

ПРИМЉЕНО: 6.08.2015.			
Орг. јед.	Број	Прилог	Вредност
/	361/6	/	/

**Nastavno-naučnom veću
Hemijskog fakulteta
Univerziteta u Beogradu**

Na sednici Nastavno-naučnog veća Hemijskog fakulteta održanoj 14. maja 2015. godine određeni smo za članove Komisije za pregled, ocenu i odbranu doktorske disertacije Marije S. Vidović, diplomiranog biohemičara, pod nazivom: „**Antioksidativni metabolizam belog i zelenog tkiva listova panaširane muškatile (*Pelargonium zonale*) i tamjanike (*Plectranthus coleoides*) - uticaj zračenja iz vidljive i UV-B oblasti**“.

Pošto smo podnetu disertaciju pregledali, podnosimo Nastavno-naučnom veću Hemijskog fakulteta sledeći:

IZVEŠTAJ

A. Prikaz sadržaja disertacije

Doktorska disertacija Marije S. Vidović, napisana je na 265 strana A4 formata (prored 1,5) i sadrži 76 slika (od toga 5 u Prilozima) i 39 tabela (od toga 12 u Prilogu). Rad obuhvata sledeća poglavlja: Uvod (4 strane), Teorijski deo (59 strana), Materijal i metode (41 strana), Rezultati (70 strana), Diskusija (41 strana), Zaključak (3 strane), Literatura (24 strane, 449 citata) i Prilozi (23 strana). Pored navedenog, disertacija sadrži Izvod na srpskom i engleskom jeziku (po dve strane), Listu skraćenica i akronima, Sadržaj i Biografiju kandidata (2 strane).

U **Uvodu** je opisan predmet istraživanja i istaknuti su ciljevi doktorske disertacije, koji se pre svega odnose na izučavanje uticaja fotosinteze na antioksidativni sistem i akumulaciju fenola u panaširanim listovima pod dejstvom visokog intenziteta vidljive svetlosti i ultraljubičastog-B (UV-B) zračenja. Obrazložena je potreba za korišćenjem ekološki relevantnih UV-B doza u cilju simuliranja prirodnih uslova sunčevog zračenja.

Teorijski deo obuhvata četiri celine. U prvoj celini je dat detaljan opis nastanka panaširanosti u listovima i ukazano je na mogućnosti korišćenja panaširanih biljaka u ispitivanjima interakcija između tkiva proizvođača (zeleni, fotosintetski delovi lista) i tkiva potrošača (beli delovi panaširanog lista). Predstavljene su i panaširane biljne vrste: muškatica (*Pelargonium zonale* L.) i tamjanika (*Plectranthus coleoides* Benth.) koje su korišćene u disertaciji kao model-sistemi za uporedno proučavanje uticaja reaktivnih kiseoničnih vrsta (ROS) nastalih u procesu fotosinteze na antioksidativni sistem i metabolizam fenolnih jedinjenja u belom i zelenom delu lista. U drugoj celini kandidatkinja je dala opširan prikaz fotosinteze u C3 biljkama, sa naglaskom na glavne mehanizme regulacije fotosintetskih procesa. Opisani su mehanizmi gašenja fluorescencije hlorofila *a*, princip merenja fotohemijske efikasnosti fotosistema I i II, kao i nefotohemijskog gašenja fluorescencije. Navedeni su i alternativni putevi fotosintetskog elektronskog transporta (fotorespiracija, Melerova reakcija, voda-voda ciklus) pod različitim uslovima spoljne sredine (visok intenzitet bele svetlosti, UV-B zračenje). U trećem poglavlju definisane su ROS, način i mesto nastanka u ćeliji, sa posebnim akcentom na fotosintetsku aktivnost kao glavni izvor ROS u ćeliji. Istaknuta je i uloga ROS-a kao signalnih molekula u ekspresiji gena antioksidativne zaštite, indukciji biosinteze sekundarnih metabolita, kao i gena uključenih u razvoj i rast biljaka. U četvrtoj celini kandidatkinja je opisala najvažnije enzimske i neenzimske komponente antioksidativnog metabolizma, sa posebnim akcentom na njihovu unutarćelijsku lokalizaciju,

