

SIMPOZIJ HDBB

s međunarodnim sudjelovanjem

HDBB SYMPOSIUM
with international participation



KNJIGA SAŽETAKA BOOK OF ABSTRACTS

29. studeni 2024.
November 29, 2024

Koprivnica,
Hrvatska / Croatia



Knjiga sažetaka
Book of Abstracts

**Simpozij HDBB s međunarodnim
sudjelovanjem**

***HDBB Symposium with international
participation***

29. studeni 2024, Koprivnica, Hrvatska

November 29, 2024, Koprivnica, Croatia

Knjiga sažetaka / *Book of Abstracts*

**Simpozij HDBB s međunarodnim sudjelovanjem / *HDBB
Symposium with international participation***

Urednica/ *Edited by:* Selma Mlinarić

Naslovnica/ *Cover design by:* Nikolina Sabo, Selma Mlinarić

Izdavač/ *Publisher:*

Sveučilište Sjever, Trg dr. Žarka Dolinara 1, Koprivnica, Hrvatska / *University
North, Trg dr. Žarka Dolinara 1, Koprivnica, Croatia*

Za izdavača/ *For the publisher:* Marin Milković

ISBN 978-953-7986-74-2

Koprivnica, 2024.

Organizatori/ Organizers:

Hrvatsko društvo za biljnu biologiju, Zagreb / *Croatian Society of Plant Biologists, Zagreb*

Sveučilište Sjever, Trg dr. Žarka Dolinara 1, Koprivnica, Hrvatska / *University North, Trg dr. Žarka Dolinara 1, Koprivnica, Croatia*



Organizacijski odbor/Organizing Committee:

Dunja Šamec (predsjednica / *chair*), Selma Mlinarić, Biljana Balen, Lidija Kalinić, Ivana Šola

Znanstveni i programski odbor/Scientific and Program Committee:

Selma Mlinarić (predsjednica / *chair*), Biljana Balen, Lidija Kalinić, Ivana Šola, Dunja Šamec

Svi podatci navedeni u ovoj KNJIZI SAŽETAKA isključiva su odgovornost autora sažetaka. Izdavač nije odgovoran za bilo kakvu upotrebu podataka koji se pojavljuju u ovom dokumentu. Također, izdavač neće biti odgovoran za bilo kakve pogreške, jezične i slično, koje se nalaze u sažetcima autora.

All information provided in this BOOK OF ABSTRACTS are the sole responsibility of the authors of the abstracts. Publisher is not responsible for any use of the data appearing in this document. Also, the publisher shall not be liable for any kind of errors, including language mistakes, found in the abstracts.

Predavanja:**Bruno Komazec*, Petra Peharec Štefanić****1-2**

Utjecaj nanočestica polistirena s različitim funkcionalnim skupinama na unos i oksidacijsko oštećenje u algi *Chlorella vulgaris* / *Impact of polystyrene nanoparticles with diverse functional groups on cellular uptake and oxidative damage in Chlorella vulgaris*

Petra Peharec Štefanić*, Bruno Komazec**3-4**

Nanočestice polistirena s različitim funkcionalnim skupinama narušavaju fotosintezu u algi *Chlorella vulgaris* / *Polystyrene nanoparticles with different functional groups impair photosynthesis in the alga Chlorella vulgaris*

Mirta Tkalec*, Sandra Vitko, Karla Košpić, Ana Matešković, Luka Kobelščak, Nino Dimitrov, Petra Peharec Štefanić, Biljana Balen**5-6**

Utjecaj mikroplastike na vodenu leću (*Lemna minor*) / *Effect of microplastics on duckweed (Lemna minor)*

Vesna Peršić, Anja Melnjak, Jasenka Antunović Dunić**7-8**

Utjecaj starosti frondova barske leće (*Spirodela polyrhiza*) na fotosintetski prijenos elektrona i kinetiku P700 u uvjetima nedostatka sumpora / *Age-related variations in photosynthetic electron transport and P700 kinetics in Spirodela polyrhiza under S deficiency*

Dunja Leljak-Levanić*, Mateja Jagić, Gaj Keresteš, Nataša Bauer**9-10**

Genetički nepotizam porodice MATH-BTB - ostaju li važne funkcije u porodici? / *Genetic nepotism in the MATH-BTB family - do important functions remain in the family?*

Gaj Keresteš*, Paula Štancl, Mateja Jagić, Dunja Leljak-Levanić, Nataša Bauer**11-12**

Bioinformatika u biljnoj biologiji – iskorištavanje mogućnosti i razumijevanje ograničenja / *Bioinformatics in plant biology – utilizing the potential and understanding the limitations*

Ivana Babić, Dunja Šamec, Magdalena Hižak, Anastazija Hud, Helena Senko, Iva Jurčević Šangut, Selma Mlinarić, Marko Petek, Goran Palijan, Nikolina Udiković Kolić, Ines Petrić**13-14**

