



PRIRODNO MATEMATICKI FAKULTET

Smjer: Biologija

SEMINARSKI RAD

Predmet: Ekofiziologija

*Tema: BIOAKTIVNE SUPSTANCE ZNAČAJNE ZA EKOFIZIOLOŠKE
ADAPTACIJE BILJAKA*

Mentor: Čaković Danka

Studenta: Živković Kristina

Podgorica 28. Mart 2022.

Primarni i sekundarni metabolizam biljaka

Biljke sintetiziraju veliki broj organskih jedinjenja, koja su tradicionalno klasifikovana kao primarni i sekundarni metaboliti

Primarni metaboliti- označeni su kao jedinjenja koja učestvuju u ishrani i esencijalnim metaboličkim procesima unutar biljke

Sekundarni metaboliti- jedinjenja koja nemaju direktnu ulogu u pomenutim procesima, već imaju važan ekološki značaj i zaštitnu ulogu u borbi protiv različitih oblika stresa.

- Primarni metaboliti
- Obavljaju fiziološke funkcije u tijelu
- Direktno su uključeni u rast, razvoj i reprodukciju
- Obrazuju se tokom faze rasta biljke
- Proizvode se u velikim količinama: njihovo izolovanje je lako
- Isti su u svim biljkama
- Dio su osnovnih molekulskih struktura jednog organizma
- Etanol, mlečna kiselina, nukleotidi i vitamini su primjer

- Sekundarni metaboliti
- Derivati su primarnog metabolita
- Igraju ključnu ulogu u ekološkim odnosima
- Obrazuju se pri kraju faze rasta biljke
- Proizvode se u malim količinama, njihovo izolovanje je teško
- Jedinstveni su za određenu biljnu vrstu

- *Nijesu dio osnovnih molekulskih struktura jednog organizma*
- *Pigmenti, antibiotici i lijekovi su primjer*
- *Tipovi sekundarnih metabolita*
- *Na osnovu biosintetičkog porekla:*
 - *Terpenoidi*
 - *Flavonoidi i srodna fenolna i polifenolna jedinjenja*
 - *Alkaloidi i jedinjenja koja sadrže sumpor*
- *Prema prisustvu azota:*
 - *Sa N : alkaloidi , amini , neproteinske kisjeline, cijanogeni glikozidi, glukozinolati, alkamidi, lektini, peptidi, polipeptidi*
 - *Bez N : terpeni, steroidi , saponini, flavanoidi i tanini, lignini, lignani i kumarini, fenilpohanoidi, poliacetileni, masne kiseline i voskovi, poliketidi, ugljeni hidrati i organske kiseline.*

Polifenoli su mikronutrijenti koji se nalaze u voću, povrću, orašastim plodovima, biljkama i začinima.

Oni su najmoćniji prirodni antioksidansi, komponente koje daju voću i povrću živopisne boje i pomalo opor ukus, ali i mnogo važnije od toga – snagu.

Polifenoli štite i jačaju biljke u borbi sa surovim okolnostima poput jakog UV zračenja, upornih insekata i ekstremnih vremenskih uslova.

Šta su terpeni?

-Terpeni su aromatični molekuli iz grupe ugljovodonika koji se nalaze u skoro svim vrstama biljaka, i odgovorni su za aromu i miris svih biljaka.

Terpeni postoje sa razlogom, a jedna od glavnih uloga terpena u prirodi je odbijanje predatora i drugih štetočina.

Podela Terpena

Pravi Terpeni

- *Monoterpeni*
- *Seskviterpeni*
- *Diterpeni*
- *Serterpeni*
- *Triterpeni*
- *Tetraterpeni*
- *Politerpeni*

Terpeni u širem smislu

- *Hemiterpeni*
- *Steroidi*

ALKALOIDI

Alkalodi su najveća grupa sekundarnih metabolita kod biljaka koji sadrže jedan ili više atoma azota u heterocikličnom prstenu. Zastupljeni su u različitim razdjelima biljaka: Lycopodiophyta (Lycopodium), Equisetophyta (Equisetum), Piniphyta (Ephedra i Taxus).

Biološka funkcija alkaloida

- *Štite biljku od herbivora*
- *Ispoljavaju antimikrobnu aktivnost*
- *Vezuju slobodne radikale*
- *U obliku ovih jedinjenja, akumuliran je azot u biljnom tkivu*
- *U obliku soli alkaloida omogućen je transport određenih specifičnih*

kiselina kroz tkivo biljaka

• Moguće je da neki alkaloidi djeluju kao regulatori rasta biljaka

Klasifikacija alkaloida :

• alkaloidi bez heterocikličnog prstena

• pirolidin (skr. PRL) i pirolizidin (PRZ) alkaloidi

• piperidin i piridin (PIR) alkaloidi

• hinolizidin (HLZ) alkaloidi

• hinolin (HIN) alkaloidi

• izohinolin (IZH) alkaloidi

• indol (IND) alkaloidi

• purin (PUR) alkaloidi

• diterpen alkaloidi

• steroidni (STE) alkaloidi

Naučni rad:

Ova studija je imala za cilj da istraži prirodne varijacije u ekofiziološkim osobinama u godišnjim dobima i odgovarajuće višestranne biohemijske odgovore koje daje genski fond 22 sorte čaja.

