

Alelopatija

Milošić, Anita

Undergraduate thesis / Završni rad

2012

Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj: **University of Zagreb, Faculty of Science / Sveučilište u Zagrebu, Prirodoslovno-matematički fakultet**

Permanent link / Trajna poveznica: <https://urn.nsk.hr/um:nbn:hr:217:581697>

Rights / Prava: [In copyright / Zaštićeno autorskim pravom.](#)

Download date / Datum preuzimanja: **2024-04-20**



Repository / Repozitorij:

[Repository of the Faculty of Science - University of Zagreb](#)



**SVEU ILIŠTE U ZAGREBU
PRIRODOSLOVNO – MATEMATI KI FAKULTET
BIOLOŠKI ODSJEK**

**ALELOPATIJA
ALLELOPATHY**

SEMINARSKI RAD

**Anita Miloši
Preddiplomski studij molekularne biologije
(Undergraduate Study of Molecular Biology)**

Mentor: prof. dr. sc. Branka Pevalek-Kozlina

Zagreb, 2012.

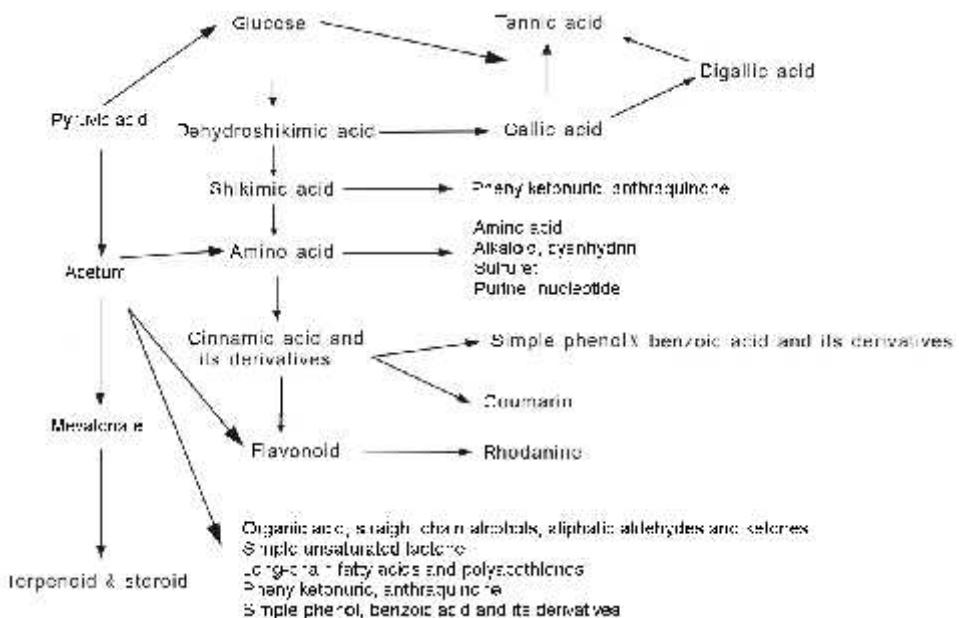
SADRŽAJ

1. UVOD	3
2. POVIJEST ALELOPATIJE	5
3. FENOLI – SEKUNDARNI METABOLITI KAO NAJ EŠE ALELOKEMIKALIJE	6
4. PRIMJERI ALELOPATIJE	10
4.1. Alelopatija kao mehanizam invazije <i>Typha angustifolia</i>	10
4.2. Alelokemikalije ispuštene iz biljaka riže (<i>Oryza sativa</i>)	11
4.3. Alelopatska svojstva crnog oraha (<i>Juglans nigra</i>)	12
5. EKOLOŠKI POGLED NA ALELOPATIJU	15
6. ZAKLJUČAK	18
7. SAŽETAK	19
8. SUMMARY	20
9. LITERATURA	21

1. UVOD

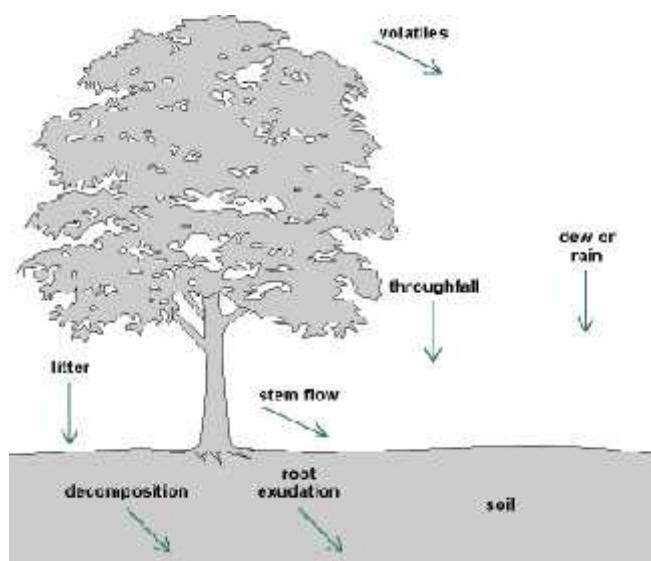
Alelopatija je biološki fenomen kada organizam sintetizira i izlu uje spojeve koji djeluju na druge organizme koji se nalaze u okolini, na na in da utje u na rast, preživljjenje ili reprodukciju drugog organizma (mijenjaju i fiziološko-biokemijske procese), bilo pozitivno ili negativno. Alelopatija je karakteristi na za alge, mikroorganizme, koralje, gljive, ali naj eš e se veže uz biljke, o emu e i biti rije u ovom radu. Takvi biološki spojevi nazvani su alelokemikalije. One predstavljaju skup sekundarnih metabolita koje biljka stvara; to su spojevi, koji za razliku od primarnih metabolita, nisu uklju eni u rast i razvoj biljke, ve nastaju sekundarnim reakcijama iz primarnih metabolita. Na temelju razli ite strukture i svojstava, alelokemikalije možemo podijeliti u sljede e kategorije: a) organske kiseline topive u vodi, nerazgranati alkoholi, alifatski aldehydi i ketoni, b) jednostavnvi nezasi eni laktoni, c) dugolan ane masne kiseline i poliacetileni, d) kvinini (benzokvinon, antrakvinon i složeni kvinini), e) fenoli, f) cimetna kiselina i njeni derivati, g) kumarini, h) flavonoidi, i) tanini, j) steroidi i terpeni. [Zhao-Lui, 2010]. Na Slici 1. prikazan je biosintetski put ve ine alelopatskih tvari .

