak i dla środowiska rolniczego, na przykładzie słodyszka rzepakowego (*Meligethes aeneus* F).

Owad ten jest głównym szkodnikiem rzepaku [Mrówczyński 2003] i występuje w Polsce na całym areale jego upraw. Ze względu na masowe występowanie i roczne przekraczanie progu szkodliwości, ochrona rzepaku przed tym szkodnikiem opiera się głównie na zabiegach chemicznych. Występowanie odporności u omawianego szkodnika w Polsce na związki chloroorganiczne stwierdzono już w latach 60. ubiegłego wieku [Ląkocy 1967], natomiast w ostatnich latach w wielu państwach Europy, również w naszym kraju, wystąpiła silna odporność słodyszka na substancje aktywne pyretroidów [Hansen 2003, Heimach 2006, Węgorek 2005, Zamojska i Węgorek 2006]. Obecnie wszystkie zalecane w Polsce do zwalczania słodyszka rzepakowego insektycydy należą do neurotoksyn z trzech grup chemicznych: związków fosforoorganicznych, pyretroidów oraz neonikotynoidów.

Praca przedstawia wyniki badań laboratoryjnych przeprowadzonych w Instytucie Ochrony Roślin w Poznaniu, mających na celu określenie poziomu wrażliwości słodyszka rzepakowego na wybrane substancje aktywne insektycydów fosforoorganicznych, pyretroidów i neonikotynoidów, z uwzględnieniem modyfikującego działania czynników środowiskowych.

MATERIAŁ I METODY

W doświadczeniach testowano następujące substancje aktywne:

Neonikotynoidy: acetamipryd (Mospilan 20 SP) – zalecana dawka połowa substancji aktywnej przy oprysku 200 l wody·ha⁻¹ odpowiada koncentracji 120 ppm (0,012% wag.) lub 0,12 g·l⁻¹ substancji aktywnej.

Pyretroidy: bifentryna oraz zeta-cypermetyryna (Talstar 100 EC, Fury 100 EC) – zalecana dawka połowa przy oprysku 200 l wody·ha⁻¹ odpowiada koncentracji 50 ppm (0,005% wag.).

Związki fosforoorganiczne: chloropirifos (Pyrinex 480 EC) – zalecana dawka połowa przy oprysku 200 l wody·ha⁻¹ odpowiada koncentracji 1440 ppm (0,144% wag.).

Wymienionymi insektycydami w zalecanych dawkach opryskiwano poletka doświadczalne rzepaku ozimego w celu dalszego wykorzystania opryskanych roślin w badaniach laboratoryjnych nad dynamiką ich działania na słodyszka rzepakowego. Chrzążcze słodyszka rzepakowego do badań laboratoryjnych zbierano z nie opryskiwanych poletek doświadczalnych pracowni Doświadczalnictwa Polowego w Winnej Górze. Liście i kwiatostany opryskanych roślin zbierano codziennie z poletek doświadczalnych, przenoszono do laboratorium i wkładano do szklanych słoików o pojemności 0,9 litra. Następnie w słoikach umieszczano po 100 chrząszczy słodyszka zamykając je gazą młyńską. Stosowano 5-8 stężeń badanych preparatów używając 300 osobników na każde stężenie (3 słoje × 100 osobników). Dla celów kontroli używano liści i kwiatów rzepaku z nie opryskanych poletek doświadczalnych, zanurzonych w czystej wodzie. Śmiertelność słodyszka rzepakowego na opryskanych roślinach sprawdzano aż do jej spadku do poziomu 10%.

Dla badanych substancji aktywnych określono poziom wrażliwości populacji słodyszka rzepakowego z Winnej Góry. W badaniach tych stosowano metodę kontaktowo-żołądkową zalecaną przez IRAC (IRAC method nr. 7), polegającą na ekspozycji chrząszczy słodyszka rzepakowego na potraktowane preparatem kwiatostany i liście rzepaku. Stosowano 5-8 stężeń badanych preparatów, używając 300 osobników na każde stężenie (3 słoje × 100 osobników). Metoda ta pozwalała na ustalenie koncentracji substancji aktywnej powodującej 50 i 95% (LC₅₀ i LC₉₅) śmiertelności bioindykatorów.