Fotosintetička sposobnost se može smatrati ključnim pokretačem sekundarnog metabolizma biljaka za posredovanje ekoloških interakcija kroz hemijsku odbranu na koju bi, zauzvrat, svakako uticao genotip biljke.

Genotipska varijacija je jedan od ključnih faktora pomoću kojih biljka može različito da reaguje na određene stimuluse iz sredine.

Rezultati i Diskusija

Primećeno je da sadržaj sekundarnih metabolita i odgovarajuće in vitro antioksidativne aktivnosti kod svih proučavanih sorti dostižu svoju vršnu vrednost tokom kišne sezone.

Uklanjanje slobodnih radikala ili antioksidativne aktivnosti kao što su ABTS i DPPH joni, vrednosti su uglavnom u skladu sa gradijentom sadržaja sekundarnih metabolita u tkivima.

Sposobnost uklanjanja azot-oksida i peroksinitrita uzoraka čaja je, međutim, negativno povezana sa koncentracijom flavonoida, proantocijanidina i tanina.

Takođe, aktivnosti uklanjanja radikala azot-oksida i peroksinitrita dosledno su pokazivale snažnu obrnutu korelaciju sa sadržajem malondi-aldehida, krajnjeg proizvoda peroksidacije lipida.

Među derivatima katehina najzastupljeniji je epigalokatehin galat (EGCG), a sledi EKG(epikatehin galat). Zbog fenolnih jedinjenja, EGCG i EKG su u pozitivnoj korelaciji sa proučavanim sekundarnim metabolitima i aktivnostima uklanjanja radikala, kod većine sorti. Ipak, koncentracija minornih derivata katehina (C, EC i EGC) **odnosno** (katehina, epikatehina, epigalokatehina) je u suprotnosti sa ukupnim sadržajem fenola, DPPH, azot oksida, aktivnostima čišćenja peroksinitrita i samom količinom EKG, EGCG unutar tkiva. Kada se uporede ekofiziološke osobine listova sa pojavom sekundarnih metabolita i antioksidativnih aktivnosti u njima, pokazuje se izuzetna povezanost sa solidnom statističkom validnošću. Poređenjem između svih otkrivenih parametara, temperatura lista (LT) i međućelijska koncentracija ugljenika (Ci) imaju značajan uticaj na biohemijske osobine lista u vezi sa antioksidansima. Pokazala je značajnu obrnutu korelaciju između ugljenika i sadržaja fenola, a sa druge strane pozitivnu korelaciju fenola sa temperaturom lista. Ukupni katehin je, međutim, povišen sa ugljenikom(Ci), a neki od njegovih derivata

(posebno negilirani katehini) negativno su regulisani sa povećanjem ugljenika. Sveukupne količine H₂O₂ bile su povezane sa ugljenikom(Ci) i uticale na aktivnost peroksidacije lipida.

Sa povećanjem ugljenika, ukupnih fenola, EKG-a, redukcije snage, - aktivnost uklanjanja radikala DPPH i NO je smanjena i pored aktivnosti peroksidacije lipida takođe je povećana. Temperatura lista je istovremeno povezana sa fenolima, flavonoidima, proantocijanidinom, sadržajem tanina, redukcionom snagom, helacijom gvožđa i aktivnostima uklanjanja ABTS, DPPH. Štaviše, sadržaj EKG-a i aktivnosti uklanjanja peroksinitrita, azotnog oksida u izvesnoj meri variraju u zavisnosti od brzine razmene gasa i transpiracije.

Ova studija je ispitivala prirodnu raznovrsnost i međusobne odnose između ekofizioloških osobina koje su pripadale 22 sorte i sastava sekundarnog metabolita koji istovremeno izražavaju. Indeksi stomata, ovde, pokazuju skoro linearnu vezu sa fotosintezom i transpiracijom tokom kišne sezone, dok je sadržaj vlage adekvatan u atmosferi. U prolećnoj sezoni, međutim, genotipske varijacije su različito reagovala na proces asimilacije CO₂. Sorte tipa Assam koje se smatraju prilagođenima tropskoj toploj klimi, pokazuju manju gustinu stomata. Umereno osetljiva na sušu sorta T-7814 sa nižim indeksom stoma, naprotiv, pokazuje visoko fotosintetičko ponašanje tokom proleća i trend je obrnut tokom monsuna. U sorti Tuk-dah visoka stopa asimilacije CO₂ dovela je do povećanog sadržaja fenola, flavonoida i katehina u prolećnoj sezoni, a sve to je samo smanjeno u sličnom trendu tokom monsuna. Ovo zapažanje je u skladu sa prethodnim eksperimentom gde je obogaćivanje CO₂ značajno povećalo nivo sadržaja polifenola uključujući katehine. Prema ovoj hipotezi ugljenik-hranljivim materijama, kako je obogaćivanje CO₂ povećalo odnos ugljenika prema azotu u listovima, tako bi se velika količina ugljenika mogla dodeliti proizvodnji sekundarnih metabolita zasnovanih na C kao što su katehini.

