

Nowe środki ochrony roślin

Wiesław Sobótka

Instytut Przemysłu Organicznego

03-236 Warszawa, ul. Annopol 6

e-mail: inorg@atos.warman.comp.pl

Słowa kluczowe: nowe środki agrochemiczne

Wstęp

Środki ochrony roślin i postęp biologiczny w postaci nowych odmian wraz z technologiami upraw, takimi jak zmodyfikowane nasiona, nawozy mineralne i dobra praktyka rolnicza, odegrały ważną rolę w zapewnieniu wyżywienia wzrastającej liczbie ludności świata. Wymagania lepszej jakości i bardziej zróżnicowanego pożywienia, przy oczekiwanym w nadchodzącym pięćdziesięcioleciu podwojeniu liczby mieszkańców naszej planety, wymuszą stosowanie optymalnych zabiegów agrotechnicznych. Przewiduje się, że bezpieczna i zrównoważona produkcja rolnicza będzie realizowana w ramach integrowanych programów ochrony upraw wykorzystujących zarówno cechy genetyczne, jak i syntetyczne związki chemiczne.

W ochronie upraw obserwowany jest obecnie zasadniczy przełom. O ile przez ponad pięćdziesiąt lat głównym jej trzonem była chemia organiczna, to dzisiaj w wyniku dynamicznego rozwoju biotechnologii odnotowano tu istotne zmiany. Reakcją chemików organicznych na zastosowanie genetyki molekularnej było wykorzystanie chemii kombinatorycznej i robotyzacji, pozwalających na wprowadzenie ultraszybkiego, wysoko wydajnego skryningu umożliwiającego wykrywanie struktur wiodących dla oryginalnych związków biologicznie aktywnych, skutecznych w niskich dawkach, przyjaznych środowisku i spełniających zaostrzone wymagania toksykologiczne. Obserwowany jest także znaczny postęp technologii stosowania formulacji stałych o kontrolowanym uwalnianiu zwiększających bezpieczeństwo pracy operatora. Spektakularnym postępem w rolnictwie precyzyjnym jest dokładne mapowanie zróżnicowanego charakteru terenów uprawnych umożliwiające np. w zależności od pH, zawartości substancji organicznych, czynników odżywczych itp. optymalizację stosowanych zabiegów.

Włączenie na potrzeby rolnictwa nowoczesnych kierunków nauk biologicznych przyspieszyło dalszy rozwój chemii ochrony upraw. Naciski światowej opinii publicznej wymogły na producentach agrochemikaliów opracowanie i wdrażanie nowoczesnych dla użytkowników i środowiska środków ochrony roślin stosowanych w niskich dawkach, o wysokiej skuteczności działania, dopuszczanych do obrotu po rygorystycznej rejestracji, gwarantującej pełne bezpieczeństwo dla konsumenta i jego otoczenia. Odnotowano znaczny postęp od chwili narodzin przemysłu chemicznych środków ochrony roślin w połowie XX wieku do czasów współczesnych, o czym świadczą tysiące stosowanych środków zawierających około 800 substancji biologicznie czynnych (s.b.cz.). Corocznie pojawia się kilka lub kilkanaście oryginalnych s.b.cz. skutecznych nieraz w dawkach prawie nieodczuwalnych dla środowiska ($\text{g} \cdot \text{ha}^{-1}$), wywierających pożądane działanie na agrofagi. W niniejszym przeglądzie na przykładach najnowszych połączeń stosowanych do zwalczania chwastów, stawonogów i grzybów fitopatogennych zilustrowano kierunki rozwoju chemicznej ochrony, zapewniającej w ramach wykorzystania metod integrowanych uzyskanie trzykrotnego zwiększenia produkcji żywności bez zmiany wielkości obszarów uprawnych. Posiada to duże znaczenie dla populacji ludzkiej, która w październiku 1999 wzrosła do 6 mld. Liczba możliwości otrzymywania nowych struktur chemicznych dla związków o ciężarze cząsteczkowym 700 wyraża się wartością 10^{200} , co wydaje się zapewniać ustabilizowaną przyszłość czołowym światowym agrokoncernom, w których obroty w roku 1998 stanowiły około 3/4 wartości rocznej sprzedaży globalnej środków ochrony roślin, wynoszącej 34 mld USD.