Procjena utjecaja suše na bijeli kupus: reakcija biljke na stres i prilagodba mikrobioma tla / *Evaluating drought impact on white cabbage: Plant stress response and soil microbiome adaptation*

Anastazija Hud*, Sanja Kajić, Ivana Rajnović, Lucija Batistić, Filip Varga, Boris Lazarević, Helena Senko, Marko Petek, Dunja Šamec, Goran Palijan, Ivana Babić, Nikolina Udiković Kolić, Armin Mešić, Lidija Brkljačić, Ines Petrić**15-16**

Oporavak biljaka nakon poplava: Potencijal gljiva promotora rasta biljaka / *Reviving plants after floods: The potential of plant-growth promoting fungi*

Iva Jurčević Šangut*, Dunja Šamec**17-18**

Mjesečna dinamika nakupljanja 3',8'' - biflavona u lišću ginka (*Ginkgo biloba* L.): Preliminarna jednogodišnja studija / *Monthly dynamics of 3',8'' - biflavone accumulation in ginkgo leaves (Ginkgo biloba L.): A preliminary one-year study*

Velimir Mladenov, Rada Šućur, Borislav Banjac, Teodora Feher, Sofija Petrović, Shanika Gajanayake, Bojan Drašković, Dragan Knežević, Sotirios Fragkostefanakis	19-20
---	--------------

Primjena strategije prilagođavanja ASI intervala u programima oplemenjivanja kukuruza i Recrop akcija / *Application and fine tuning of ASI in corn breeding strategy and Recrop action*

Rada Šućur, Velimir Mladenov, Borislav Banjac, Teodora Feher, Sotirios Fragkostefanakis	21-22
--	--------------

Regulacija toplotnog stresa kod rajčice (*Solanum lycopersicum*) pomoću transkripcijskih faktora / *Regulation of heat stress in tomato (Solanum lycopersicum) by transcription factors*

Ana Smolko*, Sabine Jülke, Freia Benade, Jitka Široká, Aleš Pěňčík, Tamara Vuk, Nataša Bauer, Branka Salopek-Sondi, Jutta Ludwig-Müller	23-24
--	--------------

Uloga enzima GH3 iz patogena *Plasmodiophora brassicae* u hormonskoj regulaciji i fenotipskim promjenama kod uročnjaka (*Arabidopsis thaliana*) / *The role of the GH3 enzyme from the pathogen Plasmodiophora brassicae in hormonal regulation and phenotypic changes in Arabidopsis thaliana*

Kratka priopćenja:

Martina Vidović, Marko Šafran	25-26
--------------------------------------	--------------

U Korak u znanost kroz vrata Centra izvrsnosti za biologiju – primjeri istraživačkih problema iz područja biljne biologije u radu s visokomotiviranim učenicima Varaždinske županije / *A step into science through the doors of the Center of Excellence for Biology – Examples of research problems in plant biology in working with highly motivated students from Varaždin County*

Martina Šrajer Gajdošik, Antonia Vicić, Lidija Kalinić, Selma Mlinarić	27-28
---	--------------

Biokemijska karakterizacija industrijske konoplje uzgojene pod različitim intervalima bijelog svjetla / *Biochemical characterization of industrial hemp grown under different white light intervals*

Anja Melnjak*, Doria Ban, Martina Šrajer Gajdošik, Ivna Štolfa Čamagajevac, Martina Varga, Lidija Kalinić, Selma Mlinarić	29-30
--	--------------

Selen i cink u mikrozelenju: Utjecaj na fotosintetsku učinkovitost te potencijal u biofortifikaciji / *Selenium and zinc in microgreens: Influence on photosynthetic efficiency and potential in biofortification*

Sandra Vitko, Nataša Bauer, Željka Vidaković-Cifrek	31-32
--	--------------

Utjecaj proteina BPM na staničnu redoks homeostazu / *The influence of BPM proteins on cellular redox homeostasis*

Mateja Jagić, Mirta Tokić, Ariana Ivanić, Nataša Bauer, Dunja Leljak-Levanić	33-34
---	--------------

Vijabilnost polena i embriogeneza u mutantama uročnjaka (*Arabidopsis thaliana*) s nefunkcionalnim mehanizmom RdDM / *Pollen viability and embryogenesis in Arabidopsis thaliana mutants with a non-functional RdDM mechanism*

