

**Anna Jezierska-Domaradzka**

*Ogród Roślin Leczniczych  
Akademia Medyczna we Wrocławiu*

## ALLELOPATYCZNY POTENCJAŁ ROŚLIN JAKO MOŻLIWOŚĆ OGRANICZANIA ZACHWASZCZENIA UPRAW ROLNICZYCH

### Wstęp

W praktyce rolniczej zjawisko wzajemnego oddziaływania roślin, nazywane allelopatią, było znane od starożytności. Na podstawie własnych doświadczeń rolnik wiedział, które rośliny „lubią się”, a które wywierają na siebie wpływ negatywny. Zaobserwowano, że w obecności niewielkiej ilości chabra bławatka kondycja uprawianego żyta jest lepsza i poprawia się jego plonowanie. Podobną zależność wykazują rumianek i rzepak, kąkol i pszenica, a także łubin i ziemniak czy cebula i truskawki. Zauważono także, że w przypadku niektórych gatunków zachodzi zjawisko odwrotne. Niekorzystne oddziaływania zaobserwowano w przypadku pszenicy i jęczmienia, maku i ziemniaka czy orzecha i wielu innych gatunków roślin. Z tych obserwacji wynikały trafne zasady stosowania odpowiednich płodozmianów.

Musiało minąć kilkanaście stuleci, aby udało się badaczom ustalić istotę tych oddziaływań, a druga połowa dwudziestego wieku przyniosła znaczący postęp w wyjaśnianiu wielu kwestii z tej dziedziny. Dzisiaj, kiedy wiele zagadnień z zakresu allelopatii zostało już rozpoznanych, pojawiają się możliwości praktycznego wykorzystania tego zjawiska w rolnictwie i innych dziedzinach nauki.

### Rozwój badań nad allelopatią

Początkowe lata XIX wieku przyniosły informacje, że niektóre rośliny wydzielają substancje chemiczne ujemnie wpływające na inne rośliny (1, 8). Zagadnienie to powróciło po pół wieku, kiedy to w roku 1881 dwaj badacze – Stickney i Hay opisali szkodliwe oddziaływanie drzew orzecha włoskiego (*Juglans regia*) na wzrost innych, rosnących poniżej tego drzewa gatunków roślin. Ponad czterdzieści lat później, w roku 1925, Massey dokonał obserwacji dotyczących szkodliwego oddziaływania korzeni *J. regia* na sadzonki pomidorów (1).

Termin „allelopatia”, wywodzący się od dwóch greckich słów (*allelo* – wzajemny, *pathos* – cierpieć, szkodzić), wprowadził austriacki fizjolog Ch. Molisch w roku 1937. Zdefiniował on to zjawisko jako zachodzące w środowisku, szkodliwe lub korzystne

oddziaływanie o charakterze biochemicznym pomiędzy roślinami wyższymi i mikroorganizmami (1). W późniejszych badaniach, których celem było poznanie istoty zjawiska allelopatii koncentrowano się przede wszystkim na izolacji substancji nazywanej allelopatyną, jej chemicznej identyfikacji i wykazaniu, że wyizolowany związek chemiczny wywołuje dodatni lub ujemny efekt na innych roślinach. Dało to podstawę do zdefiniowania przez Rieca w roku 1974 allelopatii jako bezpośredniego lub pośredniego oddziaływania jednej rośliny na inną przez wytwarzanie chemicznych związków dostających się do środowiska (8).

Z przytoczonej definicji wywodzą się dwa pojęcia: allelopatia prawdziwa i funkcjonalna. Allelopatia prawdziwa oznacza bezpośrednie uwalnianie do środowiska toksycznych substancji wytwarzanych przez rośliny, zaś z allelopatią funkcjonalną mamy do czynienia wówczas, gdy substancje toksyczne uwolnione do środowiska zostaną przekształcone przez mikroorganizmy (1). Zawsze jednak allelopatia oznacza powstawanie w środowisku nowych związków chemicznych, w przeciwieństwie do zjawiska konkurencji, które polega na rywalizacji w wykorzystywaniu zasobów środowiska. W warunkach naturalnych rozdzielenie tych dwóch mechanizmów jest praktycznie niemożliwe.

