

## AGNIESZKA MOŁOŃ, ROMA DURAK

Uniwersytet Rzeszowski, Wydział Biologiczno-Rolniczy, Katedra Zoologii  
e-mail: [agnieszkamaslowska@o2.pl](mailto:agnieszkamaslowska@o2.pl); [rdurak@ur.edu.pl](mailto:rdurak@ur.edu.pl)

### BIOPESTYCYDY JAKO STYMULATORY ODPORNOŚCI ROŚLIN

*Obecna koncepcja rozwoju rolnictwa, tzw. rolnictwo zrównoważone, oraz wdrażanie technik integrowanej ochrony roślin zakłada ograniczenie zużycia chemicznych środków na rzecz środków pochodzenia naturalnego. Kluczową rolę pełnią tu biopestycydy o działaniu owadobójczym, bakteriobójczym, grzybobójczym i chwastobójczym. Roślina pod wpływem patogenu może uruchomić reakcje obronne o zasięgu lokalnym i/lub systemowym. Obecnie coraz większą uwagę skupia się na indukowaniu reakcji obronnych roślin. Praca przedstawia mechanizmy obronne, stymulatory odporności roślin i grupy związków pochodzenia roślinnego wykazujące działanie insektycydowe.*

**Słowa kluczowe:** preparaty biologiczne, biologiczna ochrona roślin, odporność roślin, elicytory, insektycydy, metabolity wtórne,

#### I. WSTĘP

Wzrost produkcji roślinnej jest ściśle związany z postępowaniem w zakresie selekcji odmian, racjonalnego zużycia nawozów oraz nowoczesnych środków ochrony roślin. Zrównoważona gospodarka w obszarze rolnictwa to oprócz aspektu ekonomicznego również aspekt środowiskowy. Obecna koncepcja rozwoju rolnictwa, tzw. rolnictwo zrównoważone, zakłada ograniczenie zużycia chemicznych środków ochrony roślin [Grzebisz 2008, Lipa i Pruszyński 2010]. Pestycydy, ze względu na wysoką toksyczność i długi czas degradacji, stanowią zagrożenie nie tylko dla środowiska naturalnego, ale również zdrowia zwierząt, w tym i ludzi. Dlatego też Unia Europejska podjęła działania zmierzające do zrównoważonego stosowania pestycydów. Dyrektywą Parlamentu Europejskiego i Rady Nr 2009/128/WE z dnia 21 października 2009 r. ustanowione zostały ramy wspólnotowego działania na rzecz zrównoważonego stosowania pestycydów. Państwa członkowskie UE zobowiązane są do działań na rzecz rolnictwa o niskim zużyciu pestycydów, w szczególności na rzecz integrowanej ochrony roślin. Ponadto ich działania mają zmierzać do stworzenia niezbędnych warunków i środków umożliwiających wdrożenie technik integrowanej ochrony roślin.

Celem niniejszej pracy jest przedstawienie metod działania preparatów pochodzenia naturalnego, a w szczególności bioinsektycydów oraz określenie ich znaczenia i przyszłości w rolnictwie.

## II. METODY BADAŃ

W artykule przedstawiono charakterystykę preparatów pochodzenia naturalnego oraz mechanizmy obronne i stymulatory odporności roślin. W głównej mierze zwrócono uwagę na grupę związków pochodzenia roślinnego wykazujących działanie insektycydowe (metabolity wtórne). Praca ma charakter teoretyczno-przeglądowy, a materiał który wykorzystano do przygotowania pracy zebrany został w wyniku analizy literatury krajowej i światowej związanej z tematyką pracy.