Śmiertelność chrząszczy ustalano dla badanych koncentracji substancji aktywnej lub mieszaniny po upływie 48 godzin, przyjmując za martwe owady nieruchome lub w stanie ciężkiego paraliżu, niezdolne do skoordynowanego poruszania się. Wyniki śmiertelności wyrażano w procentach owadów martwych. W laboratorium, gdzie prowadzono doświadczenia, utrzymywano temperaturę 23°C (+/- 2°C), wilgotność względną na poziomie około 70% i fotoperiod średnio 16/8 godzin (dzień/noc).

Do obliczeń LC₅₀ i LC₉₅ badanych substancji aktywnych stosowano program komputerowy opracowany w Instytucie Przemysłu Organicznego w Warszawie, który wykorzystuje metodę analizy logarymiczno-probitowej Finneya [Finney 1952].

WYNIKI BADAŃ I DYSKUSJA

Wyniki badań nad dynamiką działania badanych substancji aktywnych w roku 2006 i 2007 na słodyszka rzepakowego były podobne (tab. 1). Różnice w śmiertelności były niewielkie, choć w 2007 roku przeżywało więcej owadów. W przypadku acetamiprydu, bifentryny i zeta-cypermetyryny śmiertelność szkodnika po zastosowaniu zalecanej koncentracji była znacznie niższa niż wymagana dla zadowalającej skuteczności zabiegu. Może to świadczyć o odporności słodyszka na te insektycydy. Śmiertelność owadów utrzymywała się przez 5 dni, ale szybko spadała w miarę upływu czasu. W przypadku chloropiryfosu śmiertelność owadów była bardzo wysoka do 5 dnia od pierwszego oprysku. Toksyczność utrzymywała się najdłużej (7 dni po oprysku), a następnie gwałtownie malała.

Tabela 1. Dynamika działania acetamiprydu, bifentryny, zeta-cypermetyryny i chloropiryfosu w latach 2006 i 2007 (w % śmiertelności owadów)

Table 1. The dynamics of acetamiprid (*Mospilan 20 SP*), bifenthrin (*Talstar 100 EC*), zeta-cypermethrin (*Fury 100 EC*) and chlorpyrifos (*Pyrinex 480 EC*) action against Pollen beetle (mortality of PB in %)

Liczba dni po zabiegu <i>Number of days after application</i>	Kontrola <i>Control</i>	Acetamipryd	Bifentryna	Zeta-cypermetyryna	Chloropiryfos
1	0/0	85/75	61/68	75/65	100/100
2	1/0	80/70	53/60	70/60	100/100
3	1/1	74/65	45/55	50/55	100/95
4	0/2	64/46	40/40	40/50	100/95
5	0/0	55/40	25/20	25/25	95/90
6	0/0	32/10	12/10	10/15	95/70
7	0/2	10/0	0/0	0/0	65/45
8	2/0	0/0	0/0	0/0	60/20
9	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0

Wyniki badań nad wrażliwością słodyszka rzepakowego na badane substancje aktywne są bardzo zróżnicowane (tab. 2). Badana populacja wykazała w kolejnych latach silną odporność na bifentrynę i zeta-cypermetyrynę i miała tendencję do zwiększania odporności. Również poziom wrażliwości słodyszka w stosunku do acetamiprydu wskazuje na wykształcenie odporności na tę

substancję aktywną, choć jest ona znacznie niższa niż w przypadku badanych pyretroidów. Badana populacja wykazała zaskakująco silną wrażliwość na chloropiryfos. Poziom LC 95 jest w tym przypadku ponad 500 krotnie niższy od zalecanej koncentracji, co może wskazywać na wykształcenie zwiększonej wrażliwości u odpornych na pyretroidy i acetamipryd owadów na tę substancję aktywną lub jej metabolity. Prowadzone w Instytucie Ochrony Roślin badania nad mechanizmami odporności tego szkodnika wskazują na zwiększenie siły działania enzymów oksydacyjnych jako głównego czynnika odporności na pyretroidy. Występowanie tego mechanizmu u słodzika rzepakowego może tłumaczyć jego nadwrażliwość na chloropiryfos, ponieważ tlenowy metabolit tej substancji aktywnej jest znacznie silniejszą toksyną dla owadów niż substancja wyjściowa.