Ukupni trend iz svih posmatranja genotipova u sadašnjim analizama

pokazao je da, ukupna akumulacija katehina u listovima čaja raste uporedo sa povećanjem stope fotosinteze. Posle toga, ovo dovodi do povećanja ukupnih fenola i aktivnosti uklanjanja radikala. . Među derivatima katehina, monomer katehina i epikatehini (EC, EGC)(epikatehin, epigalokatehin) su povišeni zajedno sa međucelijskom koncentracijom CO₂, zanimljivo je da njihovi galirovani članovi (EKG, EGCG) nisu. (epikatehin-galat, epigalokatehin-galat). Ovo zapažanje je otkrilo da H₂O₂(vodonik-peroksid) deluje kao ključni signalni molekul koji je značajno povezan sa međucelijskom koncentracijom CO₂ i istovremeno pokreće lipidnu peroksidaciju lista. Pretpostavlja se da bi povećani nivoi H₂O₂ i MDA mogli biti uključeni u regulaciju proizvodnje sekundarnih metabolite. Prema ovoj studiji, obilje sadržaja H₂O₂ i MDA uočeno u uzorcima sa nižim fenolima i aktivnošću uklanjanja radikala, ali sa većim koncentracijama tanina i katehina.

Koncentracija sekundarnih metabolita katehina i metilksantina, koji se smatra prvenstveno faktorom koji određuje kvalitet čaja, negativno je snižena tokom monsuna u odnosu na prolećnu sezonu, dok su ukupna koncentracija fenola i antioksidativna aktivnost istovremeno porasli. U ovoj studiji, drugi fush uzorci koji su sakupljeni tokom kišne sezone, otkrili su najveću količinu fenola, proantocijanidina i katehina među svim godišnjim dobima. Na ovu sezonsku prevalenciju može uticati niz biotičkih i abiotičkih faktora. Ercisli je izvestio o sličnoj vrsti nalaza gde su sadržaj fenola i antioksidativna aktivnost listova čaja bili povišeni tokom druge faze u odnosu na prvu i treću. Oni su zaključili da je to zbog atmosferske temperature, dužine dana i uticaja sunčeve svetlosti, gde su efekat senke i sadržaj vlage imali važnu ulogu u sintezi fenolnih jedinjenja u biljci. Erturk sugerise da se nivo ukupnih fenola u listovima čaja povećava tokom toplijih meseci od jula do septembra. Takođe se smatra da su povišeni nivoi UV zračenja odgovorni za regulaciju različitih flavonoida koji doprinose naklonosti i antioksidativnoj sposobnosti. U drugom izveštaju, Rečeno je da se jedinjenja koja određuju kvalitet čaja najbolje javljaju u drugoj fazi zbog sinteze i

akumulacije viška količine sekundarnih metabolita u listovima i pupoljcima tokom tog vremena. To obilje sekundarnih metabolita je uglavnom izazvano infestacijom jassida I thripsa(patuljasti cvrčci I resokrilci- štetočine) koji je nametnuo mehanički stres biljkama domaćinima. Napad jassida i thripsa počinje tokom početka monsuna u brdima a to bi takođe mogao biti važan razlog za povišeni nivo sekundarnog metabolita u izdancima čaja uzorkovanim tokom kišne sezone. Što se tiče sekundarnog metabolizma u čaju, može se ukazati na ulogu fotosintetskih parametara. Raniji izveštaj je naveo da fenolne kiseline mogu imati neki inhibitorni efekat na fotosintezu. Sadašnji nalazi su otkrili da se sa povišenim međucelijskim CO₂ povećava neto stopa fotosinteze što je dalje pozitivno povezano sa sintezom katehina. Nadalje, višak energije ekscitacije u fotosintetskom lancu transporta elektrona se prenosi na kiseonik i dovodi do stvaranja vodonik peroksida. Taj H₂O₂, kao reaktivna vrsta kiseonika, izazvao je peroksidaciju lipida u listovima, što je zauzvrat pokrenulo put sinteze fenola i flavonoida. Kasnije, povećana koncentracija fenola u ćelijama lista, verovatno inhibira fotosintezu kao što je ranije postulirano. Galna kiselina, jedna od fenolnih kiselina, je u međuvremenu konjugovana sa C, EC, EGC i dovodi do CG, EKG i EGCG respektivno. Zbog toga se navodi da na galiciju katehina čaja utiču i sorta i godišnja doba. Ovaj predloženi put, međutim, treba da se potvrdi ispitivanjem odgovora biljaka čaja uzgajanih uz režim CO₂, zajedno sa analizom diferencijalne ekspresije srodnih gena primarnog i sekundarnog puta metabolizma.