## III. RODZAJE ODPORNOŚCI ROŚLIN

Rośliny broniąc się przed atakiem patogenów – wirusów, bakterii, grzybów czy owadów, wykształciły różnorodne mechanizmy obronne. Mogą one polegać na rozwinięciu systemów odpowiedzi obronnych, wytworzeniu metabolitów wtórnych czy cech morfologicznych sprzyjających defensywie [Copping 1996, Lozovaya i in. 2004]. Wyróżniane są dwa typy reakcji obronnych: lokalny i systemowy [Pospieszny 2000]. Do grupy reakcji lokalnych zaliczamy tzw. reakcje nadwrażliwości (ang. *hypersensitive response*). Jest to niejednokrotnie pierwsza linia obrony, która objawia się przede wszystkim śmiercią komórek bezpośrednio narażonych na patogen. Reakcja ta ma na celu ograniczenie ekspansji szkodnika, a następujące po sobie zmiany w funkcjonowaniu metabolizmu rośliny, zmierzają do produkcji metabolitów aktywujących szlak odporności systemicznej. W przypadku tej drogi obrony wyróżnia się: nabytą odporność systemiczną (SAR, ang. *systemic acquired resistance*) oraz indukowaną odporność systemiczną (ISR, ang. *induced systemic resistance*) [Kombring i Schmelzer 2001]. Nabyta odporność systemiczna jest indukowana poprzez lokalną reakcję obronną powodującą wzrost poziomu reaktywnych form tlenu i akumulację kwasu salicylowego wewnątrz komórek. Wynikiem tego działania jest ekspresja białek związanych z patogenezą (białka PR, ang. *pathogenesis related*), produkcją fitoaleksyn i finalnie nabycie odporności wobec patogenów grzybowych, bakteryjnych i wirusowych. Indukowana odporność systemiczna aktywowana jest zarówno poprzez stresogenne czynniki biotyczne, związane z różnorodnymi patogenami, jak i czynniki abiotyczne (susza, zasolenie, wysoka temperatura, niska temperatura, promieniowanie UV) [Fujita i in. 2006]. Szlak indukcji nie jest zależny od kwasu salicylowego, a uzyskanym efektem jest nabycie odporności w stosunku do wirusów, grzybów, bakterii i owadów, między innymi poprzez inhibicje enzymów proteolitycznych oraz produkcję oksydazy polifenolowej [Fidantsef i in. 1999].

## IV. STYMULATORY ODPORNOŚCI ROŚLIN

Podczas występowania różnych czynników środowiskowych zarówno biotycznych jak i abiotycznych, które odbiegają od optimum, w roślinie wywoływana jest reakcja obronna polegająca na wzmożonej syntezie niektórych metabolitów wtórnych już istniejących w roślinie lub synteza ich *de novo* zupełnie nowych związków obronnych, tzw. fitoaleksyn. Substancje te należą do kilku grup polifenoli, takich jak: antrachinony, benzoksazynony, kumaryny, furanoacetyleny, furanokumaryny, furanoseskwiterpeny, izoflawony, triterpeny pięciocykliczne, poliacetyleny i seskwiterpeny. Związki chemiczne lub czynniki środowiskowe, które wywołują odpowiedź obronną w roślinach nazywane są elicytorami. Zasadniczo dzieli się je na trzy grupy. Pierwsza to elicytory powstałe w procesach biologicznych. Zawierają one składniki struktur ścian komórkowych grzybów i bakterii. Należą do nich polisacharydy, glikoproteiny, dezaktywowane enzymy, kurdlan, ksantan oraz chitozan. Druga grupa to elicytory abiotyczne o podłożu chemicznym lub fizycznym i należą do nich metale ciężkie, stres osmotyczny, uszkodzenia mechaniczne (np. nakłuwanie przez mszyce) oraz promieniowanie ultrafioletowe.

Do ostatniej, trzeciej grupy elicytorów zaliczamy związki konstytutywne lub endogenne, które są mediatorami w odpowiedzi rośliny na działanie elicytorów lub mikroorganizmów. Należą do nich przede wszystkim jasmoniany [Oleszek 2009].