Obecnie istnieje tendencja do poszerzenia zakresu terminu allelopatia. Podczas sympozjów, które odbyły się w Indiach i w Hiszpanii w latach dziewięćdziesiątych XX wieku wysunięto propozycję, aby pojęciem allelopatii nazwać każdy proces obejmujący wtórne metabolity wytwarzane przez rośliny, mikroorganizmy oraz grzyby, mające wpływ na wzrost i rozwój różnych ekosystemów (10). Współcześnie allelopatia traktowana jest jako nowa dziedzina ekologii chemicznej, badająca efekty wywierane przez naturalne związki chemiczne uwalniane z roślin lub mikroorganizmów na wzrost, rozwój i rozprzestrzenianie się innych roślin i mikroorganizmów w zbiorowiskach naturalnych, jak również wytworzonych w wyniku działalności człowieka (4).

### **Istota zjawiska allelopatii**

Istotą oddziaływań allelopatycznych jest wydzielanie do środowiska przez rośliny–donory substancji chemicznych, modyfikujących proces wzrostu i rozwoju roślin–akceptorów. Modyfikacja ta może mieć charakter inhibicyjny, jak i stymulacyjny.

W zależności od typu rośliny–donora oraz rośliny–akceptora, a także od kierunku oddziaływań, allelopatyny sklasyfikowano jako: koliny, fitoncydy, marazminy oraz antybiotyki (5, 10). Koliny to związki wytwarzane przez rośliny wyższe, działające na inne rośliny wyższe. Fitoncydy są substancjami wytwarzanymi przez rośliny wyższe, działającymi na mikroorganizmy. Marazminy i antybiotyki to produkty przemiany mikroorganizmów. Pierwsze wpływają na rośliny wyższe, drugi rodzaj substancji działa w sposób hamujący na inne mikroorganizmy (10).

Allelozwiązki u roślin wyższych powstają we wszystkich organach zarówno wegetatywnych, jak i generatywnych. Ich najbogatszym źródłem są liście. W korzeniach, łodygach i korze zawartość tych związków jest mniejsza i mają one przeważnie charakter inhibicyjny (10). Pod względem ilości allelopatyn wyjątek stanowią korze-

nie lucerny, będące bogatym źródłem saponin (7). Owoce i nasiona zawierają głównie inhibitory zabezpieczające je przed gniciem oraz wpływające na proces kiełkowania poprzez stymulowanie bezwzględnego spoczynku. Dzięki temu zjawisku nasiona wielu gatunków, zwłaszcza chwastów, mogą przeżyć wiele lat w glebie nie tracąc zdolności do kiełkowania.

Większość substancji allelopatycznych to wtórne produkty przemiany materii, te same, które są wykorzystywane jako związki lecznicze. Są to najczęściej produkty metabolizmu kwasów octowego i szikimowego (9). Najwyższą aktywnością odznaczają się, najczęściej spotykane wśród roślin, związki fenolowe, np. kwas dezoksybenzoesowy, chlorogenowy, izochlorogenowy, galusowy, garbnikowy, ferulowy i wiele innych. Ich najwyższe stężenie występuje w liściach, a do gleby są łatwo uwalniane w czasie rozkładu resztek roślinnych. Spośród flawonoidów wymienić należy: kempferol, kwercetynę, myricetynę – związki powszechnie występujące w świecie roślinnym, działające przeważnie jako allelopatyczne inhibitory.