Alelopatske tvari mogu se nalaziti u mnogim dijelovima biljke, uklju uju i korijen, listove, cvjet, sjemenke, meristeme. U okoliš mogu biti ispuštene na nekoliko na ina: izlu ivanjem kroz žlijezde na korijenu, truljenjem otpalog liš a ili uginulog korijenja, ispiranjem iz listova kišom ili maglom, hlapljenjem u zrak odakle dospijevaju u tlo (Slika 2.).



Slika 1. Biosintetski put nekih alelokemikalija [Zhao-Lui, 2010].

Alelopatija, zapravo, predstavlja jedan od na ina kako neke biljke preživljavaju u prirodi, reduciraju i kompeticiju drugih biljaka koje su u blizini. Izloženost osjetljive biljke aleokemikalijama može dovesti do nekih promjena u procesima rasta, razvoja i germinacije, tj. reproduktivnog ciklusa. Konkretno, vidljive morfološke promjene odnose se na inhibirani ili usporeni razvoj sjemenki, zatim u inci na produživanje koleoptile te razvitak korijena i izdanka. Inhibicija rasta biljaka koje se nalaze u blizini oituje se u inhibiciji klijanja sjemenki, primanju iona te inhibiciji stani nih dioba.



Slika 2. Ispuštanje alelopatskih tvari u okoliš
(<http://accessscience.com>)

2. POVIJEST ALELOPATIJE

Ljudi su primje ivali da neke biljke mogu imati negativan utjecaj na druge još davno prije negoli je termin alelopatija uveden u uporabu. Rije alelopatija , koja dolazi od dviju gr kih rije i, *allelon-* jedan drugoga i *pathos-* patiti, prvi je upotrijebio austrijski profesor Hans Molisch (Slika 3.) 1937. godine u knjizi *Der Einfluss einer Pflanze auf die andere - Allelopathie*. Molisch je koristio tu rije kako bi opisao inhibiraju i utjecaj jedne biljke, putem biokemijskih interakcija, na rast susjedne biljke. Whittaker i Feeny su 1971. objavili lanak u asopisu *Science* u kojem su definirali alelokemijske reakcije kao sve kemijske interakcije izme u organizama. Elroy Leon Rice je 1984. godine proširio definiciju o alelopatiji uklju ivši u nju sve izravne pozitivne ili negativne u inke biljke na drugu biljku ili mikroorganizam, osloba anjem biokemikalija u okoliš. International Homeopathy Society 1996.godine iznijelo je još jednu definiciju koja kaže da je alelopatija svaki proces koji uklju uje sekundarne metabolite (nastale kao produkt iz biljaka, algi, bakterija i gljiva), a utje e na rast i razvoj biološkog i agrokulturnog sustava. Još ve a zbrka nastala je oko tog pojma jer su zoolozi posudili taj termin kako bi opisali kemijske interakcije izme u beskralješnjaka, npr. koralja i spužvi. Alelopatija nije univerzalno prihva ena me u ekolozima jer neki tvrde kako se ona ne može razlikovati od kompeticije. (Kompeticija je negativan odnos me u organizmima koji rezultira korištenjem zajedni kog, ograni enog resursa, npr. hrane, prostora). ak neki autori tvrde kako je alelopatija jedan tip biljne kompeticije [Jarchow, 2009.].

Meni se osobno najviše svidjela definicija alelopatije koja glasi: Alelopatija je izravan negativan utjecaj jednog organizma na drugi, kao posljedica ispuštanja odre enih tvari u okoliš.



