

Alelopatija - kemijski ratovi u biljnom carstvu

Prof. dr. sc. Vladimir Vukadinović

Novija istraživanja pokazuju kako se u različitim stresnim uvjetima biljke često brane od drugih biljaka i živih organizama *alelopatijom*. Alelopatske supstance su uglavnom sekundarni metaboliti (npr. *cinamična* i *hidroksicinamična kiselina*, *salicilna kiselina*, *terpeni*, *fenoli*, *amini*, *kumarini*, *jugloni*, *leptospermoni*, *benzojeva kiselina*, derivati *apscizinske kiseline*, *kafeinska kiselina*, *ferulična kiselina* itd.), veoma su brojni te se mogu smatrati *biokomunikatorima* jer reguliraju međusobne odnose. Izlučuju ih različiti biljni organi (korijen, stabljika, lišće, sjemenke i dr.) s ciljem sprječavanja susjednih biljaka (*alelopatski toksini*), kao i drugih organizama, da koriste resurse ekosustava kao što su svjetlost, voda, prostor i hraniva i tako povećaju preživljavanje nepovoljnih uvjeta, a na njihovu produkciju jako utječu okolišni uvjeti, posebice temperatura, svjetlost, vlažnost tla ili status ishranjenosti biljke.

Alelopatija se javlja između različitih vrsta „divljih“ i „kulturnih“ biljaka, ali postoji i u odnosu prema mikroorganizmima. Na alelopatske odnose između donora i akceptora ovih tvari utječe niz biotskih i abiotskih čimbenika koji reguliraju način i intenzitet njihovog djelovanja. Međusobni utjecaj biljaka putem izlučivanja navedenih tvari može biti izražen kroz *stimulaciju* (*pozitivna alelopatija*), *inhibiciju*, pa čak i *letalno djelovanje* (*negativna alelopatija*). Alelopatske supstance važan su dio biljne obrane od herbivora (biljojeda). Također, djelovanje alelopatskih kemijskih supstanci mijenja karakter i intenzitet fiziološko-biokemijskih procesa u biljkama, kao što su klijanje, rast, mineralna ishrana, fotosinteza i disanje.

Alelopatija je karakteristična za određene biljke, alge, bakterije, koralje i gljivice, a *alelopatske interakcije* važan su čimbenik u određivanju raspodjele i obilje vrsta unutar biljnih zajednica i smatra se da su važni u uspjehu mnogih invazivnih biljaka. Međutim, procesi kojima biljke stječu više svjetla, vode ili hranjivih tvari iz okoline bez ikakvog kemijskog djelovanja, nije *negativna alelopatija* već konkurentnost u natjecanju (*kompeticija*) za resurse, premda oba procesa mogu djelovati zajedno.

[Značaj alelopatije](#) može se promatrati sa stanovišta kruženja fiziološki aktivnih tvari u prirodi. U tom kruženju uočavaju se tri faze:

- sinteza specifičnih kemijskih supstanci u biljci i izlučivanje u vanjsku sredinu korijenom ili drugim biljnim organima (biljke također mogu izlučivati određene intermedijere, odnosno prekursore za određene aktivne tvari čija se sinteza odvija u vanjskoj sredini)
- nakupljanje, transformacija i kemijska reakcija izlučenih supstanci s različitim komponentama u vanjskoj sredini u što se ubrajaju metaboliti mikroorganizama kao i heterotrofnih organizama
- usvajanje izlučenih ili nastalih aktivnih tvari od strane istih ili drugih biljaka i njihovo fiziološko djelovanje.

Još uvijek je nedovoljno poznat mehanizam sinteze i djelovanja alelopatskih supstanci, kao i mogućnosti praktičnog korištenja ove pojave pa su [istraživanja u tom pravcu danas sve češća](#). Ovi nusproizvodi metabolizma uglavnom pripadaju organskim kiselinama, aminokiselinama, alkoholima, fenolnim spojevima, nukleotidima, terpenima, steroidima, kumarinima i dr. Izlučuju se u obliku para, plinova i vodotopljivih komponenti iz korijena i nadzemnih dijelova, a osim na biljke i mikroorganizme, djeluju i na životinje i čovjeka.

Alelopatija je čest biološki fenomen i poznato je puno primjera alelopatskih odnosa. Tako orah izlučuje *juglon* koji inhibira rast lucerne, rajčice i krumpira, a u korijenu zobi sintetizira se *skopoletin*, inhibitor fotosinteze suncokreta, duhana i drugih biljaka dok krizanteme izlučuju fenolni spoj koji u tlu ometa rast drugih krizantema, odnosno iste biljne vrste.