Oprócz omówionych już wcześniej skutków infekcji patogenów, nabywanie odporności systemicznej może również zachodzić poprzez działanie na roślinę ekstraktami pochodzenia roślinnego i niektórymi związkami chemicznymi [Szpitter i Królicka 2005]. Obecnie stosowane i projektowane biopestycydy mają na celu podniesienie odporności roślin poprzez indukcję reakcji systemicznych (SAR) za pomocą elicytorów [Chirkov i in. 2001]. Działając ekstraktami pochodzenia roślinnego w komórkach patogenu lub rośliny uwalniane są elicytory białkowe, lipidowe lub oligogalakuronowe. W komórkach roślin następuje wówczas synteza fitoaleksyn szczególnie z grupy fenoli, tworzenie kalozy i lignifikacja ścian komórkowych [Kozłowska i Konieczny 2003]. Podczas stosowania metabolitów wtórnych jako biopestycydów (ekstrakty), w komórkach gromadzone są związki fenolowe co daje efekt immunizacji roślin [Kozłowska i Konieczny 2003, Gayoso i in. 2004]. W przypadku reakcji skierowanych przeciwko patogenom, główną rolę odgrywają produkty utleniania fenolu (a nie sam fenol), jak np. chinony i kwas chlorogenowy. Oprócz barier biochemicznych bardzo ważnym aspektem jest tworzenie przez rośliny barier fizycznych, uniemożliwiających rozprzestrzenianie się patogenu czy pasożyta. Taką blokadą jest impregnacja ścian komórkowych substancjami celulozowymi, np. ligninami oraz woskami, suberyną [Kozłowska i Konieczny 2003, Walters i in. 2007]. W komórkach zaatakowanych przez patogena lub pasożyty, prekursorem syntezy ligniny są wspomniane już kwasy fenolowe i fitoaleksyny. Ligniny są odporne na enzymatyczny rozkład przez patogeny i mają różną naturę biochemiczną zależną od rośliny żywicielskiej i rodzaju czynnika stresowego [Egea i in. 2001, Jamiolkowska i Hetman 2016]. Tak więc efekt immunizacji działa dwukierunkowo, z jednej strony aktywując mechanizmy SAR, z drugiej powodując ochronę w postaci impregnacji ścian komórkowych ligniną, a tym samym tworzenie fizycznej bariery przed patogenami.

## **V. BIOPREPARATY – ŚRODKI OCHRONY ROŚLIN POCHODZENIA NATURALNEGO**

Alternatywą dla tradycyjnych chemicznych pestycydów są biopestycydy. Są to środki ochrony roślin, które mają pochodzenie naturalne [Martyniuk 2012]. Biopestycydami możemy określić takie preparaty, które posiadają w swym składzie substancje pochodzenia roślinnego np. metabolity wtórne, regulatory wzrostu roślin, jak również związki, które mają pochodzenie zwierzęce jak np. feromony [Orlikowski i Skrzypczak 2003, Gorczyca 2007]. Istnieje również grupa związków, których działanie opiera się na wykorzystaniu w nich organizmów żywych [Tomalak 2007, Martyniuk 2012]. Do mikroorganizmów będących składnikami aktywnymi tych biopreparatów zaliczamy bakterie należące do rodzaju *Bacillus* i *Pseudomonas* oraz grzyby rodzaju m.in. *Trichoderma*, *Pythium* i *Matharhizium*. Liczną grupę stanowią również biopreparaty bazujące na wirusach, mikroskopijnych nicieniach i roztoczech [Martyniuk 2012]. Wśród biopestycydów można wyróżnić kilka grup w zależności od przeznaczenia/grupy docelowego działania, tj. owadobójcze, bakteriobójcze, grzybobójcze, chwastobójcze. Działanie tego typu substancji, nie polega na zabijaniu owadów, a na ich odstraszaniu, obniżeniu płodności lub skróceniu długości życia [Schoonhoven 1982, Cox 2004, Dangel i Jones 2001, Okorski 2007]. Wykorzystanie biopreparatów owadobójczych wymaga od osób, które je stosują podstawowej wiedzy na temat biologii gatunku pasożyta i rośliny, którą zamierza chronić. Celem nadrzędnym tej metody nie jest całkowite unieszkodliwienie patogenu/szkodnika, ale obniżenie jego liczebności, czego konsekwencją jest wprowadzanie równowagi biologicznej na roślinie. Zadaniem preparatów mających w składzie metabolity wtórne jest

także stymulowanie procesów życiowych i zwiększanie odporności roślin na warunki stresowe w celu uzyskania większego i lepszego jakościowo plonu.