Herbicydy

Spośród 250 tys. znanych gatunków roślin około 250 (1%) jest częstym źródłem zachwaszczenia [2]. Liczba gatunków chwastów występujących w Polsce w uprawach rolniczych wynosi od 300 do 400, w tym około 50 gatunków, w zależności od uprawy i roku, stanowi poważny problem [1]. W kraju w końcu roku 2000 zarejestrowano 374 herbicydy, 63 regulatory rozwoju roślin i 24 adjuwanty.

Odkrycie w latach czterdziestych XX wieku herbicydów typu auksyn zapoczątkowało nowoczesną erę chemicznego zwalczania chwastów, zastępując związki nieorganiczne głównie połączeniami organicznymi.

Kluczowe grupy chemiczne stosowanych obecnie herbicydów obejmują triazyny, amidy, karbaminiany, moczniki, toluidyny, diazyny, etery difenylowe oraz związki aryloksyalkanokarboksyłowe. W latach ostatnich odnotowano znaczny wzrost pochodnych sulfonilomocznikowych, imidazolinonów, arylofenoksypropionianów, glifosatu i parakwatu [6].

W latach 60. odnotowano pierwszy przypadek odporności jednego z gatunków chwastów na herbicydy, a na początku lat 90. stwierdzono pojawienie się już w ponad

40 krajach 100 odpornych jedno- i dwuliściennych gatunków. Dotyczyła ona 15 różnych mechanizmów działania herbicydów, w tym inhibitorów fotosyntezy w fotosystemie II, takich jak triazyny, inhibitorów karboksylazy acetylo-CoA (ACCazy) z grupy arylofenoksypropionianów i cykloheksanodionów oraz inhibitorów syntazy acetomleczanowej (ALS) typu sulfonylomoczników, imidazolinonów, sulfonamidów i triazolopirymidyn.

W latach 80. utworzono międzynarodowy Komitet Zapobiegania Odporności na Herbicydy, co spowodowało powstanie w Australii obligatoryjnego literowego systemu oznakowania mechanizmów działania herbicydów, mającego zachęcić użytkowników do unikania stosowania herbicydów o podobnym mechanizmie działania [3].

Pomimo dużego wyboru współczesnych herbicydów nadal nie ustają poszukiwania nowych związków o wyższej aktywności, bezpieczniejszych dla środowiska, o zróżnicowanych mechanizmach działania celem zahamowania procesów odpornościowych w chwastach. Współczesne trendy w tej dziedzinie ilustrują związki prezentowane podczas konferencji w Brighton w roku 1999 poświęconej herbicydom. Były to jodosulfuron z sejfnerem mefenpyrem dietylowym, flukarbazon sodowy, amikarbazon, diflufenzopyr, beflubutamid, pikolinafen, BAY MKH 6561, tepraloksydym, BAS 625 H, florasulam, cynidon etylowy oraz mezotrion. Stanowiły one inhibitory syntazy acetomleczanowej, inhibitory desaturazy fitoenuwej, inhibitory karboksylazy acetylo-CoA (ACC-azy), inhibitor fotosyntezy, inhibitor transportu polarnej auksyny, inhibitor oksydazy protoporfirynogenu-IX oraz inhibitor dioksygenazy p-hydroksyfenylopirogronowej. Zastosowania dotyczyły ochrony upraw zbóż, buraka cukrowego i innych roślin dwuliściennych, kukurydzy oraz ryżu.

Jednym z podstawowych wyzwań stojących przed badaczami zaangażowanymi w odkrycie herbicydu jest poszukiwanie nowych związków o nowym mechanizmie działania. Obecne trendy wskazują na dwa miejsca oddziaływania herbicydu, a mianowicie syntazę acetomleczanową (ALS) i oksydazę protoporfirynogenową (Protox). Od roku 1992 określono dwa nowe mechanizmy działania, które dotyczyły dioksygenazy hydroksyfenylopirogronowej i zahamowania transportu auksyn [5].

Zoocydy

Wśród zoocydów zdominowanych przez związki fosforoorganiczne (41%), karbaminowe (20%) i pyretroidy (18%) po latach stagnacji zaobserwowano pewien postęp w postaci zróżnicowanych grup połączeń syntetycznych, w tym także otrzymywanych przez modyfikacje produktów naturalnych [7, 8].

Ponad 0,5 tysiąca szkodliwych gatunków owadów odpornych na stosowane obecnie insektycydy świadczy o trudnościach związanych ze zwalczaniem nie tylko agrofagów, ale i innych stawonogów wektorów chorób ludzkich i zwierzęcych.