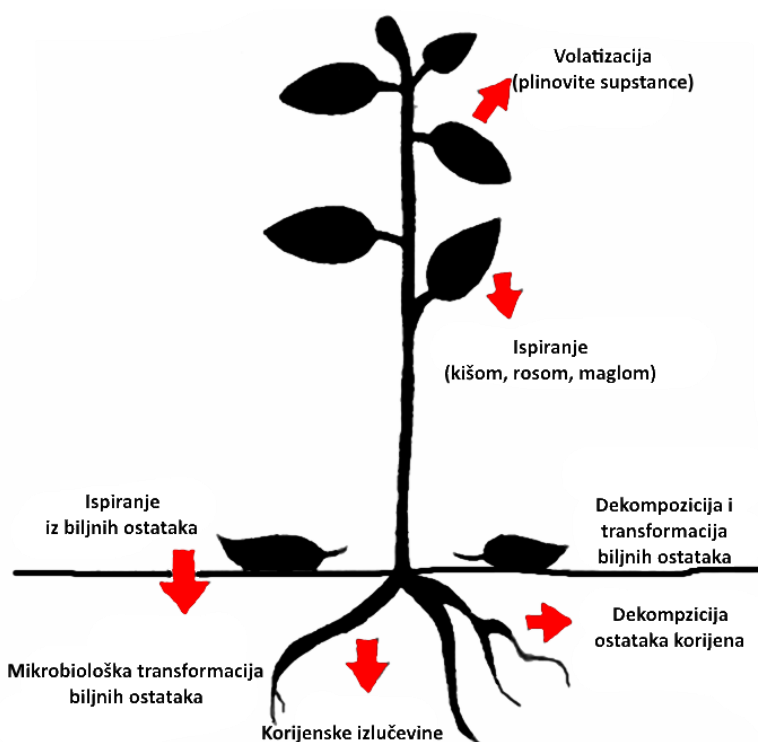
[Klasifikacija kemijskih tvari koje sudjeluju u alelopatskim odnosima:](#)

- **antibiotici** - inhibitori u međudodnosima mikroorganizama
- **fitoncidi** - izlučevine viših biljaka koje djeluju na mikroorganizme
- **marazmini** - izdvajaju ih mikroorganizmi i djeluju na više biljke
- **kolini** - kemijski inhibitori viših biljaka koji djeluju na više biljke.

U biljnoj proizvodnji pojedini usjevi, posebno pokrovni, imaju izraženo alelopatsko djelovanje te se označavaju i kao [alelopatski usjevi](#) (npr. raž, sirak, gorušica, sudanska trava i dr.) koji, osim upotrebe kao zeleno gnojivo (sideracija), sprječavaju rast korova (ili prethodnog usjeva), dakle djeluju herbicidno, nematocidno, insekticidno, fungicidno i dr.

Većina alelopatskih biljaka akumulira alelopatske supstance u lišću te nakon njegovog odbacivanja na kraju vegetacije i razgradnje u tlu, alelokemikalije djeluju preko korijena na obližnje biljke. Međutim, postoje i alelopatske biljke koje otpuštaju svoje toksine iz korijena (Slika 1.).

[Alelopatski potencijal suncokreta](#) (*Helianthus annuus L.*) može se koristiti za suzbijanje korova u suncokretu i drugim usjevima. Ostaci suncokreta posjeduju jaku alelopatsku aktivnost jer sadrže *terpene* i *fenolne spojeve* i izvrsni su za suzbijanje korova, zaoravanjem ili u vidu malča (rasprostiranje na površini tla). Također, poznato je da raž kao pretkultura, naročito kao živi malč (npr.



Slika 1. Izvori alelopatskih supstanci

povaljana raž u vlatanju) može bitno reducirati pojavu korova, ali može i smanjiti prinosa narednog usjeva. [Razlozi ne moraju biti samo alelopatska inhibicija](#) već može doći do dušične depresije ili prijenosa patogena u vlažnim uvjetima (tzv. „zeleni most“). Kod usjeva čije je sjeme krupno, npr. kukuruz, kao i kod dublje sjetve, takav alelopatski utjecaj je znatno manji.

Budući da biljke ne mogu vidjeti niti čuti svoje rođake, ali ih mogu prepoznati koristeći kemijske signale izlučene iz korijena. Naime, 2007. god. [kanadski istraživači su otkrili su da jedna morska biljka može prepoznati bliske rođake](#) uzgojene iz sjemena iste biljke ili majke i ne natječu se međusobno na resurse. Međutim, u okruženju „stranaca“ vrlo brzo dolazi do kompeticije te su takve biljke imale veće bočno korijenje korijena. Nadalje, kada „sestrinske biljke“ rastu jedna pored druge, njihovi listovi često će se dodirnuti i isprepletati, dok uz „strance“ rastu uspravno i izbjegavaju dodire. Slijedeći korak u istraživanju je kako bi „sestrinske biljke“ reagiraju u monokulturi, npr. kukuruza, jesu li one osjetljive na patogen i kako mogu preživjeti bez konkurencije? Od takvih i sličnih istraživanja očekuju se praktični odgovori, npr. koje vrste u vrtu mogu biti u susjedstvu.