Kwasy organiczne, takie jak: octowy, mlekowy, masłowy, szczawiowy, mrówkowy i bursztynowy powstają podczas rozkładu resztek roślinnych, ale są szybko degradowane w warunkach tlenowych, stąd ich działanie przejawia się zwłaszcza w glebach słabo przewietrzonych. Mogą wzajemnie potęgować swoje działanie i tym samym hamować wzrost już w niskich stężeniach. Allelopatyczne działanie przejawiają także terpeny – związki lotne, będące składnikami olejków eterycznych ( $\alpha$ -pinen,  $\beta$ -pinen, kamfora, cyneol i inne), alkaloidy (np. kofeina) oraz saponiny, występujące m.in. w korzeniach lucerny siewnej (1, 10).

Allelopatyny przedostają się do środowiska przy udziale czterech procesów – wymywania i ulatniania z części nadziemnych, wydzielania z systemu korzeniowego (eksudacji) oraz przez rozkład obumarłych tkanek. Wymywanie przez wodę następuje przez deszcz lub krople rosy. W ten sposób do środowiska przedostają się glikozydy, flawonoidy, alkaloidy, wiele kwasów organicznych i związków fenolowych. Ulatnianie dotyczy związków będących składnikami olejków eterycznych, powstających w specjalnych gruczołach, skąd w wysokiej temperaturze przedostają się do atmosfery, a następnie są absorbowane przez powierzchniowe tkanki roślin akceptorowych. Możliwe jest także ich przedostawanie się do roztworu glebowego, skąd następnie są pobierane przez korzenie innych roślin. Eksudacja jako sposób uwalniania się allelopatyn do środowiska glebowego ma drugorzędne znaczenie, gdyż z nienaruszonego systemu korzeniowego wydzielane są niewielkie ilości substancji.

Najefektywniejszym sposobem uwalniania allelopatyn jest rozkład obumarłych tkanek roślinnych, podczas którego następuje uwalnianie i wymywanie do gleby tych związków (5). Działanie allelopatyn na poziomie komórkowym jest zróżnicowane. Związki te mogą hamować mitozę, powodować utlenianie hormonów roślinnych, np. auksyny, zmieniać przepuszczalność błon komórkowych, obniżać zawartość chlorofilu i tym samym wpływać na zahamowanie intensywności fotosyntezy, zakłócać transport wody w roślinie poprzez zatykanie naczyń. Niekorzystne oddziaływanie allelopatyn może przejawiać się także w sposób pośredni. Związki te mogą, hamując rozwój

glebowych drobnoustrojów, zwalniać proces rozkładu materii organicznej w glebie, a przez to zmieniać skład chemiczny produktów tych przemian (1, 10).

Warto też zaznaczyć, że stres spowodowany takimi czynnikami, jak: niedobór składników pokarmowych, susza, ekstremalne temperatury, ekspozycja na promieniowanie ultrafioletowe, choroby, szkodniki, wzmacnia allelopatyczne oddziaływania roślin, co przejawia się nawet dziesięciokrotnym zwiększeniem ilości produkowanych allelopatyn (1). Na temat korzystnego oddziaływania związków allelopatycznych istnieje niewiele danych. Dotychczas najlepiej poznano ich wpływ uzależniony od stężenia. Wykazano, że allelozwiązki, podobnie jak inne substancje biochemiczne, występując w niskich stężeniach przejawiają działanie stymulujące, natomiast w wysokich stężeniach są inhibitorami (2).

Zjawisko allelopatii badano nie tylko w odniesieniu do gatunków roślin rosnących obok siebie, ale także po sobie. Przykładem takich badań są prace O l e s z k a (6) wykazujące wpływ wodnych wyciągów z lucerny (*Medicago sativa*) na wzrost i kiełkowanie roślin uprawnych, takich jak pomidor, pszenica i jęczmień. Badania te wykazały, że wyciąg świeżej biomasy lucerny stymuluje wzrost siewek pomidora, natomiast hamuje wzrost pszenicy i jęczmienia. Wyciąg z korzeni lucerny działa natomiast hamująco na wszystkie badane gatunki. Dodatkowe badania, podczas których obserwowano wzrost siewek na różnych glebach z dodatkiem 1% korzeni lucerny wykazały, że na glebach najcięższych wzrost siewek był najlepszy, natomiast ulegał pogorszeniu na glebach lżejszych. Prace te wskazują na konieczność uwzględniania przedplonu w planowaniu zasiewów roślin uprawnych.