Bernard Jarić*, Iva Marković, Jasna Milanović, Snježana Mihaljević	35-36
Profiliranje mikroRNA i njihovih potencijalnih ciljeva u listovima krumpira kao odgovor na PSTVd infekciju i egzogeni tretman SA / <i>Profiling of microRNAs and their potential targets in potato leaves in response to PSTVd infection and exogenous SA treatment</i>	
Lidija Kalinić, Martina Šrajer Gajdošik, Josip Lujanac, Karlo Kajfeš, Selma Mlinarić, Vlatka Gvozdić	37-38
Imela u Hrvatskoj: utjecaj lokacije, vrste uzorka i vremena uzorkovanja na bioaktivne spojeve / <i>Mistletoe in Croatia: Impact of location, sample type and sampling time on bioactive compounds</i>	
Zrinka Karačić*, Iva Pavlović, Ralf Reski, Ondřej Novák, Branka Salopek Sondi	39-40
Ispitivanje uloge izopentenil-difosfat-fosfohidrolaze u mahovini <i>Physcomitrium patens</i> / <i>Investigating the role of isopentenyl diphosphate phosphohydrolase in the moss Physcomitrium patens</i>	
Daria Gmižić, Karlo Miškeć*, Ivana Šola	41-42
Učinak suše i poplave na fotosintetske pigmente u brokoli i sposobnost njenog ekstrakta da promijeni strukturu DNA / <i>Effect of drought and flooding on photosynthetic pigments in broccoli and the ability of its extracts to change DNA structure</i>	
Bojana Blagojević*, Velimir Mladenov	43-44
From Farm to Pharm - kroz priču o spermidinu / <i>From Farm to Pharm - through the story of spermidine</i>	
Ivana Pavičić, Mirela Uzelac Božac, Petra Cvjetko, Katarina Caput Mihalić, Barbara Sladonja, Ibukun M. Famuyide, Lyndy J. McGaw, Jacobus N. Eloff, Danijela Poljuha	45-46
Invazivni saveznici: Citotoksični i protugljivični potencijal invazivnih biljaka / <i>Invading for Good: The cytotoxic and antifungal potential of invasive plants</i>	
Aleksandra Radanović, Srđan Bursać, Boško Dedić, Milan Jocković, Siniša Jocić, Jelena Jocković, Sandra Cvejić, Ana Marjanović Jeromela, Ankica Kondić-Špika, Dragana Miladinović	47-48
Borba protiv klimatskih promjena - kreiranje klimatski-pametnog suncokreta / <i>Fighting climate change - creating climate-smart sunflower</i>	

Utjecaj nanočestica polistirena s različitim funkcionalnim skupinama na unos i oksidacijsko oštećenje u algi *Chlorella vulgaris*

Bruno Komazec*, Petra Peharec Štefanić

Sveučilište u Zagrebu, Prirodoslovno-matematički fakultet, Biološki odsjek, Zavod za molekularnu biologiju, Horvatovac 102a, Zagreb, Hrvatska

*bruno.komazec@biol.pmf.hr

Ključne riječi: funkcionalne skupine, reaktivni oblici kisika, oštećenje biomolekula, antioksidacijski enzimi

Sažetak:

Zbog široke primjene, nanočestice polistirena sve su prisutnije u vodenim ekosustavima, čime predstavljaju potencijalni rizik za mikroorganizme. Cilj ovog istraživanja bio je ispitati utjecaj nanočestica polistirena bez (PS-NP) i s različitim funkcionalnim skupinama (PS-NH₂-NP i PS-COOH-NP) u konačnim koncentracijama od 40 mg L⁻¹ na unos u stanice i izazivanje oksidacijskog stresa u algi *Chlorella vulgaris*. Protočnom citometrijom analizirana je vijabilnost stanica nakon izlaganja nanočesticama, dok je pomoću pirolitičke plinske kromatografije spregnute sa spektrometrijom masa utvrđen unos nanočestica u stanice. Fluorescentnim probama DHE i H₂DCFDA te kvantifikacijom sadržaja H₂O₂ određen je sadržaj reaktivnih oblika kisika (ROS). Dodatno su analizirana oštećenja biomolekula i aktivnost antioksidacijskih enzima. Rezultati pokazuju najveći unos čestica PS-NP i PS-NH₂-NP u stanice, dok su tretmani nanočesticama s funkcionalnim skupinama uzrokovali najveće povećanje sadržaja ROS, pri čemu je PS-COOH-NP izazvao najsnažnije povećanje sadržaja H₂O₂. Svi tretmani doveli su do značajnog oštećenja biomolekula, dok su aktivnosti peroksidaza (APX, PPX) i katalaze (CAT) bile najviše povećane nakon tretmana s PS-NH₂-NP i PS-COOH-NP. Unatoč izazivanju oksidacijskog stresa i oštećenjima biomolekula, tretmani nanočesticama nisu značajno utjecali na vijabilnost stanica. Navedeni rezultati pokazuju da sve nanočestice polistirena izazivaju oksidacijski stres, ali različitim intenzitetom i putem različitih mehanizama, pri čemu nanočestice s funkcionalnim skupinama izazivaju intenzivniji i izraženiji odgovor alge.

