

JERZY LIPIEC*

Neonikotynoidy i ich substytuty w zrównoważonym zwalczaniu szkodników

Neonikotynoidy są neuroaktywnymi insektycydami nowej generacji, chemicznie spokrewnionymi z nikotyną. Historia stosowania neonikotynoidów rozpoczęła się w 1991 roku wraz z wprowadzeniem imidakloprydu. Neonikotynoidy wykazywały mniejszą toksyczność w porównaniu z uprzednio stosowanymi insektycydami fosforanoorganicznymi i karbaminianowymi. Szybko stały się dominującą grupą środków owadobójczych. Są zarejestrowane w ponad 120 krajach, a ich roczna wartość rynkowa wynosi około 5 mld dolarów amerykańskich (Sparks i in., 2020). Mają one działanie „ustrojowe” (systemiczne) i przedostają się do całej rośliny, w tym do pyłku, nektaru i płynu gutacyjnego. Z powodu dużej rozpuszczalności w wodzie są łatwo wymywane i zanieczyszczają ekosystemy wodne i lądowe. W ciągu ostatnich lat opublikowano liczne dowody o toksycznym wpływie neonikotynoidów nie tylko na szkodniki roślin (na przykład mszyce), ale także na owady zapylające rośliny, w tym pszczoły. Amerykańska Agencja Ochrony Środowiska zidentyfikowała potencjalne zagrożenia stosowania neonikotynoidów w odniesieniu do ponad 1000 gatunków roślin i zwierząt. Z tych względów stosowanie trzech głównych neonikotynoidów (imidakloprydu, klotianidyny, tiametoksamu) zostało zakazane przez Unię Europejską (UE) w 2018 roku. Obserwowany ciągły spadek liczebności owadów zapylających rośliny i związane zagrożenie w zapewnieniu bezpieczeństwa żywności są przedmiotem debaty toczącej się w Komisji i Parlamencie Europejskim oraz w państwach członkowskich UE. W tym kontekście Komitet Doradczy ds. Nauki Akademii Europejskich (EASAC) postanowił wnieść wkład do tej debaty przez opracowanie raportu „Neonicotinoids and their substitutes in sustainable pest control” (EASAC, 2023) zawierającego dokładną analizę i podsumowanie najnowszych wyników badań dotyczących skutków działania neonikotynoidów oraz narzędzi służących ograniczeniu lub wyeliminowaniu ich przyszłego stosowania. Raport został przygotowany przez zespół badaczy nominowanych przez krajowe akademie członkowskie EASAC.

Podsumowane wyników zawartych w raporcie

Analizę wyników badań opracowano na podstawie ponad 300 nowo opublikowanych artykułów przeglądowych i oryginalnych. Można je podsumować następująco:

* Prof. dr hab. Jerzy Lipiec (j.lipiec@ipan.lublin.pl), Instytut Agrofizyki PAN im. Bohdana Dobrzańskiego w Lublinie

- istnieją liczne dowody naukowe wskazujące na ostry i chroniczny wpływ neonikotynoidów na przeżywalność pszczół i innych owadów zapylających oraz ich działanie synergistyczne z innymi czynnikami stresogennymi. Na przykład połączone stosowanie neonikotynoidów i środków grzybobójczych oraz innych pestycydów osłabia odpowiedź immunologiczną owadów pożytecznych na infekcje bakteryjne (Decio i in., 2021), obniża wskaźniki reprodukcji pszczół (Stuligross i in., 2021) i zakłóca zachowania lęgowe i termoregulację trzmieli,
- neonikotynoidy silniej wiążą się z nikotynowymi receptorami acetylocholinowymi owadów niż ssaków, dlatego ich działanie toksyczne jest większe u owadów,
- wykazano związki pomiędzy obecnością neonikotynoidów w różnych ekosystemach a spadkiem liczebności populacji ptaków i nietoperzy,
- stwierdzono, że obniżenie liczebności oraz różnorodności owadów wodnych i biomasy zooplanktonu w wyniku stosowania neonikotynoidów spowodowało wymieranie ryb oraz upadłość ekonomiczną kilku łowisk komercyjnych w Japonii (Yamamuro i in., 2019),
- okres półtrwania neonikotynoidów w glebie może wynosić od powyżej 1 roku do nawet kilkunastu lat, a większa zawartość u dżdżownic niż w glebie świadczy o ich kumulowaniu się w faunie glebowej (Pelosi i in., 2020),
- badania w Szwajcarii dowiodły, że neonikotynoidy występują w 98% gleb uprawianych konwencjonalnie i 43% gleb uprawianych metodami ekologicznymi (Riedo i in., 2021),
- działanie toksyczne neonikotynoidów powoduje ostre lub przewlekłe zatrucia u ludzi. Badania przeprowadzone w Chinach wykazały, że skażenie warzyw i wody pitnej związane ze stosowaniem pestycydów stwarza nowe zagrożenie zdrowotne (Thompson i in., 2020). U pracowników wykonujących opryski stwierdzono obecność imidakloprydu w 100% próbek moczu. Dokładne poznanie oddziaływania neonikotynoidów na zdrowie ludzkie wymaga dalszych badań, ale istniejące dowody wskazują na to, że należy stosować zasadę ostrożności.