## VI. INSEKTYCYDY POCHODZENIA ROŚLINNEGO

Substancje naturalnie występujące w roślinie mające aktywność insektycydową wykazują dużą przewagę nad substancjami syntetycznymi, chociażby ze względu na minimalną toksyczność w stosunku do zwierząt, w tym i ludzi. Dzięki pochodzeniu naturalnemu, związki te są stosunkowo szybko neutralizowane lub biodegradowane w środowisku. Metabolity wtórne o działaniu insektycydowym, tak jak inne metabolity mogą być otrzymywane bezpośrednio z roślin, natomiast ich produkcja na skalę przemysłową może być oparta na technologiach *in vitro*. Wyróżnia się sześć podstawowych grup związków pochodzenia roślinnego wykazujących działanie insektycydowe: pyretryny, limonoidy, tiofeny, nikotyna, rotenoidy i fitoekdysony [Oleszek 2009]. Dotychczasowe badania wskazują, iż obrona rośliny polega przede wszystkim na działaniu deterentnym i repelentnym. Za przykład modelu eksperymentalnego literatura podaje mszycę brzoskwińską (*Myzus persicae*), która jest poważnym szkodnikiem wielu ważnych roślin polowych i szklarniowych [Blackman i Eastop 2007]. Jest to kosmopolityczny polifag który uodpornił się na większość dostępnych aficydów [Foster i in. 2007]. W walce z tym szkodnikiem, coraz większą uwagę zwraca się na deterenty, w tym deterenty pokarmowe (antyfidanty) obecne naturalnie w roślinie. Działają one poprzez nietoksyczne mechanizmy zniechęcając fitofagi do żerowania i zasiedlania roślin [Schoonhoven 1982]. Wydaje się, że stosowanie antyfidantów może być uzupełnieniem klasycznych zabiegów ogrodniczych w integrowanych metodach ochrony upraw rolniczych [Cox 2004, Dancewicz i in. 2012]. Jednakże w celu weryfikacji mechanizmu bezpośredniego działania tych związków insektycydowych, potrzebne są dalsze szczegółowe badania.

## VII. PODSUMOWANIE

W nowoczesnych metodach ochrony roślin coraz większą uwagę skupia się na indukowaniu reakcji obronnych roślin. Niewątpliwą zaletą stosowania induktorów odporności systemicznej jest fakt, iż są to związki nieszkodliwe, co ma znaczenie zwłaszcza w przypadku roślin jadalnych. Bezpieczeństwo stosowania naturalnych środków ochrony roślin związane jest z ochroną środowiska jaki i ludzi - gdyż substancje te szybko ulegają degradacji i nie następuje ich kumulacja w środowisku. Oprócz aspektu środowiskowego nie można pominąć tu znaczenia ekonomicznego i społecznego biopestycydów, związanego z niższymi kosztami produkcji substancji naturalnych w porównaniu do chemicznych pestycydów oraz bezpieczeństwem dla użytkowników. W literaturze nadal brakuje szczegółowych informacji dotyczących wpływu preparatów biologicznych i biotechnicznych w procesie immunizacji roślin. Dlatego celowe i konieczne jest sprawdzenie wpływu znanych stymulatorów odporności roślin na organizmy fitofagów.

## BIBLIOGRAFIA

1. Blackman R.L., Eastop V.F. 2007. Taxonomic issues. p. 1-29. In: „Aphids as Crop Pests” (H. van Emden, R. Harrington, eds.). CAB International. Wallingford. 717.
2. Chirkov A., Ina V.I., Surgucheva W.A., Letunova E.V., Yuvaritsev A.A., Tatarino N.Y., Varlamov V.P. 2001. Effect of chitosan on systemic Viral Infection and some defense responses in potato plants. Russ. J. Plant Physiol. 48(6). 774-779.