Impact of polystyrene nanoparticles with diverse functional groups on cellular uptake and oxidative damage in *Chlorella vulgaris*

Bruno Komazec*, Petra Peharec Štefanić

University of Zagreb, Faculty of Science, Department of Biology, Division of Molecular Biology,
Horvatovac 102a, Zagreb, Croatia

*bruno.komazec@biol.pmf.hr

Keywords: functional groups, reactive oxygen species, biomolecules damage, antioxidant enzymes

Abstract:

Due to their wide application, polystyrene nanoparticles are increasingly present in aquatic ecosystems and thus pose a potential risk to microorganisms. The aim of this research was to investigate the influence of polystyrene nanoparticles without (PS-NP) and with different functional groups (PS-NH₂-NP and PS-COOH-NP) at final concentrations of 40 mg L⁻¹ on uptake into cells and induction of oxidative stress in the algae *Chlorella vulgaris*. Flow cytometry was used to analyze cell viability after exposure to nanoparticles, while pyrolytic gas chromatography coupled with mass spectrometry was used to determine the uptake of nanoparticles into the cells. The level of reactive oxygen species (ROS) was determined using the fluorescent probes DHE and H₂DCFDA and by quantifying the H₂O₂ content. In addition, the damage to biomolecules and the activity of antioxidant enzymes were analyzed. The results show the highest uptake of PS-NP and PS-NH₂-NP particles into the cells, while treatments with nanoparticles with functional groups caused the greatest increase in ROS content, with PS-COOH-NP causing the strongest increase in H₂O₂ content. All treatments led to significant damage to biomolecules, while the activities of peroxidases (APX, PPX) and catalase (CAT) were increased the most after treatment with PS-NH₂-NP and PS-COOH-NP. Despite oxidative stress and damage to biomolecules, treatment with nanoparticles had no significant effect on cell viability. The results show that all polystyrene nanoparticles cause oxidative stress, but with different intensities and by different mechanisms, with nanoparticles with functional groups causing a more intense and pronounced response of the algae.

Nanočestice polistirena s različitim funkcionalnim skupinama narušavaju fotosintezu u algi *Chlorella vulgaris*

Petra Peharec Štefanić*, Bruno Komazec

Sveučilište u Zagrebu, Prirodoslovno-matematički fakultet, Biološki odsjek, Zavod za molekularnu biologiju, Horvatovac 102a, Zagreb, Hrvatska

*petra.peharec.stefanic@biol.pmf.hr

Ključne riječi: unos, izvanstanične polimerne tvari, ultrastruktura, efikasnost fotosustava II, spektrometrija masa

Sažetak:

Sve veća uporaba polistirena (PS) u industrijskim i komercijalnim proizvodima dovodi do značajnog nakupljanja plastičnog otpada u okolišu, posebice u vodenom okolišu gdje su alge posebno osjetljive. Kako bi se istražili učinci čistih PS nanočestica (PS-NP), kao i onih s funkcionalnom amino (PS-NH₂-NP) i karboksilnom skupinom (PS-COOH-NP) na slatkovodnu algu *Chlorella vulgaris*, stanice su tretirane koncentracijom od 40 mg L⁻¹, koja se smatra gornjom granicom kojom su ljudi izloženi monomerima stirena. Unos PS u stanice i u sloj izvanstaničnih polimernih tvari (EPS) analiziran je pirolitičkom plinskom kromatografijom spregnutom sa spektrometrijom masa (Py-GC-MS). Ultrastruktura stanica algi analizirana je transmisijom elektronskom mikroskopijom (TEM). Sloj EPS vizualiziran je konfokalnom mikroskopijom pomoću fluorescentno obilježenog lektina ConA, a kvantificiran pomoću čitača mikropločica. Kako bi se istražio učinak PS na fotosintezu, određena je stopa fotosinteze, maksimalni kvantni prinos (F_v/F_m) i učinkovitost (PI_{ABS}) fotosustava II. Diferencijalno eksprimirani proteini u algama analizirani su spektrometrijom masa. Py-GC-MS je detektirao nakupljanje PS u stanicama algi i u sloju EPS, dok je TEM potvrdio njihovo zadržavanje u sloju EPS. Svi ispitivani PS inducirali su plazmolizu stanica, smanjili broj tilakoida i škroba u odnosu na kontrolu, što ukazuje na destabilizaciju tilakoidnog sustava, dok je konfokalnom mikroskopijom uočeno povećanje sloja EPS. Osim toga, svi PS prouzročili su smanjenu stopu fotosinteze i povećanje PI_{ABS} , ali nisu imali učinak na F_v/F_m . Ekspresija većine diferencijalno eksprimiranih proteina je bila smanjena i uključena u procese fotosinteze. Rezultati upućuju na to da je primarni mehanizam toksičnosti PS vezanje na površinu stanica, ometanje izmjene plinova i hranjivih tvari i smanjenje svjetlosti dostupne za fotosintezu.