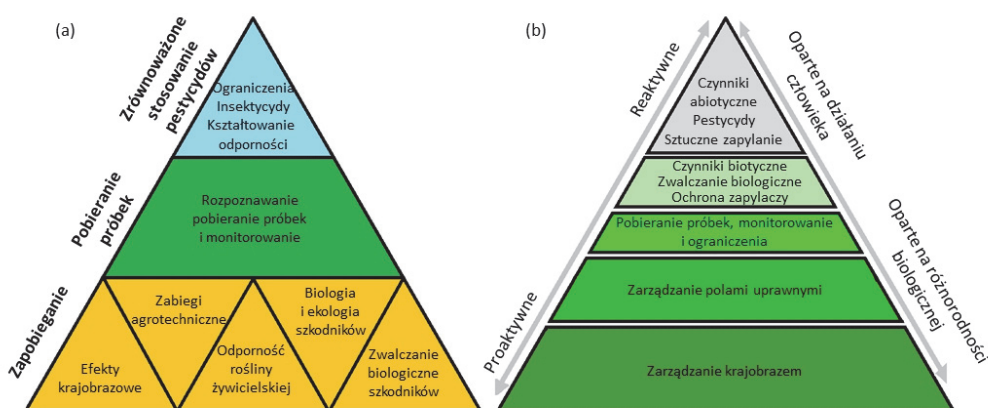
Zakaz stosowania neonikotynoidów i zezwolenia nadzwyczajne

Mimo zakazu stosowania trzech głównych neonikotynoidów państwa członkowskie UE korzystają z przepisów umożliwiających wydawanie czasowych zezwoleń na ich użycie w sytuacjach wyjątkowych. Najwięcej takich zezwoleń wydano na zwalczanie pchełki w uprawie rzepaku i buraka cukrowego. Zezwolenia nie były zawsze wystarczająco uzasadnione i wydawane wbrew rozporządzeniom unijnym zakładającym stosowanie neonikotynoidów jako tzw. ostateczność po wyczerpaniu innych metod oraz w przypadkach zagrażających trwałości upraw. Zakaz lub ograniczenia w stosowaniu neonikotynoidów stworzyły zachętę do produkcji chemicznych substytutów. Wykorzystują one podobne

neuronowe mechanizmy oddziaływania na owady jak neonikotynoidy. Niektóre z nich (np. sulfoksaflor i flupiradifuron) zostały wprowadzone do obrotu w grupie środków ochrony roślin. Wiele innych substytutów jest w fazie opracowania. Istnieje zatem ryzyko, że substytuty (określane w literaturze jako „godne pożałowania”) będą stwarzać podobne lub większe zagrożenia niż neonikotynoidy.

Zintegrowana ochrona roślin przed szkodnikami

Stosowanie nonikotynoidów można znacznie zmniejszyć poprzez wdrażanie programu zintegrowanej ochrony roślin przed szkodnikami (IPM – Integrated Pest Management). Koncepcję IPM można wyrazić w formie „piramidy” odzwierciedlającej hierarchię elementów składowych, w której chemiczne pestycydy są stosowane w ostateczności (ryc. 1a, b).