što ima posebni značaj iz ugla belog i zelenog tkiva listova. Antioksidativni sistem je opisan kao integrisana i kompleksna mreža različitih enzima i metabolita koji recikliraju oksidovane molekule i tako omogućavaju održavanje redoks stanja u datom ćelijskom odeljku. Na kraju ove celine opisani su mehanizmi delovanja visokog intenziteta fotosintetski aktivnog zračenja (PAR) na fotosintetski aparat. Ukratko je opisan mehanizam opažanja UV-B zračenja i signalne transdukcije preko novootkrivenog UV-B receptora, UVR8, kojim se reguliše ekspresija gena uključenih u sekundarni metabolizam, morfološke promene, rast i razvoj biljaka. Dat je akcenat na regulatornu ulogu UV-B zračenja za razliku od, do nedavno poznate, uloge kao stresora. Posebna pažnja posvećena je interakciji UV-B zračenja i intenziteta PAR-a koji se primenjuje u eksperimentalnom radu.

Materijali i metode sadrže detaljan opis eksperimentalnih procedura korišćenih u okviru doktorske disertacije. U ovom poglavlju opisani su uslovi gajenja i tretmana biljaka i dati su detaljni protokoli svih metoda.

U delu **Rezultati** kandidatkinja je prikazala dobijene rezultate u četiri celine. Najpre je prikazana optimizacija i dizajniranje metoda za određivanje redukovanog i oksidovanog askorbata i fenolnih jedinjenja. Kandidatkinja je dala uporedni prikaz više načina ekstrakcije i određivanja sadržaja askorbata, i ukazala na nedostatke nekih ustaljenih protokola koji dovode do grešaka u određivanju redoks-stanja askorbata, naročito u listovima biljaka bogatih fenolnim jedinjenjima. Dat je detaljan opis postupka za ekstrakciju askorbata iz biljnog materijala, kojim se maksimalno izbegava autooksidacija u toku homogenizacije tkiva i dobijaju pouzdani rezultati. Detaljno je opisana i modifikovana procedura ekstrakcije, hidrolize i određivanja fenolnih jedinjenja pomoću HPLC-PDA metode. Uspostavljena metoda omogućava istovremeno razdvajanje 42 fenolna jedinjenja (koja su upotrebljena kao standardi) širokog spektra polarnosti. Na taj način su određeni fenolni profili u listovima biljaka *P. zonale*, *P. coleoides*, *Ailanthus altissima* i *Tilia platyphyllos*.

U drugoj celini data je sveobuhvatna karakterizacija komponenta antioksidativnog sistema zelenog i belog tkiva listova *P. zonale*. Detaljno su analizirani izoenzimski profili askorbat-peroksidaze, superoksid-dismutaze, katalaze i peroksidaza III klase elektroforetskim tehnikama (zimogramski, izoelektrofokusanjem i imunoblotom). Dobijeni rezultati su upoređeni sa rezultatima ekspresije gena koji kodiraju enzime uključene u antioksidativni sistem, dobijenih metodom kvantitativne polimerazne lančane reakcije (PCR). Imunohistohemijskom analizom, pomoću transmisiona elektronske mikroskopije (TEM), prikazana je unutarćelijska lokalizacija askorbata i glutationa u oba tipa tkiva. Prikazani su i rezultati antioksidativnog odgovora belog i zelenog tkiva listova muškatele u uslovima stimulisane Melerove reakcije (visok intenzitet bele svetlosti i tretman parakvatom).

U trećem i četvrtom delu prikazani su rezultati odgovora fotosintetskog, antioksidativnog i fenolnog metabolizma panaširanih listova *P. coleoides* i *P. zonale* na visok intenzitet PAR ($1350 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$) i prirodan nivo UV-B zračenja. Odgovor fotosintetskog sistema u obe vrste praćen je promenama u fotohemijskoj efikasnosti fotosistema II i brzini asimilacije CO_2 i transpiracije. Prikazane su i promene izazvane UV-B zračenjem u ultrastrukturi plastida korišćenjem TEM-a. U slučaju panaširanih listova *P. zonale* dodatno su prikazani i rezultati sadržaja rastvornih ugljenih hidrata, dobijeni anjon-izmenjivačkom HPLC metodom.