Polystyrene nanoparticles with different functional groups impair photosynthesis in the alga *Chlorella vulgaris*

Petra Peharec Štefanić*, Bruno Komazec

Department of Biology, Faculty of Science, University of Zagreb, Horvatovac 102a, Zagreb, Croatia

[*petra.peharec.stefanic@biol.pmf.hr](mailto:petra.peharec.stefanic@biol.pmf.hr)

Keywords: uptake, extracellular polymeric substances, ultrastructure, photosystem II efficiency, mass spectrometry

Abstract:

The increasing use of polystyrene (PS) in industrial and commercial products leads to a significant accumulation of plastic waste in the environment, especially in aquatic environment where algae are particularly vulnerable. To investigate the effects of plain PS nanoparticles (PS-NP) as well those with functional amino (PS-NH₂-NP) and carboxyl group (PS-COOH-NP) on the freshwater alga *Chlorella vulgaris*, cells were treated with a concentration of 40 mg L⁻¹, which is considered the upper limit for human exposure to styrene monomers. The PS uptake in the cells and in the layer of extracellular polymeric substances (EPS) was analyzed by pyrolysis-gas chromatography-mass spectrometry (Py-GC-MS). The ultrastructure of the algal cells was analyzed by transmission electron microscopy (TEM). The EPS layer was visualized by confocal microscopy using the fluorescently labeled lectin ConA and quantified using a microplate reader. To investigate the effect of PS on photosynthesis, rate of photosynthesis, maximum quantum yield (F_v/F_m) and efficiency (PI_{ABS}) of photosystem II were measured. Differentially expressed proteins in the algae were analyzed by mass spectrometry. Py-GC-MS detected the PS accumulation in the algal cells and in the EPS layer, while TEM confirmed their retention in the EPS layer. All investigated PS induced cell plasmolysis, decreased thylakoid number and starch compared to the control, indicating destabilization of the thylakoid system, while confocal microscopy showed an increase in the EPS layer. In addition, all PS resulted in a decrease in photosynthetic rate and an increase in PI_{ABS} , but had no effect on F_v/F_m . The most differentially expressed proteins were down-regulated and involved in the processes of photosynthesis. The results suggest that the primary mechanism of PS toxicity is binding to cell surfaces, impairing gas and nutrient exchange and reducing the light available for photosynthesis.

Utjecaj mikroplastike na vodenu leću (*Lemna minor*)

Mirta Tkalec^{1*}, Sandra Vitko¹, Karla Košpić^{1,2}, Ana Matešković¹, Luka Kobelščak¹, Nino Dimitrov³, Petra Peharec Štefanić¹, Biljana Balen¹

¹Sveučilište u Zagrebu, Prirodoslovno-matematički fakultet, Biološki odsjek, Horvatovac 102a, Zagreb, Hrvatska

²Sveučilište u Rijeci, Fakultet biotehnologije i razvoja lijekova, Radmile Matejčić 2, Rijeka, Hrvatska

³Hrvatski zavod za javno zdravstvo, Rockefellerova 7, Zagreb, Hrvatska

*mtkalec@biol.pmf.hr

Ključne riječi: mikročestice, fitotoksičnost, fotosinteza, oksidacijski stres

Sažetak:

Sve veća proizvodnja plastičnih proizvoda, njihova fragmentacija u mikroplastiku (MP) i duga postojanost u ekosustavima predstavljaju značajan ekološki problem. Modelna biljka *Lemna minor* izložena je mikročesticama polistirena (PS-MP) i poli(metil-metakrilata) (PMMA-MP) u koncentracijama 10, 50 i 100 mg L⁻¹ kako bi se istražio učinak najčešće zastupljenih tipova MP na rast, ultrastrukturne promjene, udio fotosintetskih pigmenta, fotosintetsku učinkovitost (JIP test) te parametre oksidacijskog stresa. Pirolitičkom plinskom kromatografijom spregnutom sa spektrometrijom masa potvrđen je unos oba tipa MP, ali je vodena leća pri istim koncentracijama MP akumulirala više stirena nego metil-metakrilata. Broj i površina listova te udio fotosintetskih pigmenata bili su veći nakon izlaganja PS-MP, dok je tretman s PMMA-MP doveo do njihovog smanjenja. Oba tipa MP smanjila su maksimalni kvantni prinos PSII (F_v/F_m), no indeks fotosintetske učinkovitosti (PI_{ABS}) bio je niži samo nakon izlaganja PMMA-MP, što je u skladu s promjenama uočenima na tilakoidnim membranama. Oba tretmana, osobito pri višim koncentracijama, povećala su sadržaj vodikovog peroksida i proteinskih karbonila, ali bez oštećenja lipida. Aktivnost peroksidaza povećala se pri višim koncentracijama PS-MP, dok je kod tretmana s PMMA-MP došlo do povećanja sadržaja prolina. Rezultati pokazuju da oba tipa MP utječu na vodenu leću te aktiviraju različite antioksidacijske odgovore, pri čemu PMMA-MP pokazuju štetniji učinak.