Większość zoocydów działa na układ nerwowy, inne zaburzają biosyntezę chityny lub metamorfozę, względnie są inhibitorami oddychania mitochondrialnego.

Wprowadzanie nowych ksenobiotyków o odmiennych mechanizmach działania i przestrzeganie racjonalnych metod ich stosowania zmniejsza nacisk selekcyjny, powodując, przez hamowanie naturalnego procesu ewolucji biotypu, powstrzymywanie narastania odporności.

Kierunki rozwoju współczesnej proekologicznej agrochemii wytyczają zoocydy z grupy chloronikotynoili (imidachlopyrd), piroli (chlorfenapyr), fenylopirazoli (fipronil) i innych (pymetrozyna, metoksyfenozyd, DPX-MP 062, D 2341).

W Polsce do końca roku 2000 zarejestrowano 185 insektycydów, 50 akarycydów oraz 27 środków do zwalczania szkodników magazynowych. Większość insektycydów to środki o powszechnym już użyciu w świecie. Z najnowszych można wymienić cztery zoocydy zawierające imidachlopyrd, acetamipryd i fipronil.

Fungicydy

W światowej wartości sprzedaży środków ochrony roślin w roku 1998 na fungicydy przypadało 6 mld USD obejmujących środki zawierające ponad 150 s.b.cz. o działaniu ochronnym (34%) bądź systemicznym (66%). Przynosiły one 20 do 50 mld USD korzyści ekonomicznych producentom owoców, warzyw, zbóż, ryżu i innych upraw. Z zarejestrowanych w Polsce w trzecim kwartale 2000 roku środków fungicydy stanowiły 212 preparatów i 88 grzybobójczych zapraw nasiennych.

Na rynkach pojawiły się fungicydy zawierające stereoizomeryczne s.b.cz. (Metaksyl-M enancjomer-R, imidazolowy RPA 407213 enancjomer-S) oraz analogi naturalnych strobiluryn (azoksystrobina, krezoksym metylowy i trifloksystrobina). Nową strategię walki z fitopatogennymi grzybami reprezentuje heterocykliczny aktywator rośliny (acybenzolar-S-metylowy) działający na systemy obronne gospodarza, powodujący uruchamianie mechanizmów odpornościowych. Podobne właściwości wykazuje naturalny 1-3 glukan (GL 32).

Z innych promowanych fungicydów należy wymienić pochodną imidazolu (cyjanoimidazol JKF 916), amidów (fenheksamid, iprowalikarb, zoksamid, fenoksyamid AC 382042, amid sililowy MON 65500), dikarboksyimidu (famoksadon), chinoliny (chinoksyfen) oraz biofungicyd zawierający spory pasożytniczego grzyba *Ampelomyces quisqualis*.

Poza analogami strobilurynowymi o szerokim zakresie działania inne s.b.cz. odznaczały się selektywną aktywnością w stosunku do mączniaków rzekomych i prawdziwych, szarej pleśni, zgorzeli podstawy źdźbła i zarazy ziemniaka.

Podczas Konferencji Brytyjskiej Rady Ochrony Upraw w Brighton w listopadzie 2000 roku przedstawiono dalsze nowe handlowe fungicydy, takie jak: pikoksystrobina, strobilurynowy preparat BAS 500 F, SYP-L 190, simekonazol i produkt naturalny *Brevibacillus brevis*.

W wypadku transgenicznych roślin uprawnych odpornych na choroby grzybowe prognozowane jest wprowadzenie ich do handlu w ciągu najbliższych 4–8 lat [4].

Podsumowanie

Jednym z podstawowych wyzwań w poszukiwaniu herbicydów są związki o nowym mechanizmie działania. Obecne trendy w odkrywaniu takich połączeń wskazują na dwa miejsca ich oddziaływania w roślinie, a mianowicie syntazę acetomleczanową (ALS) i oksydazę protoporfirynogenową (Protox). Po roku 1992 określono dwa dalsze mechanizmy działania, które dotyczyły dioksygenazy hydroksyfenylopirogronowej i zahamowania transportu auksyn.

Nieograniczone możliwości otrzymywania na drodze syntezy chemicznej oryginalnych biologicznie aktywnych związków organicznych i zastosowanie nowoczesnych technik badawczych umożliwiają przemysłowi agrochemicznemu ekspansję na rynkach środków ochrony roślin. Należy oczekiwać tu nowych „prostych” połączeń o wysokiej skuteczności wobec szkodliwych gatunków stawnogów.