U poglavlju **Diskusija**, zbog složenosti eksperimentalnog sistema, kandidatkinja je najpre svoje rezultate diskutovala u odnosu na dosadašnje, dostupne literaturne podatke.

Nakon toga, rezultati su povezani u celinu, koja predstavlja prikaz integrisanog odgovora metabolizma na date spoljne uslove u oba tipa tkiva listova, kod obe vrste pojedinačno. Postavljena je hipoteza o međusobnoj povezanosti primarnog i sekundarnog metabolizma, kao i mehanizmima komunikacije fotosintetski aktivnog i fotosintetski neaktivnog tkiva listova.

U **Zaključku** kandidatkinja je sumirala dobijene rezultate.

U poglavlju **Literatura** (459 citata) navedeni su ključni i najnoviji radovi iz svih oblasti koje disertacija obuhvata. U **Prilozima** su date slike dodatnih rezultata i sheme koje predstavljaju kompleksnu povezanost između tkiva i komponenata antioksidativnog sistema i fotosinteze, kao i tabele detaljnih statističkih analiza dobijenih rezultata.

B. Kratak prikaz rezultata

U ovoj disertaciji opisane su razlike u antioksidativnom profilu zelenog i belog tkiva listova muškatle, kao i različiti odgovori metabolizma panaširanih listova muškatle i tamjanike na izlaganje ambijentalnim dozama UV-B zračenja i visokog intenziteta PAR-a.

Optimizovana je ekstrakcija askorbata (Asc) korišćenjem 1.5 % metafosforne kiseline sa 1 mM EDTA. Najbolji rezultati su postignuti ako se redukovani Asc određuje direktno, uspostavljenom tečnom hromatografijom visokih performansi (HPLC) kuplovanom sa UV/VIS fotodiodnim detekcijom, a oksidovani askorbat najpre derivatizuje, a zatim analizira HPLC-om kuplovanim sa fluorimetrijskim detektorom.

Dizajnirana je i primenjena pouzdana, tačna i ekonomična HPLC metoda za određivanje fenolnog profila u listovima odabranih vrsta (*P. zonale*, *P. coleioides*, *A. altissima* i *T. platyphyllos*), čemu je prethodila optimizacija uslova za pripremu uzoraka. Pokazano je da su različiti varijeteti panaširanih muškatali imali isti fenolni profil, a da se količina datih fenolnih jedinjenja razlikovala. Između belog i zelenog tkiva u svim varijetetima panaširanih biljaka nije bilo kvalitativnih razlika u sastavu fenolnih jedinjenja. Najzastupljeniji predstavnici fenolnih podklasa u listovima muškatle bili su: *p*-hidroksibenzoeva, galna i *p*-kumarna kiselina, katehin i kvercetin, a u listovima tamjanike kafeinska i rozmarinska kiselina i apigenin.

Pomoću TEM potvrđeno je da zelene ćelije mezofila panaširanih biljaka sadrže normalno razvijene hloroplaste sa dobro organizovanim tilakoidima, granulama skroba i plastoglobulima, dok su plastidi u belim ćelijama manje zapremine, bez tilakoida i skrobnih granula, a umesto njih uočene su grupisane vakuolarne i nepravilne lamelarne strukture. Samo u zelenim mezofilnim ćelijama prisutni su Rubisco i komponente fotosistema i kompleksa za sakupljanje svetlosti. U belim mezofilnim ćelijama nisu bili uočeni peroksizomi.

Uočene su značajne razlike u antioksidativnom profilu između zelenog i belog tkiva listova muškatali gajenih pod optimalnim uslovima za rast. Najpre, pokazano je da u zelenom tkivu listova dolazi do većeg stvaranja ROS, čija reaktivnost ima za posledicu veći stepen karbonilacije proteina, bez povećane akumulacije H₂O₂. Glutathion, enzimi askorbat-glutathionskog ciklusa, enzim galaktolakton-dehidrogenaza, izoforme Cu/Zn superoksid-dismutaze (SOD) i MnSOD su zastupljeniji u belom tkivu listova muškatle, dok su Asc, tilakoidna askorbat-peroksidaza (APX) i katalaze zastupljeniji u zelenom tkivu. U fotosintetski aktivnim mezofilnim ćelijama listova *P. zonale* koncentracija ukupnog Asc je bila najveća u peroksizomima, mitohondrijama i jedru, a u fotosintetski neaktivnim ćelijama u plastidima i citosolu. U oba tipa tkiva, glutathiona ima najviše u mitohondrijama (> 50%),