Effect of microplastics on duckweed (*Lemna minor*)

Mirta Tkalec^{1*}, Sandra Vitko¹, Karla Košpić^{1,2}, Ana Matešković¹, Luka Kobelščak¹, Nino Dimitrov³, Petra Peharec Štefanić¹, Biljana Balen¹

¹University of Zagreb, Faculty of Science, Department of Biology, Horvatovac 102a, Zagreb, Croatia

²University of Rijeka, Faculty of Biotechnology and Drug Development, Radmile Matejčić 2, Rijeka, Croatia

³Croatian Institute for Public Health, Rockefellerova 7, Zagreb, Croatia

*mtkalec@biol.pmf.hr

Keywords: microparticles, phytotoxicity, photosynthesis, oxidative stress

Abstract:

The increasing production of plastics, their fragmentation into microplastics (MPs) and long persistence in ecosystems represent a significant environmental problem. Model plant *Lemna minor* was exposed to microparticles of polystyrene (PS-MPs) and polymethyl methacrylate (PMMA-MPs) at concentrations of 10, 50 and 100 mg L⁻¹ to study the effect of the most common MP types on growth, ultrastructural changes, photosynthetic pigment content, photosynthetic efficiency (JIP-test) and oxidative stress parameters. Pyrolysis–gas chromatography–mass spectrometry confirmed the uptake of MPs, but duckweed accumulated more styrene than methyl methacrylate at the same MP concentrations. Leaf number and area as well as the photosynthetic pigment content increased after exposure to PS-MPs, while they decreased in plants treated with PMMA-MPs. Both MPs reduced the maximum quantum yield of PSII (F_v/F_m), but the photosynthetic efficiency index (PI_{ABS}) was lower after PMMA-MP exposure, which is consistent with the changes observed in thylakoid membranes. Both treatments, especially at higher concentrations, increased the content of hydrogen peroxide and protein carbonyls, but without lipid damage. Peroxidase activity increased at higher PS-MP concentrations, while the PMMA-MP treatment increased proline content. The results show that both MPs affect the duckweed and activate different antioxidant responses, with PMMA-MPs showing a more harmful effect.

Utjecaj starosti frondova barske leće (*Spirodela polyrhiza*) na fotosintetski prijenos elektrona i kinetiku P700 u uvjetima nedostatka sumpora

Vesna Peršić*, Anja Melnjak, Jasenka Antunović Dunić

Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku, Odjel za biologiju, Ulica cara Hadrijana 8/A, Osijek, Hrvatska

*vpersic@biologija.unios.hr

Ključne riječi: fluorescencija klorofila *a*, ETR (brzina transporta elektrona), refleksija svjetlosti na 820 nm, stopa fotosinteze i respiracije

Sažetak:

U ovom radu istraživani su transport elektrona u fotosintetskom lancu i kinetika P700 radi utvrđivanja kako starost frondova barske leće (*Spirodela polyrhiza*) utječe na učinkovitost pretvorbe energije u uvjetima nedostatka sumpora (S). Analizirani su parametri fluorescencije klorofila, brze svjetlosne krivulje (RLC) i modulirana refleksija na 820 nm kod biljka uzgojenih u kontrolnom mediju i u mediju s nedostatkom sumpora. Rezultati su pokazali da stariji frondovi imaju učinkovitiji fotosintetski aparat, s većom brzinom transporta elektrona (rETR) i većim oksidacijskim kapacitetom P700, odražavajući visoku aktivnost oba fotosustava. S druge strane, mlađi frondovi pokazali su smanjenu oksidaciju P700 i slabiju aktivnost fotosustava, ali su održali pojačani protok elektrona kroz fotosustav I (PSI) preusmjeravajući ih u ciklički tok. Zahvaljujući visokoj stopi fotosinteze i disanja, mlađi frondovi su podržali intenzivniju fiksaciju ugljika za rast te nakupljanje škroba i antocijana. Nedostatak S kod starijih frondova uzrokovao je značajno smanjenje rETR, usporavanje kinetike brze faze i raniju aktivaciju spore faze. Mlađi frondovi, manje ovisni o linearnom toku elektrona, pokazali su minimalno smanjenje rETR i aktivnosti PSI, uz povećanje aktivnosti fotosustava II (PSII) u uvjetima nedostatka S, što im je omogućilo da daju prednost skladištenju ugljika i poboljšanju fotoprotekcije. Razumijevanje različitih odgovora mlađih i starijih frondova na nedostatak sumpora omogućuje bolji uvid u složene regulatorne mehanizme kojima se biljke prilagođavaju različitim uvjetima okoliša.