Pojawiły się pierwsze, ograniczające do połowy obciążenie środowiska związkami chemicznymi, środki grzybobójcze zawierające enancjomerycznie czyste s.b.cz. Z nowych fungicydów odnotowano modyfikowane produkty naturalne wykryte w grzybach leśnych. Oryginalnym sposobem zwalczania chorób grzybowych w uprawach stały się aktywatory roślinne uruchamiające w organizmie obronne mechanizmy odpornościowe na grzyby fitopatogenne.

W okresie 4–8 lat przewidywane jest wprowadzenie na rynki genetycznie zmodyfikowanych roślin uprawnych odpornych na choroby grzybowe.

Literatura

- [1] Adamczewski K. 1997. Rola chwastów w uprawie roślin. W: Ochrona Roślin. Praca zbiorowa pod red. J. Kochmana i W. Węgorka. Plantpress, Kraków: ss. 701.
- [2] Aldrich R. J. 1997. Ekologia chwastów w roślinach uprawnych. Podstawy zwalczania chwastów. Opole: ss. 461.
- [3] Jutsum A. R., Graham J. C. 1995. Managing weed resistance the role of the agrochemical industry. Brighton Crop Protection Conference — Weeds. (2): 557–566.
- [4] Melchers L. S., Stuver M. H. 1998. The development of transgenic plants for the control of plant diseases. BCPC Symposium Proceedings No 71: Biotechnology in Crop Protection: Facts and Fallacies: ss. 108.
- [5] Pallet K. E. 1997. Herbicide target site, recent trends and new challenges. Brighton Crop Protection Conference — Weeds. (2): 575–578.
- [6] Sobótka W. 1997. Alleloherbicydy-wczoraj i dziś. *Progress in Plant Protection* 37(1): 50–57.
- [7] Sobótka W. 1998. Nowoczesne środki zwalczania szkodliwych stawnogów. *Progress in Plant Protection* 38(1): 128–134.
- [8] Sobótka W. 1998. Some recent developments in arthropods control. Insects, chemical, physiological and environmental aspects. University of Wrocław: ss. 293.

Plant protection agents of tomorrow

Key words: new agrochemicals

Summary

Weeds constitute a serious and continuing limitation to crop production in all agricultural systems. Herbicides contribute significantly to the production of most of the major food and fiber crops. Besides of thousand commercial products there is still a need for new active ingredients. Changes in weed communities, development of herbicide-resistant species, and changing toxicological and environmental requirements demand more effective, selective and environment friendly herbicides to be developed. Since the discovery of the first modern organic herbicides there has been a great interest in understanding the mechanisms of herbicide interference in plant growth. Recent trends in new herbicidal molecule announcement have been exemplified by twelve new compounds (iodosulfuron plus safener mefenpyr-diethyl, flucarbazone-sodium, amicarbazone, diflubenzopyrene, beflubutamid, picolinafen, BAY MKH 6561, tepraloxym, BAS 625 H, florasulam, cinidon-ethyl, mesotrione) presented at the 1999 Brighton Weed Conference.

The trends in modern agrochemical development regarding environment safety have been shown on some examples of insecticides and acaricides. Several new developments of commercial importance described in the past ten years are discussed: imidachlopride (chloronicotinyl systemic insecticide), chlorfenapyr (pyrrole insecticide/acaricide), fipronil (phenylpyrazole insecticide/acaricide), pymetrozine (pyridine azometine insecticide), methoxyfenoside (ecdysteroid agonist), DPX-MP 062 (insecticide related to famoxadone), and D2341 (hydrazinecarboxylate acaricide). We can expect to see much more progress to be achieved in the future by the use of chemical pest control agents among „simple” molecules with high biological activity and favourable environmental profiles.

Recent advances in contemporary plant protection agents are presented by selected fungicides. Some new developments of commercial importance are discussed: famoxadone (oxazolidinodione), metalaxyl-M (R-enantiomeric metalaxyl), spiroxamine (spiroketalamine), quinoxifen (quinoline derivative), acibenzolar-S-methyl (benzothiadiazole), *Ampelomyces quisqualis* (hyperparasitic fungus), trifloxystrobin (oximinoacetate), RPA 407213 (S-enantiomeric imidazolinone), IKF-916 (cyanoimidazole), fenhexamide (hydroxyanilide), iprovalicarb (amino acid amide carbamate), zoxamide (phenylamide), AC 382042 (phenoxyamide), MON 65500 (hindered silyl amide), and GL 32 (natural (1-3 glucan)).