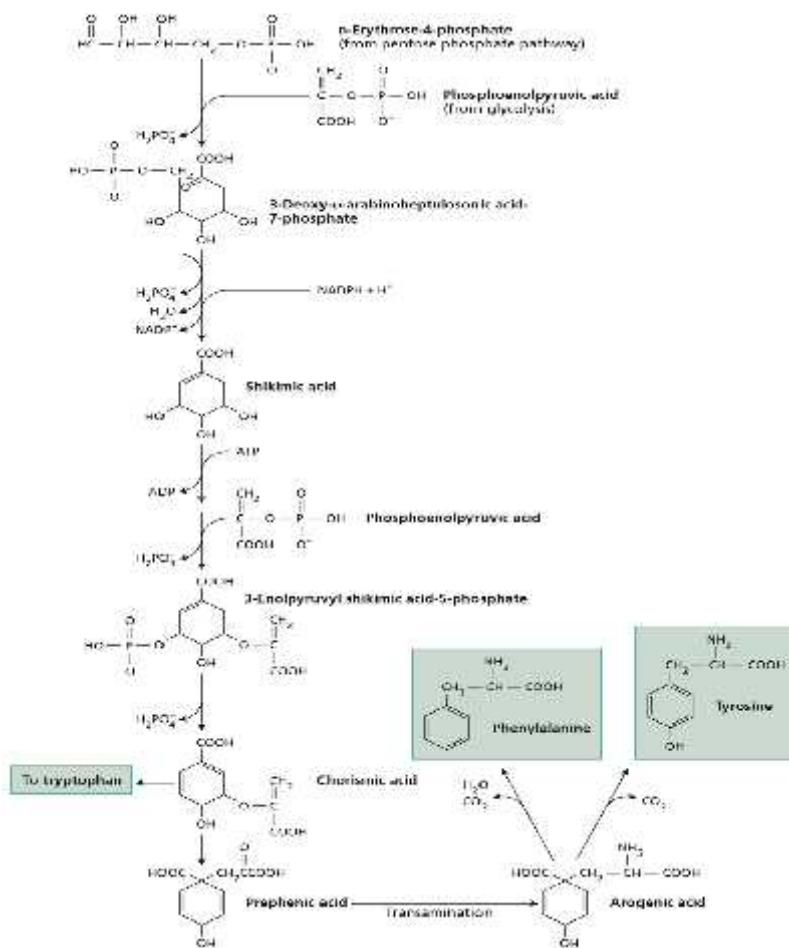
Slika 3. Hans Molisch (<http://www.nationaalherbarium.nl>)

3. FENOLI – SEKUNDARNI METABOLITI KAO NAJ EŠE ALELOKEMIKALIJE

Kao što je u uvodu spomenuto, većina alelokemikalija zapravo su sekundarni metaboliti, odnosno produkti biljaka koje ona ne koristi za rast i razvoj. Unutar sekundarnih metabolita fenoli su najčešći spojevi koji imaju svojstvo alelopatije. Dva su biosintetska puta kojima nastaju fenolni spojevi: šikimatski put (najstaje većina fenola, Slika 4.) i malonatni put (manji znani za biljke, uglavnom nastaju fenoli u gljiva i bakterija). Ovi spojevi sadrže fenolnu skupinu; hidroksilnu (-OH) funkcionalnu skupinu na aromatskom prstenu. Fenoli su kemijski heterogena skupina, razlikujemo fenole topive samo u organskim otapalima, topive u vodi (glikozidi i karboksilne kiseline) i netopive polimere (npr. lignin).

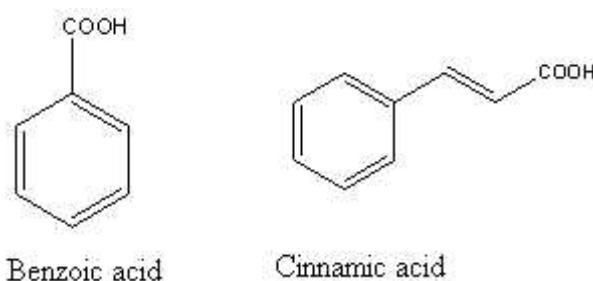
Osim uloge da inhibira rast susjednih biljaka, fenoli imaju i druge uloge u biljkama kao što su obrana od biljojeda i patogenih organizama, mehanička potpora, privlačenje oprašivača i rasprostranjuvanje plodova, zaštita od UV-zračenja i dr.

U kontekstu alelopatije sam izraz „fenolni spojevi“ zapravo imao labavo značenje, ali općenito se pod istim smatra sljedeći niz spojeva: jednostavniji aromatski fenoli, hidroksi i supstituirane benzojeve kiseline i aldehidi, hidroksi i supstituirane cimetne kiseline, kumarini, tanini i poneki flavonoidi. U tlu fenoli se mogu nalaziti u tri oblika: slobodnom, reverzibilno vezanom i vezanom obliku. *Orto*-supstituirane fenole kao što su salicilna i o-kumarinska kiselina, i dihidro-supstituirane fenole kao što su protokatehinska i kavina kiselina, apsorbiraju minerali gline formirajući helatne komplekse s metalima. Slobodni fenolni spojevi mogu se akumulirati u rizosferi tla, posebno u tlama natopljenima vodom koja je bogata biljnim otpadima, što utječe na akumulaciju i dostupnost hranjivih tvari u tlu, i brzinu kruženja hranjivih tvari, koji tako u koncu nici ne utječe na rast biljaka.



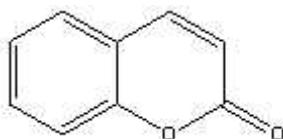
Slika 4. Šikimatski put sinteze aromatskih aminokiselina (<http://5e.plantphys.net>)

Potrebno je napisati nešto o alelopatijskim mehanizmima fenola. Naime, fenoli, između ostalog, utječu na promjenu propusnosti membrane i mogu dovesti do povećanja propusnosti. Tako da utječu na unos hranjivih tvari, tj. inhibiraju njihov unos hranjivih tvari u biljku iz okoliša te utječu na normalan rast biljke. Pokusom kojim je biljka krastavac (*Cucumis sativus*) tretirana 7 dana benzojevom kiselom i derivatima cimetne kiseline (Slika 5.), dobiveni su rezultati koji pokazuju da su opadanje u fenolnoj glikozilaciji i smanjenje aktivnosti fenil-β-glukoziltransferaze (PGT) povezani s povećanjem permeabilnosti membrane [Zhao-Lui, 2010].