Age-related variations in photosynthetic electron transport and P700 kinetics in *Spirodela polyrhiza* under S deficiency

Vesna Peršić*, Anja Melnjak, Jasenka Antunović Dunić

Josip Juraj Strossmayer University of Osijek, Department of Biology, Ulica cara Hadrijana 8/A, Osijek, Croatia

*vpersic@biologija.unios.hr

Keywords: Chlorophyll *a* fluorescence, ETR (Electron Transport Rate), 820 nm light reflection, photosynthesis and respiration rate

Abstract:

This study investigated photosynthetic electron transport and P700 kinetics to assess how frond age in *Spirodela polyrhiza* affects energy conversion efficiency under sulphur (S) deficiency. Chlorophyll fluorescence parameters, rapid light curves (RLCs), and modulated 820 nm reflection were analysed in plants grown in control and S-deficient conditions. Older fronds had more efficient photosynthetic machinery, with higher electron transport rates (rETR) and greater P700 oxidation capacity, reflecting high photosystem activity. In contrast, younger fronds showed reduced P700 oxidation and photosystem activity but maintained enhanced electron flux through photosystem I (PSI), redirecting electrons to cyclic electron flow, and together with higher photosynthetic and respiration rates, supported carbon fixation for growth, starch, and anthocyanin accumulation. Sulphur deficiency in older fronds caused a significant decrease in rETR, slowed down fast-phase kinetics, and induced earlier activation of the slow phase, compensating for reduced linear electron flow. Younger fronds, less reliant on linear electron transport, showed minimal rETR and PSI activity declines and increased photosystem II (PSII) activity under S deficiency, thus increasing carbon storage and enhancing photoprotection. Understanding these age-dependent responses to sulphur deficiency provides a better insight into the complex regulatory mechanisms by which plants adapt to various environmental conditions.

Genetički nepotizam porodice MATH-BTB - ostaju li važne funkcije u porodici?

Dunja Leljak-Levanić*, Mateja Jagić, Gaj Keresteš, Nataša Bauer

Sveučilište u Zagrebu, Prirodoslovno-matematički fakultet, Biološki odsjek, Zavod za molekularnu biologiju, Horvatovac 102a, Zagreb, Hrvatska

**dunja@zg.biol.pmf.hr*

Ključne riječi: MATH-BTB, transkripcija, metilacija DNA, stanična dioba, alternativno prekrajanje

Sažetak:

Porodica gena MATH-BTB zastupljena je i u biljnim i u animalnim genomima. Većina genoma sadrži samo nekoliko visoko očuvanih gena MATH-BTB koji sadrže introne i koji su konstitutivno eksprimirani tijekom razvoja biljaka. Osim njihove dobro razjašnjenje uloge u kontroli transkripcije, nedavno smo detaljnom analizom proteinskih interakcija te učinaka do kojih one dovode opisali ulogu uročnjakova proteina AtBPM1 u procesu metilacije DNA usmjerene malim molekulama RNA. Zanimljiv fenomen porodice MATH-BTB je neočekivano velika brojnost i varijabilnost bezintronskih gena s vrlo specifičnim obrascima ekspresije koji su zastupljeni isključivo u genomima porodice trava (*Poaceae*). Među njima funkcionalno smo opisali dva, *ZmMAB1* iz kukuruza čiji produkt regulira formiranje mitotskog i mejotskog diobenog vretena tijekom razvoja gametofita, te *TaMAB2* iz genoma pšenice čiji je produkt uključen u pozicioniranje prve diobe zigote. Obje funkcije, iako razvojno vrlo specifične, esencijalne su za funkcionalnost razmnožavanja biljaka, što dodatno potvrđuje značaj porodice MATH-BTB. Budući da je porast broja gena porodice MATH-BTB identificiran samo u genomima trava, središnje pitanje ovog istraživanja je kako uročnjak i druge vrste kompenziraju mali broj gena MATH-BTB, te je li alternativno prekrajanje mehanizam kojim se povećava raznolikost funkcija porodice MATH-BTB.

Genetic nepotism in the MATH-BTB family - do important functions remain in the family?

Dunja Leljak-Levanić*, Mateja Jagić, Gaj Keresteš, Nataša Bauer

University of Zagreb, Faculty of Science, Department of Biology, Division of Molecular Biology,
Horvatovac 102a, Zagreb, Croatia

*dunja@zg.biol.pmf.hr

Keywords: MATH-BTB, transcription, DNA methylation, cell division, alternative splicing

Abstract:

The MATH-BTB gene family is found in both animals and plants. Most plant and animal genomes contain only a few highly conserved, intron-containing and ubiquitously expressed genes. In addition to their well-known function in controlling transcription, we have recently elucidated the role of AtBPM1 in the process of RNA-directed DNA methylation by a detailed analysis of the protein interactions they achieve and the outcomes they lead to. The interesting phenomenon of the MATH-BTB family is the unexpectedly high number of diverse, intronless and tightly regulated genes in genomes of grasses (*Poaceae*). We have shown that the maize gene *ZmMAB1* regulates mitotic and meiotic spindle formation during gametophyte development, while the wheat gene *TaMAB2* is involved in the positioning of the first zygotic division. Although both functions are developmentally specific, they are essential for reproduction, further confirming the significance of the MATH-BTB gene family. Since the expansion of MATH-BTB genes has only been identified in grasses, the central question of our current research is how Arabidopsis and other plants could compensate for the small number of MATH-BTB genes and whether alternative splicing is a mechanism of increasing the diversity of MATH-BTB functions.