zatim u jedru i citosolu, a najmanje u apoplastu. Koncentracije glutaciona u mitohondrijama, jedru, citosolu i plastidima belih mezofilnih ćelija biljaka *P. zonale* od jedan i po do šest puta su bile veće nego u zelenim ćelijama. Pokazano je da peroksidaze III klase u oba tkiva redukuju H₂O₂ pomoću različitih fenolnih supstrata, sa najvećim afinitetom za kvercetin i ferulinsku kiselinu, a najmanjim za katehin.

Izvođenjem eksperimenata u komorama simulatora sunčevog zračenja Helmholtz Centra Minhen, oponašani su realistični uslovi spoljne sredine, koji su omogućili proučavanje uticaja ekološki relevantnog UV-B zračenja na metabolizam biljaka *P. coleoides* i *P. zonale* tokom deset dana. Pokazano je da su ambijentalne doze UV-B zračenja imale pozitivan efekat na brzinu fotosinteze i provodljivost stoma u listovima biljaka *P. coleoides*. Do promene u sadržaju fotosintetskih pigmenta, udela tilakoida i skroba nije došlo usled izlaganja UV-B zračenju, ali je udvostručena zapremina plastoglobula u hloroplastima mezofilnih ćelija biljaka *P. coleoides*. Stimulacije fotosinteze i asimilacije CO₂ omogućili su pojačanu sintezu šećernih fosfata, odnosno njihov uvir u fenilpropanoidni i flavonoidni metabolizam, što je rezultiralo značajnom akumulacijom glikozida apigenina i cijanidina u oba tipa tkiva listova biljaka *P. coleoides*. Efekti UV-B zračenja na metabolizam biljaka *P. zonale* su bili različiti. Naime, pokazano je da primenjeno UV-B zračenje nije uticalo na brzinu fotosintetske aktivnosti, niti na količinu hlorofila i karotenoida u zelenom tkivu listova muškatele, ali je preko signalne transdukcije zavisne od trehaloze izazvalo smanjenje sadržaja skroba za 50%. Takođe, UV-B zračenje je dovelo do smanjenja koncentracije trehaloze, signalnog molekula koji reguliše redistribuciju ugljenika iz skroba zelenog tkiva i stimulaciju izvoza saharoze u fotosintetski neaktivno tkivo. Na ovaj način bile su obezbeđene povećane potrebe za molekulima ugljenih hidrata pri visokom PAR-u, uzrokovane UV-B indukovanom akumulacijom *p*-kumarne kiseline, kamferola i kvercetina, uglavnom u obliku glikozida, isključivo u belom tkivu listova muškatele. Za razliku od UV-B zračenja, visok PAR nije stimulisao fenolni metabolizam u tamjanici, dok je u muškatali izazvao značajni porast koncentracija fenolnih jedinjenja sa *orto*-dihidroksil-supstituisanim B prstenom (kafeinske kiseline, katehina, kvercetina i cijanidina), koja su efikasniji antioksidanti od onih sa monohidroksilnom supstitucijom, poput *p*-kumarne kiseline i kamferola, koji su bili indukovani UV-B zračenjem u belom tkivu. Kao posledica ovih rezultata, diskutovana je antioksidativna i UV-B apsorbujuća uloga fenolnih jedinjenja.

Rezultati su pokazali i da UV-B zračenje nije izazvalo oksidativni stres u listovima tamjanike ni u listovima muškatele, dok je visok PAR stimulisao porast koncentracije Asc i aktivnosti APX u oba tkiva listova obe panaširane vrste. Dobjeni rezultati pokazuju da je u biljkama *P. coleoides* (posebno u zelenom tkivu listova) važna uloga Asc/fenolnog/peroksidaznog i Asc/APX sistema u zaštiti od povećanog ekscitacionog pritiska na visokom PAR-u. S druge strane, u zelenom tkivu listova biljaka *P. zonale* visok PAR i UV-B zračenje su sinergistički stimulisali aktivnosti APX i katalaze, i koncentracije Asc. Glikozidi cijanidina u zelenom tkivu listova muškatele osim prigušivanja PAR-a, učestvovali su u uklanjanju H₂O₂ pomoću peroksidaza III klase i askorbata.