Slika 5. Fenoli korišteni u pokusu s krastavcem [Zhao-Lui, 2010].

Nadalje, fenolni spojevi inhibiraju stani ne diobe, produžavanje korijena i mijenjaju submikroskopske strukture u stanici, što za posljedicu ima nenormalan rast i razvoj cijele biljke. Zelena salata (*Lactuca sativa*) korištena je u pokusu gdje je bila tretirana fenolom kumarinom (Slika 6). Rezultati su pokazali razlike u inke kumarina - značajno inhibira produživanje korijena, povećava debljinu stani ne stijenke, smanjuje količinu Golgijeva tijela i reducira staničnu aktivnost.



Coumarin

Slika 6. Kumarin, korišten u pokusu sa zelenom salatom [Zhao-Lui, 2010].

Fenolne alelokemikalije utječu i na procese fotosinteze i staničnog disanja. Vezano za proces fotosinteze, taj uticaj očituje se u smanjenju količine klorofila i smanjenoj stopi fotosinteze. Što se tiče pak staničnog disanja (respiracije), u inak fenola uključuje slabljenje apsorpcije kisika. Pokusi izvedeni na ovu temu pokazuju da koncentracije od 10–30 µmol/L kumarina, kavine kiseline, ferulične kiseline, cimetne kiseline i vaniliane kiseline znajučajno inhibiraju rast soje (*Glycine max*), a fotosintetski produkti i sadržaj klorofila su snažno reducirani. Druga studija, gdje su sjemenke krastavca inkubirane u otopini koja sadrži derivate benzojeve i cimetne kiseline, pokazuje smanjenje transpiracije listova i provodljivosti parne i te smanjenje unutarstanične koncentracije CO₂.

Daljnji uticaji fenola očituju se u različitim enzimskim funkcijama i aktivnostima. Određeni fenoli imaju inhibitornu ulogu, ali i stimulativnu. Na temelju prijašnjih provedenih ispitivanja demonstrirani su sljedeći uticaji fenola kao alelokemikalija: klorogenična kiselina, kavina kiselina i katehol inhibirajuće djeluju na aktivnost fosforilaza; cimetna kiselina i njeni derivati mogu inhibirati hidrolitičku aktivnost ATPaze; tanini mogu inhibirati aktivnost peroksidaze, katalaze i celulaze. Neka novija istraživanja pokazuju i pozitivne učinke fenola, npr. tretiranjem peroksidaze s vanilinom kiselinom koncentracije 0,5mM, odnosno 1mM, učinkovitost se povećava za 18%, odnosno 47%.

Zapaženi su i uticaji fenola na redukciju i deaktivaciju fizioloških aktivnosti biljnih hormona. Određeni spojevi (hidroksilbenzojeva kiselina, polifenoli) uključujući su u proces

dekompozicije indol-octene kiseline (IAA) i giberelina. Neki fenoli (feruli na kiselina, cimetna kiselina) utje u i na sintezu proteina u biljaka, tj. mogu ju inhibirati.

Ono što je bitno jest injenica da su u zadnjih dvadesetak godina vrlo napredovale tehnike i metode izolacija ak i najmanjih koli ina alelopatskih fenola. Za detekciju i kvantifikaciju fenola koriste se metode poput teku e ekstrakcije u kombinaciji s plinovitom kromatografijom, planarna kromatografija, kromatografija u stupcu sa silika-gelom, kromatografija ionske izmjene, kapilarna elektroforeza.

4. PRIMJERI ALELOPATIJE

4.1. Alelopatija kao mehanizam invazije *Typha angustifolia*

Svjedoci smo kako je bioraznolikost u svijetu u opadanju. Upravo jedan od razloga je i invazija i premještanje egzoti nih vrsta, usitnjavanje i fragmentacija staništa i, naravno, negativna ljudska aktivnost. *Typha angustifolia* (uski poljski rogoz, Slika 7.) jedna je invazivna i egzoti na vrsta rogoza u Sjevernoj Americi koja esto stvara monokulture u poreme enim, ošte enim mo varama i invazivnija je od mnogih doma ih vrsta istog roda.

Ta vrsta ima alelopatski u inak, što je pokazano pokusom u kojem je *T. angustifolia* posa ena zajedno s autohtonom biljkom *Bolboschoenus fluviatilis* (rije na trska) u zemlju s i bez aktivnog ugljena (aktivni ugljen veže na sebe neke sekundarne metabolite koji mogu inhibirati rast biljke) te su kvantitativno i kvalitativno odre eni fenolni produkti nastali u korijenu rogoza. Zapažen je jaki alelopatijski u inak *T. angustifolia* na *B. fluviatilis* što se vidjelo po smanjenju dužine najve eg lista, korijena i izdanka te sveukupnoj biomasi *B. fluviatilis* [Jarchow, 2009.]. Pokusom je paralelno ispitano da li vrsta *T. angustifolia* proizvodi iste ili razli ite alelopatske tvari kao i doma a vrsta rogoza *Typha latifolia* i u kojoj koli ini. Dobiveni rezultati pokazuju kako obje vrste proizvode razli ite fenolne produkte, ali u približno istoj koli ini. Iz toga možemo djelomi no zaklju iti kako alelopatija, odnosno alelokemikalije mogu biti specifi ne za pojedinu vrstu [Jarchow, 2009.]. U korijenu *T. latifolia* dominantan fenol je hidroksicimetna kiselina, dok u korijenu *T. angustifolia* nijedan fenol nije dominirao. Što se ti e aktivnog i neaktivnog ugljena, rezultati su pokazali kako nema statisti ki zna ajne razlike u utjecaju na rast korijena, izdanka niti ukupne biomase na obje biljke (*T. angustifolia* i *B. fluviatilis*). Kao zaklju ak može se re i da *T. angustifolia* proizvodi i koristi razli ite alelokemikalije od doma e istovrsne biljke te na taj na in stvara vlastiti mehanizam invazije.