### **Praktyczne wykorzystanie zjawiska allelopatii w rolnictwie**

Zjawisko allelopatii może istotnie wpływać na przemiany dokonujące się w zbiorowiskach chwastów. Efekty tych oddziaływań mogą być różnorodne, lecz w praktyce rolniczej najistotniejsza jest możliwość wykorzystania tego zjawiska do walki biologicznej. Allelozwiązki mogą być wykorzystywane do ochrony roślin przed szkodnikami, także w celu zwiększenia odporności roślin na choroby, a przede wszystkim jako środki służące do walki z chwastami. Ten ostatni aspekt wykorzystania allelozwiązków ma szczególnie duże znaczenie ze względu na coraz to wyższe koszty produkcji syntetycznych herbicydów oraz obserwowane ostatnio zjawisko pojawiania się chwastów na nie odpornych. Niebagatelne znaczenie ma również konieczność ograniczenia zużycia chemicznych środków ochrony roślin, z uwagi na ich pozostałości w środowisku i w produktach roślinnych.

Zjawisko allelopatii może być wykorzystywane jako element walki z chwastami w czasie rozkładu resztek roślinnych, z których uwalniane są substancje aktywne. Przykładem takiego zastosowania jest uprawa żyta (*Secale cereale*) z przeznaczeniem na przyoranie go w okresie wczesnowiosennym lub pozostawienie resztek na powierzchni gleby. Zabieg ten ma na celu nie tylko wprowadzenie do gleby zielonego nawozu, ale też ograniczenie zachwaszczenia. Bhowmik i Interjit wykazali, że opisany

zabieg prowadzi do obniżenia nawet o 94% biomasy chwastów, takich jak: *Chenopodium album*, *Digitaria sanguinalis*, *Lepidium sativum*, *Panicum miliaceum*, *Ambrosia artemisiifolia*, *Echinochloa crus-galli* i *Amaranthus retroflexus* w stosunku do obiektu kontrolnego. Natomiast inne badania wykazały, że dwukrotny oprysk wodnym ekstraktem z sorga (*Sorghum bicolor*) zastosowany w monokulturze pszenicy (*Triticum aestivum*) doprowadził do spadku zachwaszczenia porównywalnego z efektem działania naturalnego herbicydu oraz do wzrostu plonowania pszenicy (5).

Identyfikacja i izolacja związków o aktywności allelopatycznej spowodowała rozpoczęcie badań nad wykorzystaniem naturalnych związków chemicznych jako prekursorów do syntezy alleloherbicydów. Do tej pory opisano ponad 3000 biologicznie czynnych związków fitochemicznych, spośród których wiele wykazuje działanie allelopatyczne i pestycydowe (3). Zaletą tych naturalnych substancji jest ich łatwa biodegradacja, w przeciwieństwie do wielu produktów syntetycznych.