Ryc. 1. Piramidy głównych elementów składowych programu zintegrowanej ochrony przed szkodnikami (a) Klasyczna koncepcja piramidy, (b) Piramida zintegrowanego zarządzania szkodnikami i owadami zapylającymi (EASAC, 2023)

Priorytetowe działania w skali pola obejmują podejścia ekosystemowe, które maksymalizują liczbę naturalnych wrogów i stwarzają niekorzystne środowisko dla szkodników. Istotnym elementem takich podejść jest uprawa współrzędna roślin głównych z roślinami odstraszającymi szkodniki i przyciągającymi naturalnych wrogów w połączeniu z sąsiadującymi pasami zielonymi (np. traw) odciągającymi szkodniki od rośliny głównej (strategia „push-pull”). Uprawa współrzędna rzepaku ozimego z roślinami bobowatymi (bobikiem i groszkiem zwyczajnym) ograniczyła negatywny wpływ chrząszczy na rośliny poprzez zmniejszenie liczby larw i składanych jaj (Breitenmoser i in., 2022). Uprawy współrzędne z roślinami bobowatymi stosuje się coraz częściej także w celu wzbogacenia gleby azotem, ograniczenia wzrostu chwastów, erozji, wymywania składników pokar-

mowych oraz zwiększenia różnorodności biologicznej roślin. Istotną rolę w zintegrowanej ochronie przed szkodnikami odgrywa stosowanie biopestycydów wytwarzanych z metabolitów mikroorganizmów, w tym bakterii np. *Bacillus thuringiensis*, cyjanobakterii i mikroalg oraz produktów roślinnych opartych na technologii RNAi (Kumar i in., 2021).

Działania wspierające dobrostan i namnażanie populacji owadów zapylających rośliny w skali krajobrazu obejmują m.in. tworzenie śródpolnych pasów roślin kwitnących, zmniejszenie wielkości pól oddzielonych zielonymi pasami (miedzami), zarządzanie w taki sposób, aby co najmniej 20% obszaru krajobrazu stanowiły siedliska półnaturalne lub naturalne (Tscharntke i in., 2021). Wdrażanie strategii IPM w skali krajobrazu wymaga akceptacji społecznej oraz współpracy między rolnikami, doradcami rolniczymi i administracją regionalną. Warto zwrócić uwagę, że atrakcyjne dla owadów pasy zielone sąsiadujące z polami uprawnymi są miejscem kumulowania się pestycydów, mimo że pestycydy nie są na nich stosowane bezpośrednio. Stąd pasy zielone oddziałują korzystnie, pod warunkiem że neonikotynoidy nie są stosowane na obszarach sąsiadujących.

Rozwijające się agroekologiczne praktyki zwalczania szkodników są ważnym czynnikiem wspierającym stosowanie IPM (EASAC, 2023). Oprócz tego pozwalają one na ograniczenie produkcji kosztownych pestycydów i pozostającego dużego śladu węglowego. Uzyskane oszczędności mogą być pośrednim źródłem finansowania i promocji niechemicznych sposobów zwalczania szkodników. Wykazano, że emisyjność gazów cieplarnianych przy produkcji i stosowaniu pestycydów jest równa całkowitej emisji z lotnictwa.

Kluczowe wyzwania związane z wdrożeniem IPM

- przekonanie zapracowanych i niechętnych ryzyku rolników do stosowania bardziej żmudnych obserwacji i zabiegów IPM (np. monitorowania występowania szkodników) niż rutynowego stosowania neonikotynoidów. Większość rolników jest otwarta na działania przyjazne dla owadów zapylających rośliny pod warunkiem uzyskania rekompensaty finansowej,
- wsparcie finansowe rolników na przejście od stosowania syntetycznych substancji chemicznych do bardziej złożonych i kosztownych praktyk kontroli biologicznej szkodników, miejscowego stosowania pestycydów oraz rolnictwa ekologicznego,
- przemysł agrochemiczny może wesprzeć tę transformację przez odejście od sprzedaży masowej np. zaprawionych chemicznie nasion na produkty zwiększające różnorodność biologiczną i biologiczne zwalczanie szkodników,
- świadczenie rolnikom usług monitorowania i prognozowania inwazji szkodników do określenia optymalnych terminów i sposobów zwalczania,

- zapewnienie rolnikom wsparcia edukacyjnego i niezależnego doradztwa,
- włączenie założeń i zasad stosowania IPM do programów nauczania w szkołach i uczelniach rolniczych.

EASAC popiera obecne działania Komisji Europejskiej mające na celu wspieranie praktyk IPM w ramach wspólnej polityki rolnej (WPR). Omawiany raport został opublikowany przez EASAC Publications Office (ryc. 2).