Slika 7. *Typha angustifolia* (<http://vitalsignsme.org>)

4.2. Alelokemikalije ispuštene iz biljaka riže (*Oryza sativa*)

Biljke riže posebno su prou avane u kontekstu alelopatije zbog njenog doprinosa u borbi protiv korova. Alelopatska svojstva riže razli ita su i s obzirom na porijeklo, japanska riže je više alelopatska nego indijska ili hibrid japansko-indijske. Veliki broj razli itih vrsta riže uzgajan je i u polju i u laboratorijskim uvjetima zajedno s drugim biljkama te je uo ena njena inhibitorna aktivnost na rast susjednih biljaka. U samim ekstraktima riže identificirano je mnogo sekundarnih metabolita, fenola, masnih kiselina, terpena, indola. Ta saznanja potaknula su i ohrabrla istraživanja na riži kojima se htjelo doznati da li te spojeve ispuštaju samo žive biljke riže ili neke tvari potje u i iz izlu evina korijenja i raspadnutih ostataka biljke.

Prve spoznaje o alelopatskom u inku riže potekle su prilikom pregledavanja polja riže u Arkansasu, SAD, gdje je uo eno da je 191 od 5000 biljaka riže inhibirala rast vrste *Heteranthera limosa*. Nakon toga zabilježeni su još mnogi takvi i sli ni u inci riže diljem SAD-a te u Egiptu. Alelopatski potencijal riže istražen je pokusom u kojem su sjemenke osam sorti riže uzgajane u petrijevim posudama u laboratorijski kontroliranim uvjetima, a za pokus odabrane su tri test-biljke: lucerna (*Medicago sativa*), grbaštica (*Lepidium sativum*) i zelena salata (*Lactuca sativa*) zbog svog poznatog ponašanja tijekom klijanja. Pokus je pokazao da sjemenke svih testiranih sorti riže prilikom svog ranog razvoja inhibiraju rast korijena, izdanka i svježu masu test-biljaka [Hisashi, 2008].

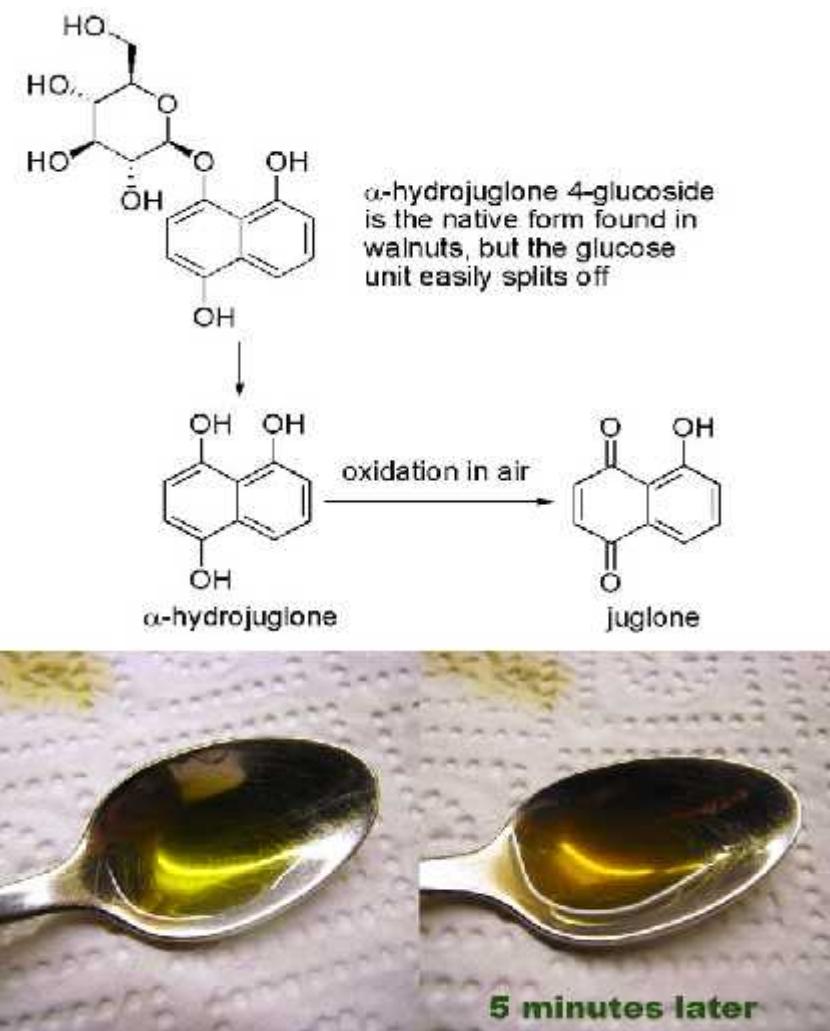
Iako su sekundarni metaboliti prisutni u svim biljnim tkivima, samo oni spojevi koji budu kona no ispušteni u okoliš i inhibiraju druge biljke, imaju alelokemijska svojstva. Tako er je bitno spomenuti kako su za sva alelopatska istraživanja biološki zna ajniji spojevi iz izlu evina korijena, negoli spojevi u samom biljnom tkivu. Štoviše, pokazano je kako nema zna ajne povezanosti izme u razine inhibiraju ih tvari u biljci i njihove razine u izlu evinama korijenja [Hisashi, 2008].