Tabela 2. Poziom wrażliwości słodzika rzepakowego na acetamipryd, bifentrynę, zeta-cypermetyrynę i chloropiryfos w latach 2005-2007

Table 2. Susceptibility level of pollen beetle to acetamiprid, bifenthrin, zeta-cypermethrin and chlorpyrifos, in the years 2005-2007

Substancja aktywna (s. a.) <i>Active substances (s. a.)</i>	Zalecana koncentracja s.a. <i>Recommendations concentration of s.a. (ppm)</i>	LC50 (ppm)			LC95 (ppm)		
		2005	2006	2007	2005	2006	2007
Acetamipryd	120	39,2	45,4	49,3	170,4	135,4	150,2
Bifentryna	50	16,8	12,0	18,3	80,2	90,0	120,2
Zeta-cypermetyryna	50	35,0	23,1	35,8	231,6	210,0	260,9
Chloropiryfos	1440	0,2	0,1	0,3	1,2	1,70	2,7

Zalecane w Polsce insektycydy do zwalczania słodzika rzepakowego należą głównie do chemicznej grupy pyretroidów, jeden do neonikotynoidów oraz dwa do związków fosforoorganicznych. Obecnie pyretroidy są mniej skuteczne w ochronie rzepaku przed omawianym szkodnikiem. W przedstawionych badaniach stwierdzono wysoki stopień odporności słodzika w odniesieniu do badanych substancji aktywnych pyretroidów i acetamiprydu, jak również szybki zanik ich efektywnego działania. Można przypuszczać, że rolę modyfikującą efekt zabiegu odgrywają w praktyce czynniki środowiskowe i biologiczne (temperatura, opady, szybki wzrost roślin rzepaku). Wynika z tego fakt, że dla ochrony rzepaku przed słodzikiem rzepakowym w okresie szybkiego wzrostu roślin potrzebny jest kolejny zabieg chemiczny już po 3 dniach od pierwszego oprysku, w przypadku pyretroidów i acetamiprydu lub po 7 dniach, w przypadku chloropiryfosu. W związku z tym że nie należy opierać zwalczania jakiegokolwiek agrofaga na pojedynczej toksynie, zwłaszcza, gdy jej oddziaływanie na środowisko rolnicze może mieć negatywne konsekwencje należy stosować odpowiednie strategie zwalczania. Chloropiryfos w ostatnich latach zdominował w Polsce ochronę rzepaku przed słodzikiem rzepakowym i związek ten stosowany jest zbyt często. Chloropiryfos jest silną i nieselektywną toksyną, niebezpieczną również dla ludzi i zwierząt, która, stosowana w nadmiarze może przyczynić się do dużych zmian w agroekosystemie. Zastosowany w nieodpowiednim czasie lub zbyt często powoduje, że giną na polach owady pożyteczne. Im później w okresie wegetacji rzepaku przeprowadzamy zabieg z użyciem chloropiryfosu, tym większe jest zagrożenie. Niektóre metabolity tlenowe tego związku są bardziej toksyczne niż sam chloropiryfos [Róžański 1992]. Wymuszenie entomofauny pożytecznej odbija się nie tylko na spadku plonowania rzepaku na skutek braku zapylaczy, ale jednocześnie może powodować wzrost przeżywalności zabezpieczonych przed naturalnymi entomofagami szkodników glebowych (drutowce, rolnice oraz schodzące na przepoczwarczenie larwy

pozostałych szkodników), które następnie atakują rośliny uprawiane po rzepaku. Należy się zastanowić, czy jednym z czynników, które w ostatnich latach spowodowały w naszym kraju tak silne gradacje słodyszka rzepakowego i niektórych szkodników glebowych nie było systematyczne wyniszczanie entomofauny drapieżców i pasożytów. Stosując środki zawierające chloropiryfos należy pamiętać, że ta substancja aktywna obok degradacji fotochemicznej szybko paruje i że jej trwałość maleje wraz ze wzrostem pH roztworu. Mając to na uwadze, stosując tę substancję aktywną należy opryskiwać plantacje rzepaku wieczorem w fazach wegetacji poprzedzających kwitnienie.