Obecnie zarejestrowanych jest (albo trwa proces ich rejestracji) 12 różnych naturalnych herbicydów (5). Niestety, ze względu na wciąż wysokie koszty ich produkcji dostępne są one głównie na rynku japońskim. Nieliczne z nich (glufosynat) stosuje się również w Polsce. Bilanafos jest tripeptydem otrzymywanym w wyniku fermentacji promieniowców glebowych *Streptomyces hygrosopicus* i *S. viridochromogenes*. Herbicyd ten w roślinie jest metabolizowany do chwastobójczej fosfintocytryny, optycznie czynnego aminokwasu. Bilanafos jest herbicydem nieselektywnym, powodującym akumulację w roślinie amoniaku i zahamowanie fosforylacji w fotosyntezie. Służy on do powschodowego zwalczania chwastów jednorocznych. Syntetyczną formą fosfintocytryny jest glufosynat – nieselektywny alleloherbicyd stosowany w niskich dawkach w celu powschodowego zwalczania chwastów jednorocznych i trwałych. Mechanizm jego działania w roślinie jest analogiczny do działania bilanafosu. Innym alleloherbicydem jest cinmetylina, zmodyfikowana pochodna 1,8-cineolu, będącego cyklicznym monotrepenem wyizolowanym z eukaliptusa. Cinmetylina jest przedwzschodowym herbicydem do zwalczania chwastów jednoliściennych (9).

### Podsumowanie

Allelopatia jest zjawiskiem bardzo złożonym, wymaga znajomości wielu dziedzin, a trudność badań nad tym zjawiskiem potęguje jeszcze fakt, że w środowisku przyrodniczym istnieje konkurencja. O wielu obserwacjach trudno rozstrzygnąć, czy są one wynikiem allelopatycznego działania, czy też skutkiem konkurencji. Ponadto problem komplikują jeszcze drogi dostawiania się allelopatyn do środowiska, a dzieje się to wszystko przez glebę, z jej niezliczoną liczbą procesów fizycznych, chemicznych i biologicznych.

Jednak dynamiczny rozwój tej dziedziny wiedzy, jaki w ostatnich latach jest obserwowany, może doprowadzić do opracowania rozwiązań istotnych dla praktyki rolniczej, a których stosowanie będzie bezpieczne dla środowiska. Wydaje się, że pojawiają się nowe możliwości wykorzystania zjawiska allelopatii w związku z intensywnością

nym rozwojem biotechnologii oraz w pracach nad syntezą nowych alleloherbicydów jako alternatywy dla syntetycznych środków ochrony roślin.

### Literatura

1. Aldrich R.: Ekologia chwastów w roślinach uprawnych. Towarzystwo Chemii i Inżynierii Ekologicznej, Opole, 1997.
2. Duer I.: Allelopatyczny wpływ niektórych gatunków chwastów na wzrost roślin zbożowych. Pam. Puł., 1988, **93**: 85-99.
3. Duke S., Dayan F., Romagnoli J., Rimando A.: Natural products as sources of herbicides: current status and future trends. Weed Res., 2000, **40**: 90-111.
4. Einhellig F.: Allelopathy: Current status and future goals. Amer. Chem. Soc., Symposium Series, 1995, **582**: 1-24.
5. Gniazdowska A., Oracz K., Bogatek R.: Allelopatia – nowe interpretacje oddziaływań pomiędzy roślinami. Kosmos, 2004, **53(2)**: 207-215.
6. Oleszek W.: Saponiny jako czynnik determinujący wartość przedplonową lucerny. Post. Nauk Rol., 1986, **6**: 15-22.
7. Oleszek W.: Techniki badania allelopatii. Wiad. Botan., 1992, **36(3/4)**: 17-25.
8. Riece E. L.: Allelopathy. Academic Press, New York, 1974.
9. Sobótka W.: Alleloherbicydy – wczoraj i dziś. Progr. Plant Protect./Post. Ochr. Rośl., 1997, **37(1)**: 50-57.
10. Wójcik-Wojtkowiak D., Potylicka B., Weyman-Kaczmarkowa W.: Allelopatia. Wyd. AR Poznań, 1998.

Adres do korespondencji:

*dr Anna Jezierska-Domaradzka*  
*Ogród Roślin Leczniczych*  
*Akademia Medyczna*  
*al. Kochanowskiego 12*  
*51-601 Wrocław*  
*tel. 071 348 28 29*  
*fax 071 347 90 67*  
e-mail: [annajd@ogrod.am.wroc.pl](mailto:annajd@ogrod.am.wroc.pl)