I u ekstraktima raspadnutih ostataka riže utvr ena je prisutnost razli itih fenolnih kiselina, 2-hidroksifeniloctena kiselina, 4-hidroksibenzojeva kiselina, vanilina kiselina, *p*-kumarinska kiselina i feruli na kiselina. ak je 13 razli itih fenolnih kiselina izolirano iz stabiljike riže, a u najve oj koli ini izolirana je *p*-kumarinska kiselina, me utim, sumnjalo se da su fenoli zapravo uklju eni u rižina alelopatska svojstva jer koli ina fenola prona ena u tlu na kojem je uzgajana riže nije dovoljna da bi uzrokovala fitotoksi an efekt.

Rezultati jednog pokusa pokazali su da je u vodi dobivenoj iz tla u kojem su 48 sati inkubirane riža s alelopatskim svojstvima i nealelopatskim svojstvima, utvrđena prisutnost nekoliko fenolnih kiselina i masnih kiselina. U vodi dobivenoj iz tla gdje je bila inkubirana samo riža s alelopatskim svojstvima bila je prisutna veća koncentracija 4-hidroksibenzaldehida, 4-hidroksibenzojeve kiseline, 3-hidroksibenzojeve kiseline i *p*-kumarinska kiseline. Temeljeno na ovom i slijednim eksperimentima predloženo je kako su upravo fenoli ispušteni iz korijena žive riže povezani s alelopatskim učinkom riže pri uništavanju korova. Fenolne kiseline su fitotoksi ne za mnoge biljke u koncentracijama većim od 1mM [Hisashi, 2008]. Ipak, uzimajući u obzir inhibitornu aktivnost fenola, ak i da su sve fenolne kiseline fitotoksi ne kao 4-hidroksibenzojeva kiselina, zaključeno je da razina fenola ispuštenih iz riže nije dovoljan uzrok inhibicije rasta susjednih biljaka.

4.3. Alelopatska svojstva crnog oraha (*Juglans nigra*)

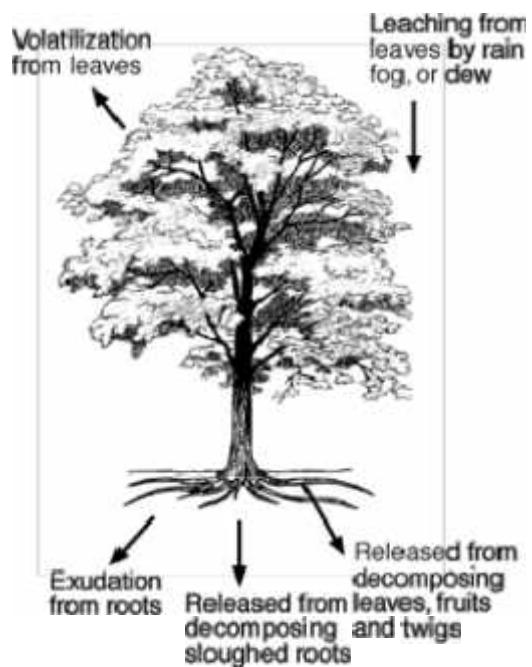
Sama alelopatija igra važnu ulogu u šumskim ekosustavima, utječe na sastav i rast vegetacije i na neki način postavlja, tj. omogućuje obrasce šumske regeneracije. Odavno je poznato kako biljke posade u blizini crnog oraha požute, uvenu ili uginu. Crni orah proizvodi glikozidno vezanu, netoksičnu, bezbojnu tvar hidrojuglon. On se nalazi u lišću, korijenu, ljkuskama i kori crnog oraha. Kada hidrojuglon dođe u doticaj sa spojevima u zraku ili tlu, pretvara se u toksični, alelopatski spoj juglon (5-hidroksi-*n*-naftakinon). Na Slici 8. prikazane su strukturne formule hidrojuglona i juglona te proces oksidacije. Juglon je prisutan u svim dijelovima crnog oraha, ali najkoncentriraniji je u pupoljcima, izdancima i deblu oraha. Juglon na mnoge načine može biti ispušten u okoliš (Slika 9.). Može isparavati iz listova, može biti ispran sa listova kišom ili maglom. Može biti ispušten iz strunulog korijena, listova, plodova ili granica, ili pak putem izljevanja iz korijena. Simptomi alelopatskog učinka uključuju venu, žuženje, klorozu lista ili smrt dijela ili cijele biljke. Juglon potiče stvaranje kalusa u ksilemu, što dovodi do venu i vršnog izdanka, odnosno nepovratnog venu i cijele biljke. Juglon inhibira i pojedine enzime koji sudjeluju u metabolizmu, posebice u respiraciji. Spriječava klijanje sjemenki i rast biljaka na udaljenosti 15 do 18 m od stabla oraha. Solanaceae (pomoćnice), npr. rajčica, papar, patlidžan najosjetljivije su i najugroženije biljke od djelovanja juglona. Ipak, mnoge zeljaste i drvenaste biljke otporne su na djelovanje juglona, npr. neke vrste javora, breze i bukve, mrkva, kukuruz, višnja i dr.