Pyretroidy należą do najliczniej reprezentowanej grupy środków zalecanych do ochrony rzepaku przed szkodnikami. Ich popularność wynika z możliwości doboru substancji aktywnej do okresu wegetacji rzepaku i warunków ekologicznych. Są bezpieczniejsze dla pszczoł choć i tu trzeba zachować ostrożność i stosować je w porze, kiedy pszczoły nie są aktywne (najlepiej wieczorem). W stosunku do zapylających owadów pyretroidy działają jak antyfidanty i repelenty. Owady przez pewien okres czasu po zabiegu unikają upraw rzepaku, by później bezpiecznie na nie powrócić. Fluwalinat z grupy pyretroidów jest dla pszczoł całkowicie bezpieczny, a bifentryna i zeta-cypermetyryna słabo toksyczne. Pyretroidy są również dla wielu gatunków pożytecznych owadów mniej toksyczne od związków fosforoorganicznych, ulegają szybkiemu rozpadowi do mniej toksycznych, polarnych związków i nie są niebezpieczne dla fauny i mikroflory glebowej odpowiedzialnej za obieg węgla i azotu oraz za żyzność gleby. Działają efektywniej w temperaturach 15-20°C, dlatego lepiej opryskiwać pola wieczorem. Preparaty z grupy pyretroidów można więc stosować we wszystkich fazach rozwoju rzepaku z zachowaniem ostrożności w okresie kwitnienia.

Sposób działania, budowa molekularna toksyny, formacja i oddziaływanie na środowisko odgrywają w rolnictwie zrównoważonym bardzo dużą rolę. Na przykład, bifentryna, ze względu na specyficzną budowę molekularną jest mniej podatna na działanie enzymów oksydacyjnych, które są głównym, potwierdzonym badaniami, czynnikiem odporności słodyszka rzepakowego w stosunku do innych pyretroidów [Węgorzek, Zamoyska 2006]. Z powodu odmiennej struktury chemicznej bifentryny insektycydy oparte na tej substancji aktywnej działają porównywalnie do acetamiprydu i w badaniach laboratoryjnych ustępują tylko tym, które oparte są na chloropiryfosie. W warunkach badań laboratoryjnych nie działają środowiskowe czynniki modyfikujące, które mają silny wpływ na skuteczność zabiegów w warunkach polowych.

Jeśli chodzi o acetamipryd, to w przeprowadzonych badaniach skuteczność tej substancji w stosunku do słodyszka rzepakowego była również obniżona i część owadów przeżywała zabieg. Pozytywną cechą acetamiprydu jest bezpieczeństwo dla owadów zapylających i pożytecznych oraz systemiczne działanie, dzięki czemu zatruciu ulegają również larwy owadów żerujące w łodygach i łuszczynach rzepaku.

PODSUMOWANIE

Z przedstawionych informacji wynika, że stosując się do reguł rolnictwa zrównoważonego ochronę rzepaku przed szkodnikami, a głównie przed słodyszkiem rzepakowym, ze względu na konieczność kilkakrotnych zabiegów, należy prowadzić w oparciu o trzy grupy insektycydów: pyretroidy, związki fosforoorganiczne, neonikotynoidy, uwzględniając czynniki fenologiczne, środowiskowe oraz związane z mechanizmem odporności owada. Strategia i sekwencja stosowania omówionych grup insektycydów powinna opierać się na ich przemiennym stosowaniu w określonej fazie wzrostu roślin rzepaku, ponieważ tylko w ten sposób można uniknąć strat wynikających zarówno z następstwa wykształconej odporności słodyszka rzepakowego, jak i zabu-

rzania czynników dodatnio wpływających na plonowanie roślin przez poszczególne substancje aktywne. Dobre rozpoznanie poziomu wrażliwości zwalczanego szkodnika w oparciu o stały monitoring tej cechy oraz znajomość zalet i wad każdego środka ochrony roślin jest podstawą właściwego zastosowania go w praktyce.