C. Uporedna analiza rezultata kandidata sa rezultatima iz literature

U literaturi je opisano više načina određivanja sadržaja askorbata HPLC metodama kuplovanim sa fluorimetrijskim ili UV-VIS fotodiodnim detektorima, koje imaju visoku osjetljivost. Osnovni problem u određivanju redoks-stanja Asc u biljnim tkivima je njegova jaka redukciona moć, te se lako može oksidovati tokom pripreme uzoraka, kao u slučaju listova sa visokim sadržajem fenolnih jedinjenja i u prisustvu tragova metala. S druge strane, oksidovani oblik askorbata je nestabilan i lako se degradira. Veliki izbor ekstrakcionih medijuma, koji je opisan u literaturi, često može da uzrokuje artefakte. U okviru ove disertacije optimizovana je procedura za određivanje redoks-stanja askorbata.

Za analizu fenolnih jedinjenja u literaturi su opisane brojne HPLC metode, ali su one uglavnom zasnovane ili na razdvajanju fenola koji pripadaju istim podklasama, ili na analizi fenolnog profila određenih biljnih vrsta, npr. voća i povrća. Mnogo je manje studija koje se bave opisom metoda za analizu raznolikih fenolnih jedinjenja u različitom biljnom materijalu. Za potrebe eksperimentalnog dela ove disertacije bilo je neophodno razviti tačnu i pouzdanu metodu za uporedo određivanje fenolnih profila u ispitivanim biljnim vrstama. Uspostavljena metoda, se u odnosu na slične metode ističe pristupačnošću, vremenom razdvajanja i efikasnošću, odnosno u jednom injektovanju može da se odredi veći broj jedinjenja širokog spektra polarnosti.

U literaturi nema mnogo podataka o metabolizmu panaširanih biljnih vrsta. Retke su studije u kojima se koriste panaširane vrste sa stabilnim fenotipom. Na model-biljci Arabidopsisu postoje studije nekoliko istraživačkih timova koji izučavaju mutanate koji iskazuju panaširani fenotip. Međutim, fenotip ovih mutanata je nestabilan, i pre svega zavisi od uslova osvetljavanja, tako da ove biljke ne predstavljaju pogodan sistem za izučavanje „source-sink“ interakcija u istom listu i uloge fotosinteze u različitim segmentima biljnog metabolizma. Opsežniji metabolički izveštaji o belom tkivu panaširanih listova nedostaju, i u literaturi se može naći svega nekoliko studija koje su za cilj imale ispitivanje različitih transkriptoma u ova dva tkiva. Biljke muškatla i tamjanika, *per se*, nisu modeli koji se koriste u studijama antioksidativnog sistema i fotosinteze, već samo u studijama ispitivanja sekundarnih metabolita. U ovoj disertaciji su po prvi put opisane enzimske i neenzimske komponente antioksidativnog sistema i njihova distribucija u (panaširanoj) muškatli. Koliko je nam je poznato, prisustvo cijanidinskih glikozida u tamjanici takođe nije prethodno bilo pokazano.

U ovoj disertaciji je prvi put pokazana stimulacija fotosinteze UV-B zračenjem koje je po intenzitetu uporedivo sa prirodnim zračenjem u okviru solarnog spektra. Veliki broj istraživanja, u kojima su opisani štetni efekti UV-B zračenja na fotosintetski aparat, odnose se na primenu visokog intenziteta UV-B zračenja u staklarama i komorama za gajenje biljaka pomoću lampi. Takođe, u oblastima visokog sunčevog zračenja, poput velikih nadmorskih visina ili arktičkog regiona, detektovana je smanjena fotosinteza u odnosu na umanjenje UV-B zračenja postignuto specifičnim filterima. S druge strane, noviji podaci pokazuju da je uticaj nižih, ambijentalnih UV-B doza na fotosintetsku aktivnost minimalan. Literaturni podaci o uticaju UV-B zračenja na provodljivost stoma su nekonzistentni, što se objašnjava različitim PAR/UV-B odnosima, različitim vremenima izlaganja, ali i različitim odgovorima na UV-B zračenje, u zavisnosti od same vrste ili varijeteta.