Ryc. 2. Niniejszy Raport (EASAC, 2023) jest dostępny na stronie:
https://easac.eu/fileadmin/PDF_s/reports_statements/Neonics/EASAC_Neonicotinoids_complete_Web_02032023.pdf

Podsumowanie wniosków raportu

1. Dowody potwierdzają kontynuację istniejących ograniczeń, minimalizujących stosowanie pestycydów nawet w sytuacjach nadzwyczajnych.
2. Należy zaostrzyć kryteria oceny i zatwierdzania do obrotu nowych insektycydów,

- których sposób działania polega na zakłóceniu układu nerwowego owadów przez hamowanie nikotynowych receptorów acetylocholiny.
3. Profilaktyczne stosowanie neonikotynoidów (np. do zaprawiania nasion) jest niezgodne z programem integrowanej ochrony przed szkodnikami (IPM).
 4. Zebrane dane dotyczące faktycznego stosowania pestycydów i ich pozostałości w środowisku są niewystarczające. EASAC nalega, aby Komisja Europejska w dalszym ciągu zachęcała państwa członkowskie do gromadzenia i rozpowszechniania takich danych.
 5. EASAC popiera działania Komisji Europejskiej mające na celu wspieranie systemów rolniczych, w których stosowanie integrowanej ochrony przed szkodnikami (IPM) jest głównym narzędziem.
 6. Istnieją istotne bariery dla IPM. Do ich wyeliminowania potrzebne są skoordynowane działania, począwszy od badań, szkoleń, doradztwa, monitorowania po zachęty i regulacje finansowe.
 7. Drastyczny wzrost ładunku toksycznego w wyniku stosowania pestycydów nowej generacji w ostatnich dziesięcioleciach przemawia za znacznym ograniczeniem ich stosowania i potrzebą opracowania nowych wskaźników.

Literatura

- [1] Breitenmoser S., Steinger, T., Baux A., Hiltbold I., *Intercropping winter oilseed rape (*Brassica napus* L.) has the potential to lessen the impact of the insect pest complex*. Agronomy 2022, 12, s. 1–10.
- [2] Decio P., Ustaoglu P., Derecka K., Hardy I.C.W., Roat T.C., Malaspina O., Mongan N., Stöger R., Soller M., *Thiamethoxam exposure deregulates short ORF gene expression in the honey bee and compromises immune response to bacteria*. Sci. Rep. 2021, 11(1): 1489. doi: 10.1038/s41598-020-80620-7.
- [3] EASAC, *Neonicotinoids and their substitutes in sustainable pest control*, 2023, s. 1–54.
- [4] Kowalska G., Kowalski R., *Pestycydy – zakres i ryzyko stosowania, korzyści i zagrożenia. Praca przeglądowa*. Annales Horticulturae. 2019, 29(2), 5-25.
- [5] Kumar R., Mall P., *Effect of thiamethoxam 25 WG spray at pre-bloom on the foraging activity of *Apis mellifera* in mustard crop under open field condition*. Journal of Entomology and Zoology Studies. 2021, 9(1), s. 2047–2052.
- [6] Pelosi C., Bertrand C., Daniele G., Coeurdassier M., Benoit P., Nélieu S., Lafay F., Bretagnolle V., Gaba S., Vulliet E., Fritsch C., *Residues of currently used pesticides in soils and earthworms: A silent threat?* Agriculture, Ecosystems and Environment. 2021, 305, s. 107167. doi: <https://doi.org/10.1016/j.agee.2020.107167>
- [7] Riedo J., Wettstein, F.E., Rösch E., Herzog C., Banerjee S., Büchi L., Charles R., Wächter, D., Martin-Laurent F., Bucheli T.D., Walder F., van der Heijden M.G.A. *Widespread occurrence of pesticides in organically managed agricultural soils – the ghost of a conventional agricultural past?* 2021, Environmental Science & Technology 2021, 55 (5), s. 2919–2928. doi: 10.1021/acs.est.0c06405