PIŚMIENNICTWO

1. EPPO. 1999. Guideline for the Biological Evaluation of Plant Protection Products – Resistance Risk Analysis: 1–32.
2. EPPO. 2001. Standardy EPPO. Good Plant Protection Practice (Dobra Praktyka Ochrony Roślin OEPP/EPPO, Paryż) PP 2/2: s. 26.
3. Hansen, L.M. 2003. Insecticide – resistant pollen beetles in Danish oilseed rape. *Pest Manag. Sci.* 50: 1057–1059.
4. Heimach, U., Muller, A., Thieme, T. 2006. First steps to analyse pyrethroid resistance of different oil seed rape pests in Germany. *Nachrichtenbl. Deut. Pflanzenschutzd.* 58 (1): 1–5.
5. Łąkocy, A. 1967. Uwagi na temat odporności słodyszka rzepakowca (*Meligethes aeneus* F.) i stonki ziemniaczanej (*Leptinotarsa decemlineata* Say.) na DDT w Polsce. *Prace Nauk. IOR Poznań* 9(1): 157–170.
6. Łąkocy, A. 1973. Teoretyczne i praktyczne aspekty odporności szkodników rolniczych na pestycydy. *Prac. Nauk. IOR Poznań* 14(2): 5–84.
7. Mrówczyński, M. 2003. Studium nad doskonaleniem ochrony rzepaku ozimego przed szkodnikami. *Rozpr. Nauk. IOR Poznań* 10: 61 ss.
8. Różański, L. 1992. Przemiany pestycydów w organizmach żywych I w środowisku. PWR i L Warszawa: ss. 275.
9. Węgorek, P. 2005. Preliminary data on resistance appearance of Pollen beetle PB (*Meligethes aeneus* F.) to selected pyrethroids, organophosphorous and chloronicotynyls insecticides, in 2004 year, in Poland. *Resistant Pest Management Newsletter* 14(2).
10. Węgorek, P., Zamoyska, J. 2006. Resistance of Pollen beetle (*Meligethes aeneus* F.) to pyrethroids, chloronicotynyls and organophosphorous insecticides in Poland. *IOBC Bulletin* 29 (7): 135–140.
11. Węgorek, P., Stęplowska-Obrępańska, A., Zamoyska, J., Nowaczyk, K. 2006. Resistance of Pollen beetle (*Meligethes aeneus* F.) in Poland. *Resistance Pest Management Newsletter* 16 (1).
12. Zamoyska, J., Węgorek, P. 2006. Działanie wybranych substancji aktywnych insektycydów na odporną populację słodyszka rzepakowego (*Meligethes aeneus* F.). *Prog. Plant Protection/Post. Ochr. Roślin* 46(2): 491–494.
13. Węgorek, P., Obrępańska-Stęplowska, A., Nowaczyk, K., Zamoyska, J. 2007. Poziom odporności polskich populacji słodyszka rzepakowego (*Meligethes aeneus* F.) na pyretroidy; mechanizmy odporności w świetle badań molekularnych. *Prog. Plant Protection/Post. Ochr. Roślin*: (w druku).

P. WĘGOREK, M. MRÓWCZYŃSKI, J. ZAMOYSKA

RESISTANCE OF AGROPHAGES TO PESTICIDES IN SUSTAINABLE AGRICULTURE, TAKING POLLEN BEETLE (*MELIGETHES AENEUS* F.) AS AN EXAMPLE

Summary

Pollen beetle (PB) (*Meligethes aeneus* F.) is a major pest of oilseed rape crops in Poland. The threshold of economic harmfulness of PB in Poland is considerably exceeded every year. Ongoing over 50 years constant and strong selective pressure of insecticides on Polish PB populations is a factor, which accelerates the process of increasing resistance of that species. Widespread occurrence of PB resistance phenomenon

in Poland became a fact. Chemical plant protection is still an indispensable method in effective oilseed rape protection against Pollen beetle in Poland. This species has developed strong resistance against some active substances of synthetic insecticides. This fact causes problems in effective rape protection, especially when respecting level-headed agriculture rules. Therefore the objective of the study was to determine the susceptibility level of selected population of PB to some active substances belonging to pyrethroids, neonicotinoids and organophosphorous group. The dynamic and widespread of PB resistance in Poland to pyrethroids insecticides and risk of increase of tolerance to neonicotinoids and organophosphorous has created a need for resistance monitoring and elaborating the strategies for the management of PB resistance to all synthetic insecticides recommended in Poland. Researches presented in this study concern laboratory investigations with the objective to define actual susceptibility level of PB to selected active substances. They were performed in the Institute of Plant Protection in Poznan and provided important information on PB resistance to insecticides applied currently in Poland.

Dr inż. Paweł Węgorek
Instytut Ochrony Roślin
ul. Miczurina 20
60-318 Poznań
wegorek.zamoyska@onet.eu