Slika 8. Oksidacija netoksi nog hidrojuglona u toksi ni juglon (<http://blog.khymos.org>)

Juglon je slabo topiv u vodi i zbog toga se ne širi brzo u tlu. Toksinost je utvrđena u svim tlima u kojima je prisutno korijenje crnog oraha, s time da je najtoksi nije upravo ono područje ispod samog stabla. Iako je slabo topiv u vodi, male koncentracije juglona mogu biti dovoljne da naštete osjetljivim biljkama.

Akumulacija toksina u tlu ovisi o tipu tla, odvodnji, prozračnosti, temperaturi i djelovanju mikroorganizama. Mikroorganizmi u tlu koriste alelokemikalije kao izvor energije te njihovom metabolizmu razgradnjom mogu proizvesti kemikalije koje nisu otrovne za biljke. Kada je tlo dobro isušeno i prozračno, populacija aerobnih mikroorganizama može ubrzati taj proces. Za razliku od vlažnog, slabo prozračnog tla kakvo nalazimo u mnogim urbanim prostorima, koje ne dopravlja rast mikroorganizama te samim time tlo oskudjeva organskim tvarima, povećavajući je i rizik oštećenja biljaka posetnih u blizini oraha. Toxini radije prijenaju na organsku tvar nego da ih biljka apsorbira.



Slika 9. Načini ispuštanja juglona u okoliš (<http://pubs.ext.vt.edu>)

5. EKOLOŠKI POGLED NA ALELOPATIJU

Alelopatija je važna s agronomskog gledišta jer se neke alelopatske biljke, a to su najčešće usjevi, koriste kao „prirodni herbicidi“. Istraživanja alelopatije pružaju perspektivu da se smanji uporaba tradicionalnih herbicida ako se rast korova uspije staviti pod nadzor koriste i kemikalije ispuštene iz usjeva. „Kontroliranje“ korova alelopatijom naravno da ima prednost nad tradicionalnih herbicidima što se tiče utjecaja na okoliš, bilo da se radi o prirodnim herbicidima ili alelopatskim spojevima ispuštenim iz živih biljaka usjeva ili raspadnutih dijelova biljke. Razlozi zašto su prirodni herbicidi prikladniji nego tradicionalni leže u tome što su ovi prvi vjerojatno biorazgradivi i manje štetni za okoliš, ali naravno da neki alelopatski spojevi mogu biti i toksični pa se u vezi toga provode brojna ekotoksikološka istraživanja.

Ako izuzmemo u inak na ciljne korove, moramo razmotriti i da li alelokemikalije pogauju i ne-ciljne organizme i da li takva biljka sama po sebi štetno djeluje na uザgajano polje ili prirodne sredine.

Rezultati eksperimenata iz laboratorija i na prirodnom staništu ukazuju na razlike, selektivne odgovore različitih biljaka na alelokemikalije. Nadalje, neke studije pokazale su kako su dvosupnice osjetljivije od jednosupnica. Zapravo, odgovor biljnih vrsta na alelokemikalije ne može se predvidjeti dok nije poznat točan način djelovanja određenog alelopatskog spoja. Znajuće sjemenki kao što su velika ili propusnost sjemene lopine mogu utjecati na unos i u inak alelokemikalija u sjemenkama. U testovima klijavosti pokazalo se da su vrste sa sitnjim, manjim sjemenkama jačije inhibirane od onih s većim sjemenkama pri jednakoj koncentraciji alelokemikalije.

Još jedan zanimljiv put djelovanja alelopatije na biljne vrste je inhibicija mikrobne simbioze kao što su mikoriza ili fiksacija dušika. U prirodnim uvjetima, sadnice crne smreke (*Picea mariana*) koje rastu u blizini grmlja alelopatske biljke *Kalmia angustifolia* imaju znajuće nižu razinu mikorize nego udaljenije sadnice. Prisutnost *K. angustifolia* reducira rast pojedinih dijelova sadnica, npr. granica, listova i debla te smanjuje koncentracije dušika i fosfora u listovima.

Spojevi ispušteni iz žive i herbicidom ubijene biljke *Elytrigia repens* (Slika 10.) navodno inhibiraju simbiozu između bakterija *Rhizobium* i nekih leguminoza, npr. djeteline. Laboratorijski nalazi pokazali su da spojevi iz *E. repens* specijalno inhibiraju formiranje kosmatog korijenja, a koje je potrebno za infekciju bakterijama. Reducira se stvaranje nodula

u leguminoznim biljkama. Spojevi koji inhibiraju rast kosmatog korijenja ne utje u na rast bakterija *Rhizobium*.



Slika 10. *Elytrigia repens* (<http://www.biolib.cz>)

Alelopatija pokazuje u inak na populaciju i na strukturu zajednice koji se o ituje u smanjenju broja i veličine populacije drugih vrsta, a to je upravo zbog toga što alelopatija za posljedicu ima smanjenje mogunosti kompeticije obližnjih vrsta. Dolazi i do promjena u varijaciji genotipova pogotonih biljnih populacija. Kao primjer navodim rajske stabla (*Ailanthus altissima*), koje su alelokemikalije odgovorne za promjene u zalihi gena susjednih biljnih vrsta.