Rezultati studija koje su koristile panaširne mutante Arabidopsisa pokazuju izuzetno nizan nivo *de novo* biosinteze ugljenih hidrata, kao i odsustvo skroba i nizak sadržaj saharoze u belom tkivu, što je praćeno jakom indukcijom ekspresije gena koji kodiraju invertaze,

sintezu saharaže i transportere heksoza. Dakle, belo tkivo je označeno kao “uvir” tkivo u listovima ovih mutanata.

Stimulacija fenilpropanoidnog i flavonoidnog biosintetskog puta i njihove akumulacije u ćelijama listova se smatra ključnom u aklimatizaciji biljaka na UV-B zračenje. Poznato je da flavonoidi, ali i ostala fenolna jedinjenja sa *orto*-dihidroksil-supstituisanim B prstenom imaju izraženu antioksidativnu aktivnost. Dominantno prisustvo glikozida flavonoida u vakuoli, koja je fizički odvojena od glavnog mesta nastanka ROS, je osnovni pokretač naučnih debata o njihovoj antioksidativnoj ulozi tokom poslednje decenije. U prilog antioksidativnoj ulozi flavonoida sa *orto*-dihidroksil-supstituisanim B prstenom je i njihovo prisustvo u ovojnici hloroplasta mezofinih ćelija, otkriveno u biljkama *L. vulgare* i *P. Latifolia*, nakon izlaganja sunčevoj svetlosti sa i bez UV-B zračenja. Ovakav položaj flavonoida sa *orto*-dihidroksil-supstituisanim B prstenom omogućava da učestvuju u uklanjanju ROS (singletnog kiseonika, npr.) koji nastaju u fotosintezi na visokom PAR-u. Rezultati prikazani u ovoj disertaciji doprinose rasvetljavanju uloge ovih jedinjenja, u zavisnosti od stimulusa koji ih indukuje, fotosintetske aktivnosti i od biljne vrste. S tim u vezi je i otvoreno pitanje o vezi biosinteze antocijana i fotosintetskog elektron-transportnog lanca. Pojedini autori ističu da je flavonoidni metabolizam privremeni potrošač redukovano ugljenika, odnosno fotoasimilata, te se na taj način ponaša kao ‘ventil za oslobađanje viška energije’. Ovo je u skladu sa drugim studijama koje ističu važnost redoks-stanja plastohinona kao okidača za pokretanje biosinteze flavonoida, koja nije u vezi sa pojačanim stvaranjem ROS. Iako je poznato da su neki ROS važni signalni molekuli koji regulišu brojne metaboličke puteve u biljkama, ostaje da se ispita povezanost ROS nastalih u fotosintezi, kao i komponenti fotosintetskog elektron-transportnog lanca sa biosintezom flavonoida. U tom cilju, zeleno-belo panaširani listovi predstavljaju odličan model-sistem koji bi trebalo da se koristi u takvom tipu istraživanja.

D. Objavljeni radovi i saopštenja koji čine deo disertacije

Radovi objavljeni u vrhunskim časopisima međunarodnog značaja (M21)

1. **Vidović, M.**, Morina, F., Milić, S., Albert, A., Zechmann, B., Tosti T., Winkler J.B. & Veljović Jovanović, S. (2015) Carbon allocation from source to sink leaf tissue in relation to flavonoid biosynthesis in variegated *Pelargonium zonale* under UV-B radiation and high PAR intensity. *Plant Physiology & Biochemistry* 93, 44–55. (IF₂₀₁₄: 2.756, Plant Sciences 44/200).
2. **Vidović, M.**, Morina, F., Milić, S., Zechmann, B., Albert, A., Winkler, J.B., Veljović Jovanović S. (2014) UV-B component of sunlight stimulates photosynthesis and flavonoid accumulation in variegated *Plectranthus coleoides* leaves depending on background light. *Plant, Cell & Environment* 38, 968–979. (IF₂₀₁₄: 6.643, Plant Sciences 9/200).