Alelopatske kemikalije već su uspješno korištene za obranu usjeva od kukaca, nematoda i bolesti kao i u kontroli korova te mogu omogućiti pronalaženjem spojeva koji inhibiraju klijavost sjemena, inhibiraju rast biljaka ili [sprječavaju proizvodnju progagula](#) (npr. sjemenki, spora i sl.). Alelopatski odnosi uključeni su praktično u svaki aspekt biljnog života pa inteligentno iskorištavanje tih procesa može biti veoma važno za biljnu proizvodnju. Takav pristup uključuje pravilnu rotaciju usjeva, konkurentne i alelopatske sorte,

pokrovne usjeve, adekvatnu obradu tla, korištenje mrtvog i živog malča itd., pa alelopatske interakcije između biljaka i drugih organizama mogu biti iskorištene kao alternativa herbicidima, insekticidima, nematocidima, odnosno za kontrolu korova, bolesti i insekata.

Pokrovni usjevi imaju izrazito jak utjecaj na kontrolu korova i to na više načina:

- 1) **Izravno natjecanje** - kompeticija s korovima, odnosno natjecanje za svjetlost, vodu i hraniva:
 - a) Snažan, brzo rastući pokrovni usjev može smanjiti rast korova za 80 – 100 %
 - b) Međuusjevi unutar širokorednog usjeva u proljeće može pokriti tlo u roku od dva ili tri tjedna i spriječiti rast korova
 - c) Ljetne ili zimske godišnje trave poput sudanske trave, zobi, raž i pšenica imaju guste, vlaknaste korijenske sustave koji ostavljaju malo vode i hraniva korovima
 - d) Veoma su uspješne kombinacije trava s leguminozama
- 2) **Alelopatija** - oslobađanje tvari koje inhibiraju rast biljaka
 - a) Aktivne alelopatske tvari dovoljno su snažne da se mogu smatrati prirodnim herbicidima i imaju jak utjecaj na klijanje sjemena, sadnica i rast mladih biljaka
 - b) Alelopatički učinci dovoljno su jaki da značajno pridonose kontroli korova u poljskim uvjetima
 - c) Pokrovni usjevi iz porodice *Brassicaceae* (kupusnjače, npr. repice, gorušice i rotkvice) sadrže *glukozinolate* koji se nakon razgradnje u tlu transformiraju u snažne nestabilne alelokemijske tvari tzv. *izotiocijanate* koji snažno inhibiraju rast korova
 - d) Budući da svaka pojedina biljna vrsta daje jedinstvenu kombinaciju potencijalno alelopatičkih tvari, može biti osjetljiva na neke alelokemikalije, dok je na druge tolerantna pa su alelopatske interakcije često vrste specifične i selektivne. Zapravo, sve biljke ispuštaju različite tvari koje mogu utjecati na rast drugih biljaka.
- 3) **Blokiranje klijanja korova**
 - a) Biljke raspoznaju kvalitetu i duljinu osvjetljenja [fitokromnim pigmentima](#), a intenzitet osvjetljenja klorofilom koji u zelenom lišću apsorbira većinu crvene svjetlosti pa pokrovni usjev radikalno mijenja svjetlosni režim na površini tla
 - b) Promjena mikrobiološke populacije također može bitno utjecati na rast korova . Naime, svaka biljna vrsta izlučuje korijenom karakterističnu mješavinu tvari (ugljikohidrata, aminokiselina, organskih kiselina itd.) mikrobiološke hrane koja podržava specifičnu mikrofloru (zajednicu gljivica, bakterija, protozoa i drugih mikroorganizama) u rizosferi.
 - c) Napokon, pokrovni usjev može biti zaoran, usitnjen, povaljan ili drugačije uklonjen, a ostaci mogu suzbiti pojavu korova fizičkim sprječavanjem pojave klijanaca (npr. malč), mogu otpuštati alelopatske tvari tijekom razgradnje, poticati razvoj gljivica koje su patogene za korove ili [biološki vezati dušik \(dušična depresija\) jer biljni ostaci uglavnom imaju širok C/N omjer.](#)

U Osijeku, 9. studenog 2017. god.