Kao što sam navela u prethodnom poglavlju, alelopatija može biti korištena kao mehanizam invazije nekih biljaka kako bi se one uklopile u neki novi ekosistem. Osim spomenute biljke *Typha angustifolia*, kao agresivni kolonizatori poznate su *Elytrigia repens* i *Vulpia myuros* (Slika 11), zatim drvenasti korov *Lantana camara* (Slika 12) i dr.



Slika 11. *Vulpia myuros* (<http://luirig.altervista.org>)



Slika 12. *Lantana camara* (<http://gardensandplants.com>)

6. ZAKLJU AK

Ono sime se možemo složiti jest da su neke biljke zaista zanimljive zbog svoje sposobnosti inhibiranja rasta i razvoja susjednih biljaka. Osim biljaka, alelopatska svojstva mogu imati i alge, gljive, mikroorganizmi te koralji. Različiti sekundarni metaboliti (nusprodukti sekundarnih procesa u biljaka koje ona ne koristi za rast i razvoj) su upravo ti spojevi koji omogućuju alelopatsko djelovanje, među kojima fenoli zauzimaju glavno mjesto. Na temelju provedenih istraživanja može se dobiti do indicija da su neke alelokemikalije karakteristичne za pojedinu vrstu, npr. kod različitih vrsta rogoza.

Konačno možemo zaključiti kako je alelopatija zaista jedan način sredstva pojedinih biljaka koje posjeduju to svojstvo da se bolje i lakše uklope u određenu biljnu zajednicu, da si oslobođe prostor, da opstanu. Ipak, opisala bih da je alelopatija više negativan proces negoli pozitivan zbog injenice da alelopatski sposobna biljka smanjuje bioraznolikost na području na kojem ona raste. S agronomskog gledišta, fenomen aleopatije može uvelike biti koristan i vrlo dobra zamjena umjetnim herbicidima u borbi protiv korova.

Brojnost i raznolikost alelokemikalija ogromna je i mnogi se učinci još tek trebaju otkriti i utvrditi. Veliki broj istraživanja provodi se u ovom zanimljivom području, koja će omogućiti nove primjene u agronomiji, biljnoj tehnologiji, a smatram da je upravo molekularna biologija disciplina koja omogućuje detaljna istraživanja struktura i mehanizama alelokemikalija.

7. SAŽETAK

Alelopatija je biološki fenomen koji se odnosi na pozitivan i uglavnom negativan utjecaj organizma (najčešće biljaka) na rast i razvoj drugog organizma ispuštanjem alelokemikalija u okoliš. Biljna alelopatija je zapravo jedan od načina kako biljka preživljava u prirodi te smanjuje kompeticiju okolnih biljaka. Alelokemikalije su zapravo sekundarni metaboliti, spojevi koje biljka ne koristi za svoj metabolizam, već su to nusprodukti. Među svim sekundarnim metabolitima, fenoli su najčešći alelokemikalije, a nastaju šikimatskim i malonatnim putem. Puno je različitih i zanimljivih primjera alelopatije, u radu su navedeni: alelopatija kao mehanizam invazije biljke *Typha angustifolia*, alelokemikalije ispuštene iz biljaka riže, alelokemikalije ispuštene iz crnog oraha i dr. S agronomskog gledišta, alelopatija je važna jer se poneki usjevi, npr. riža, koriste kao prirodni herbicidi protiv rasta korova. Osim ciljnih organizama, alelopatija takođe pogoduje i ne-ciljne organizme. Ekološki učinci, nadalje, očituju se u inhibiciji mikrobnih simbioza (mikoriza, fiksacija dušika), promjeni u populaciji i zajedničkim strukturama, genotipske varijacije u biljnim populacijama, invazivne vrste i dr.

8. SUMMARY

Allelopathy is a biological phenomenon where one plant inhibits the growth and development of another plant through the release of chemicals in the environment. In essence, plant allelopathy is used as a means of survival in nature, reducing competition from plants nearby. Allelochemicals in fact are secondary metabolites, which are not required for metabolism of the allelopathic organism. Phenols are the most important category of the many secondary metabolites implicated in plant allelopathy. Phenolic compounds arise from the shikimic and malonat acid metabolic pathways in plants. There are many interesting examples of allelopathy: allelopathy as a mechanism for the invasion of *Typha angustifolia*, allelochemicals released from rice plants, allelochemicals released from black walnuts and others. From an agronomic point of view, allelopathy is important because some weed plants like rice are used as natural herbicides against crop production. Apart from target plants, non-target plants are affected by allelopathy too. Other ecological effects are evident through inhibition of their microbial symbionts such as mycorrhiza and nitrogen fixing bacteria, changes in population and community structure, then changes in genotypic variation in plant populations, invasive plants etc.

9. LITERATURA

Jarchow Meghhan E., Cook Bradley J.(2009): Allelopathy as a mechanism for the invasion of *Typha angustifolia*, Plant Ecol, © Springer Science+ Business Media B.V.

Hisashi Kato-Noguchi (2008): Allelochemicals Released from Rice Plants, Japanese Journal of Plant Science

Kruse Mariane, Strandberg Morten, Strandberg Beate (2000): Ecological Effects of Allelopathic Plants- Review, NERI Tehnical Report, No.315

Zhao-Hui Li, Quiang Wang, Xiao Ruan, Cun-De Pan, De-An Jiang (2010): Phenolics and Plant Allelopathy, Molecules 15, 8933- 8952.

www.wikipedia.com

www.gardeningknowhow.com

www.accessscience.com

www.ces.ncsu.com

www.csip.cornell.com