Predavanja po pozivu na skupovima međunarodnog značaja, štampana u izvodu (M32)

1. **Vidović M.**, Morina F., Milić S., Albert, A., Zechmann, B., Tosti T., Winkler J.B. & Veljović Jovanović, S. (2015) High PAR and UV-B radiation-induced differential responses in green and white leaf sectors of *Pelargonium zonale* in relation to sugar, antioxidative and phenolic metabolism. 2nd International Conference on Plant Biology 21st

- Symposium of the Serbian Plant Society, 17-20 June 2015. Petnica, Serbia. In: Book of abstracts, pp. 154. ISBN 978-86-912591-3-6.
2. **Vidović M.**, Milić S., Zechmann Z., Albert A., Winkler J.B., Veljović-Jovanović S. (2014) UV-B radiation alters interactions between photosynthesis and secondary metabolism in variegated *Plectranthus coleoides*. The final network conference of COST-Action FA0906 - UV4Growth, Bled, Slovenija, 30.03-02.04. 2014. In: Abstracts book of the final network conference of COST-Action FA0906 - UV4Growth, pp. 56. ISBN 978-961-6822-21-3.
 3. **Vidović M.**, Winkler J. B., Albert A., Morina F., Milić S., Veljović-Jovanović S. Different intra-organ antioxidant defence strategies towards UV-B irradiation in white and green leaf parts of variegated *Pelargonium zonale* and *Plectranthus coleoides*. UV4growth, COST Action FA0906, Plant responses to ultraviolet radiation- roles of antioxidants and pro-oxidants, Copenhagen, Denmark 2.-3. Feb 2012. In: Abstracts book of UV4growth, COST Action FA0906 conference: Plant responses to ultraviolet radiation- roles of antioxidants and pro-oxidants talk, pp. 14.
 4. **Vidović M.**, Veljović Jovanović S. (2009) Ascorbate-glutathione cycle in white and green leaf parts of chimeric geranium. 18th Symposium of the Serbian Society for Plant Physiology, 25-27. May 2009. Vršac, Serbia. In: Programme and Abstracts book pp. 8.

Saopštenja na skupovima međunarodnog značaja objavljena u izvodu (M34)

1. Lević S., **Vidović M.**, Ćosić M., Veljović-Jovanović S. & Prokić Lj. (2015) Fourier transform-infrared studies on the chemical characteristics of leaf surface of variegated *Pelargonium zonale* in drought conditions. 2nd International Conference on Plant Biology 21st Symposium of the Serbian Plant Society, 17-20 June 2015. Petnica, Serbia. In: Book of abstracts, pp. 169. ISBN 978-86-912591-3-6.
2. Milić S., Kolarž P., **Vidović M.**, Jovanović Lj., Morina F., Veljović-Jovanović S. (2014) Effects of covering materials differing in UV-transparency on the nutritional value of tomato grown in high tunnels. The final network conference of COST-Action FA0906 - UV4Growth, Bled, Slovenija, 30.03-02.04. 2014. In: Abstracts book of the final network conference of COST-Action FA0906 - UV4Growth, pp. 60. ISBN 978-961-6822-21-3.
3. **Vidović M.**, Morina F., Milić S., Winkler J. B., Albert A., Veljović-Jovanović S. (2013) Combined effect of UV-B irradiation with high or low light on photosynthesis in variegated plant species. 1st International Conference on Plant Biology 20th Symposium of the Serbian Plant Society, 4-7 July 2013. Subotica, Serbia. In Programme and Abstracts book pp. 41.
4. Milić S., Morina F., Vidović M., Živanović B., Veljović Jovanović S. (2013) Variation in the epidermal flavonoid content and antioxidative activity in the leaves. 1st International Conference on Plant Biology 20th Symposium of the Serbian Plant Society, 4.-7. July 2013. Subotica, Serbia. In: Programme and Abstracts book pp. 138.
5. Morina F., **Vidović M.**, Milić S., Živanović B., Veljović Jovanović S. (2013) Induction of specific flavonoids in bamboo and linden leaves in response to sunlight and UV radiation. UV4growth, COST-Action FA0906, 2nd Annual Network Meeting, Mikulov, Czech Republic, 14-16. 04. 2013. In: Abstracts of the 2nd Network Meeting of Cost Action FA0906 (UV4growth) pp. 39. ISBN 978-80-904351-7-9.
6. **Vidović M.**, Morina F., Kukavica B., Masi A., Veljović Jovanović S.. (2011) Auxin-mediated changes in extracellular glutathione and ascorbate metabolism in pea roots- regulation of root elongation by apoplasmic redox status. 3rd Sulphyton Meeting on Plant Sulphur Research, 29.09-01.10. 2011. University of Padova- Campus of Conegliano, Italy. In: Abstracts book pp. 68.
7. **Vidović M.**, Morina F., Kolarž P., Veljović-Jovanović S. (2011) Antioxidative metabolism in white and green leaf parts of himeric pelargonium under high light and UV-B stress. 10th