- [8] Sparks T.C., Crossthwaite A.J., Nauen R., Banba S., Cordova D., Earley F., Ebbinghaus-Kintscher U., Fujioka S., Hirao A., Karmon D., Kennedy R., Nakao T., Popham H.J.R., Salgado V., Watson G.B., Wedel B.J., Wessels F.J. *Insecticides, biologics and nematicides: Updates to IRAC's mode of action classification – a tool for resistance management*. Pestic. Biochem. Physiol. 2020, 167 s104587. doi: 10.1016/j.pestbp.2020.104587
- [9] Stuligross C., Williams N.W. *Past insecticide exposure reduces bee reproduction and population growth rate*. 2021. Proc. Natl. Acad. Sci. USA. 118 (48): e2109909118. doi:10.1073/pnas.2109909118
- [10] Thompson D.A., Lehmler H.J., Kolpin D.W., Hladik M.L., Vargo J.D., Schiling K.E., Lefevre G.H., Peeples T.L., Poch M.C., Laduca L.E., Cwiertny D.M., Field R.W. *A critical review on the potential impacts of neonicotinoid insecticide use: current knowledge of environmental fate, toxicity, and implications for human health*. Environ. Sci. Process Impacts. 2020, 22(6) s. 1315–1346. <https://doi.org/10.1039/C9EM00586B>
- [11] Tschardt T., Grass I., Wanger T.C., Westphal C., Batáry P. Beyond organic farming – harnessing biodiversity-friendly landscapes. Trends Ecol. Evol., 2021 36(10) s. 919–930. DOI: 10.1016/j.tree.2021.06.010. PMID: 34362590.
- [12] Yamamuro M., Komuro T., Kamiya H., Kato T., Hasegawa H., Kameda Y. *Neonicotinoids disrupt aquatic food webs and decrease fishery yields*. Science. 2019, 366 (6465), 620–623. doi: 10.1126/science.aax3442.

Neonikotynoidy i ich substytuty w zrównoważonym zwalczaniu szkodników

Raport zawiera szczegółową analizę wyników najnowszych badań dotyczących skutków stosowania neonikotynoidów i ich substytutów oraz narzędzi do ograniczenia lub wyeliminowania w przyszłości pestycydów w zwalczaniu szkodników roślin. Analiza stanowi istotny wkład merytoryczny do szerszej debaty w Komisji i Parlamencie Europejskim i państwach członkowskich na temat ryzyka dla środowiska stwarzanego przez pestycydy. Drastyczny wzrost ładunku toksycznego i ciągły spadek populacji owadów zapylających rośliny w wyniku stosowania pestycydów nowej generacji przemawia za realizacją celu Komisji Europejskiej, zakładającego ograniczenie o 50% *stosowania chemicznych pestycydów* w Unii Europejskiej do 2030 roku. EASAC popiera działania mające na celu wspieranie integrowanej ochrony roślin (IPM) opartej na metodach biologicznych, a nie chemicznych jako głównego narzędzia w walce ze szkodnikami. Istnieją ograniczenia ekonomiczne i kulturowe stosowania IPM, a ich wyeliminowanie wymaga skoordynowanych działań, począwszy od badań, szkoleń, doradztwa, monitorowania po zachęty i regulacje finansowe. Aktualne wskaźniki zagrożeń związanych z pestycydami powinny uwzględniać szczegółową ocenę działania toksycznego pestycydów, ich pozostałości w środowisku, wpływu na organizmy niebędące przedmiotem zwalczania, zwłaszcza owady zapylające i naturalni wrogowie szkodników, aby zmniejszyć zagrożenia dla zdrowia i różnorodności biologicznej.

Słowa kluczowe: ładunek toksyczny, zagrożenia środowiskowe, różnorodność biologiczna, integrowana ochrona przed szkodnikami, zezwolenia nadzwyczajne

Neonicotinoids and their substitutes in sustainable pest control

The report includes a detailed analysis of the more recent research findings on the effects of neonicotinoids and their new substitutes and tools to reduce or eliminate future use of pesticides for the control of crop pests. This analysis is a contribution to a wider debate within the Commission and European Parliament as well as Member States on the environmental risk of pesticides. The evidence of the drastic increase in toxic load and the continued insect decline including pollinators as a result of new-generation pesticides argues for a more substantial reduction in the Commission's 2030 target to reduce pesticide use and risk. We support the Commission's measures to encourage an agricultural system that regards integrated pest management (IPM) based on biological rather than chemical pest control as a main tool. Substantial economic and cultural barriers exist to IPM and will require coordinated action ranging from research, training, information and advice, extension services, common monitoring, and other services, to financial incentives or regulations. Current pesticide risk indicators should include a more detailed assessment of toxic load, persistence in the environment, and toxicity to non-target organisms especially pollinators and natural enemies of pests to reduce threats to the environment, health, and biodiversity.

Key words: toxic load, environmental risk, biodiversity, integrated pest management, emergency authorizations