3. Copping L.G., 1996. Crop protection agents from nature: Natural products and analogues. The Royal Society of Chemistry. London.
4. Cox P.D. 2004. Potential for using semiochemicals to protect stored products from insect infestation. *J. Stored Prod. Res.* 40. 1-25.
5. Dancewicz K., Gliszczyńska A., Wróblewska A., Wawrzeńczyk Cz., Gabryś B. 2012. Deterrent activity of (+)-nootkatone and its derivatives towards the peach potato aphid (*Myzus persicae* Sulzer). *Prog. Plant Prot.* 52(2). 211-225.
6. Dangl J.L., Jones J.D. 2001. Plant pathogens and integrated defence responses to infection. *Nature* 411. 826-833.
7. Dyrektywa Parlamentu Europejskiego i Rady (WE) Nr 2009/128/WE z dnia 21 października 2009. Dz.U. UE L 309 z 21.11.2009.
8. Egea C. Ahmed A.S., Candela M., Candela M.F. 2001. Elicitation of peroxidase activity and lignin biosynthesis in pepper suspension cells by *Phytophthora capsici*. *J. Plant Physiol.* 158. 151-158.
9. Fidantsef A.L., Stout M.J., Thaler J.S., Duffey S.S., Bostock R.M. 1999. Signal interactions In patogen and insect attack: expression of lipoxygenase, proteinase inhibitor II and pathogenesis-related protein P4 in the tomato *Lycopersicon esculentum*. *Physiol Mol Plant P.* 54. 97-114.
10. Foster S.P., Devine G., Devonshire A.L. 2007. Insecticide resistance. 261-287. In: „Aphids as Crop Pests” (H. van Emden, R. Harrington eds.). CAB International. Wallingford. 717.
11. Fujita M., Fujita Y., Noutoshi Y., Takahashi F., Narusaka Y., Yamaguchi-Shinozaki K., Shinozaki K. 2006. Crosstalk between abiotic and biotic stress responses: a current view from the points of convergence in the stress signaling networks. *Curr Opin Plant Biol.* 9. 436-442.
12. Gayoso C., Pomar F., Merino F., Bernal M.A. 2004. Oxidative metabolism and phenolic compounds in *Capsicum annuum* L. var. *annuum* infected by *Phytophthora capsici* Leon. *Sci. Hortic.* 102. 1-13.
13. Gorczyca A. 2007. Wpływ środków Biosept 33 SL i Bioczoz BR na wybrane grzyby owadobójcze in vitro. *Prog. Plant Prot.* 47(4). 142-144.
14. Grzebisz W. 2008. Nawożenie roślin uprawnych. 1. Podstawy nawożenia. PWRiL. Poznań.
15. Jamiołkowska A, Hetman B. 2016. The mechanism of action of biological preparations used in plant protection against pathogens. *Annales UMCS sec. E, Agricultura* vol LXXI (1). 13-29.
16. Kombring E., Schmelzer E. 2001. The hypersensitive response and its role in local and systemic disease resistance. *European Journal of Plant Pathology.* 107. 69-78.
17. Kozłowska M., Konieczny G. 2003. Biologia odporności roślin na patogeny i szkodniki. Wyd. AR. Poznań.
18. Lipa J.J., Pruszyński S. 2010. Stan wykorzystania metod biologicznych w ochronie roślin w Polsce i na świecie. *Prog. Plant Prot./Post. Ochr. Roślin* 50 (3). 1034-1043.
19. Lozovaya V.V., Lygin A.V., Li S., Hartman G.L., Widholm J.M. 2004. Biochemical response of soybean roots to *Fusarium solani* f. sp. *glycine* infection. *Crop Sci.* 44(3). 819-826.
20. Martyniuk S. 2012. Factor affecting the use of microbial biopesticides in plant protection. *Prog. Plant Prot.* 52(4). 957-962.
21. Okorski A., 2007. Biologiczna ochrona roślin przed chorobami – mechanizmy i perspektywy rozwoju. *Post. Nauk Rol.* 5. 21-36.

22. Oleszek W. 2009. Substancje bioaktywne roślin i ich biosynteza w kulturach in vitro (Plant bioactive substances and their biosynthesis in in vitro cultures) W: Maleszy S. (Ed.). Biotechnologia. PWN Warszawa. 122-171.
23. Orlikowski L.B., Skrzypczak Cz. 2003. Biocides in the control of soil-borne and leaf pathogens. Hort. Veget. Grow. 22. 426-433.
24. Pospieszny H. 2000. Nabyta odporność systemiczna roślin na patogeny od nauki do praktyki. Postępy Nauk Rolniczych. 5. 27-42.
25. Schoonhoven L.M. 1982. Biological aspects of antifeedants. Entomol. Exp. Appl. 31. 57-69.
26. Szpitter A., Królicka A. 2005. Stymulujący wpływ elicytorów biotycznych na produkcję farmakologicznie czynnych metabolitów wtórnych w roślinnych kulturach in vitro. Biotechnologia. 4(71). 82-108.
27. Tomalak M. 2007. Rejestracja biologicznych środków ochrony roślin w Europie – nowe perspektywy. Prog. Plant Prot. 47(4). 233-240.
28. Walters D., Newton A., Lyon G. 2007. Induced resistance for plant defense, a sustainable approach to crop protection. Blackwell Publishing Ltd.

## BIOPESTICIDES AS PLANT RESISTANT STIMULATORS

### Summary

*The current concept of the development of sustainable agriculture and implementation of integrated plant protection technologies is based on limited use of chemicals in favour of natural means. A key role is played here by biopesticides of insecticidal, bactericidal, fungicidal and herbicidal activity. Under pathogenic influence, a plant may activate defensive reactions of and/or systemic range. Recently, more and more attention has been paid to inducing plants' defensive reactions. This paper presents defensive mechanisms and resistance stimulators in plants and groups of compounds of plant origin showing insecticidal activity.*

**Key words:** biological preparations, biological plant protection, plant resistance, elicitors, insecticides, secondary metabolites,