International Conference on Reactive Oxygen and Nitrogen Species in Plants, 05-08. 07. 2011.
Budapest, Hungary. In: Abstracts book pp.128.

E. Zaključak

Na osnovu svega izloženog, može se zaključiti da je u podnetoj disertaciji pod naslovom „Antioksidativni metabolizam belog i zelenog tkiva listova panaširane muškate (*Pelargonium zonale*) i tamjanike (*Plectranthus coleoides*) - uticaj zračenja iz vidljive i UV-B oblasti“, kandidatkinja Marija S. Vidović, uspešno odgovorila na postavljene zadatke vezane za ispitivanje odgovora fotosintetskog i nefotosintetskog tkiva listova panaširanih biljaka u uslovima povećanog PAR-a i ambijentalnog UV-B zračenja. Pokazano je da ambijentalno UV-B zračenje ima koristan uticaj na fotosintezu, utičući na otvaranje stoma, kao i da ima sinergistički efekat sa visokim intenzitetom PAR-a na stimulaciju antioksidativnog metabolizma. Značajan doprinos ove disertacije su rezultati dobijeni pri istraživanju povezanosti fenilpropanoidnog i flavonoidnog metabolizma sa fotosintezom preko metabolizma prostih ugljenih hidrata. Zahvaljujući jedinstvenoj eksperimentalnoj postavci, u strogo kontrolisanim uslovima sa različitim biljnim vrstama, pokazano je da su uticaji različitih komponenata sunčevog zračenja na metabolizam zavisni od specifične biljne vrste.

Rezultati istraživanja, proistekli iz ove doktorske disertacije, objavljeni su u dva rada štampana u vrhunskim međunarodnim časopisima kategorije M₂₁, dok su dva rada na recenziji. Pored toga, rezultate iz teze kandidatkinja je prikazala na skupovima međunarodnog značaja u vidu četiri predavanja i sedam saopštenja. Objavljeni rezultati imaju fundamentalni značaj za biohemiju i fiziologiju biljaka, kao i mogući značaj u fitofarmaciji.

Na osnovu svega izloženog Komisija sa zadovoljstvom predlaže Nastavno-naučnom veću Hemijskog fakulteta Univerziteta u Beogradu, da podnetu doktorsku disertaciju Marije S. Vidović pod naslovom „Antioksidativni metabolizam belog i zelenog tkiva listova panaširane muškate (*Pelargonium zonale*) i tamjanike (*Plectranthus coleoides*) - uticaj zračenja iz vidljive i UV-B oblasti“ prihvati i odobri njenu odbranu za sticanje akademskog zvanja doktora biohemijskih nauka.

U Beogradu,
24.07.2015.

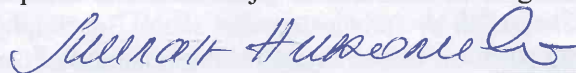
Komisija:



dr Ljuba Mandić,
redovni profesor Hemijskog fakulteta Univerziteta u Beogradu



dr Sonja Veljović Jovanović,
naučni savetnik Instituta za multidisciplinarna istraživanja Univerziteta u Beogradu



dr Milan Nikolić,
docent Hemijskog fakulteta Univerziteta u Beogradu