Bioinformatika u biljnoj biologiji – iskorištavanje mogućnosti i razumijevanje ograničenja

Gaj Keresteš*, Paula Štancl, Mateja Jagić, Dunja Leljak-Levanić, Nataša Bauer

Sveučilište u Zagrebu, Prirodoslovno-matematički fakultet, Biološki odsjek, Zavod za molekularnu biologiju, Horvátovac 102a, Zagreb, Hrvatska

*gaj.kerestes@biol.pmf.hr

Ključne riječi: alternativno prekrajanje, bioinformatički alati, MATH-BTB, transkripcija

Sažetak:

Dostupnost sekvenciranja dovodi do sve bržeg rasta broja bioloških sekvenci, a njihovo unašanje u web-stranice s korisničkim sučeljem često ne prati dinamiku otkrivanja čime je njihova vidljivost pri rutinskim pretraživanjima ograničena. Korištenje bioinformatičkih alata omogućuje rad s najnovijim podacima, sastavljenim genomima i transkriptomima, omogućujući bolje planiranje eksperimenata i interpretaciju rezultata. Ovaj rad primjer je upotrebe nedavno objavljenog transkriptoma uročnjaka *Arabidopsis thaliana*, AtRTD3, za identifikaciju i karakterizaciju novih transkripata gena *AtBPM2*. Devet od šesnaest transkripata gena *AtBPM2* iz AtRTD3 je imalo mjesta prekrajanja koja nisu prisutna u pet transkripata gena *AtBPM2* do sad opisanih u bazi TAIR. Rezultati ovih analiza su korišteni za dizajn eksperimenata za identifikaciju i kvantifikaciju transkripata gena *AtBPM2* u različitim tkivima i temperaturnim tretmanima. Iako je bioinformatička analiza transkriptoma AtRTD3 koju smo proveli unaprijedila znanje o alternativnom prekrajanju gena *AtBPM2*, ukazala je i na nedostatke bioinformatičkih analiza javno-dostupnih podataka. Kvantitativne analize dostupnih podataka nisu bile moguće, a neki rezultati dobiveni bioinformatičkom analizom nisu bili u skladu s rezultatima eksperimenata provedenih u laboratoriju, ukazujući na važnost razumijevanja i kritičke procjene podataka, kao i na nezamjenjivost eksperimenta u biološkim istraživanjima.

Bioinformatics in plant biology – utilizing the potential and understanding the limitations

Gaj Keresteš*, Paula Štancl, Mateja Jagić, Dunja Leljak-Levanić, Nataša Bauer

University of Zagreb, Faculty of Science, Department of Biology, Division of Molecular Biology,
Horvatovac 102a, Zagreb, Croatia

*gaj.kerestes@biol.pmf.hr

Keywords: alternative splicing, bioinformatics tools, MATH-BTB, transcription

Abstract:

Availability of sequencing leads to an ever-faster growth in the number of biological sequences, often outpacing their inclusion in websites with a user interface, which limits their visibility during routine searches. Use of bioinformatics tools allows working with the latest data, genome and transcriptome assemblies, facilitating better experiment planning and result interpretation. This study is an example of the use of the recently published *Arabidopsis thaliana* transcriptome, AtRTD3, for identification and characterization of novel *AtBPM2* gene transcripts. Nine out of sixteen *AtBPM2* transcripts from AtRTD3 had splice junctions absent from the five *AtBPM2* transcripts described so far in the TAIR database. The results of these analyses were used to design experiments to identify and quantify transcripts of *AtBPM2* in different tissues and temperature treatments. Although the bioinformatic analysis of the AtRTD3 transcriptome that we performed provided valuable insights into alternative splicing of the *AtBPM2* gene, it also pointed to shortcomings of bioinformatic analyses of publicly available data. Quantitative analyses of available raw data were not possible, and some results obtained by bioinformatic analyses were inconsistent with results of wet experiments, highlighting the importance of understanding and critical evaluation of data, as well as the irreplaceability of experiments in biological research.

Procjena utjecaja suše na bijeli kupus: reakcija biljke na stres i prilagodba mikrobioma tla

Ivana Babić^{1*}, Dunja Šamec², Magdalena Hižak³, Anastazija Hud¹, Helena Senko¹, Iva Jurčević Šangut², Selma Mlinarić⁴, Marko Petek³, Goran Palijan⁴, Nikolina Udiković Kolić¹, Ines Petrić¹

¹ Institut Ruđer Bošković, Bijenička cesta 54, Zagreb, Hrvatska

² Sveučilište Sjever, Trg dr. Žarka Dolinara 1, Koprivnica, Hrvatska

³ Sveučilište u Zagrebu, Agronomski fakultet, Svetošimunska cesta 25, Zagreb, Hrvatska

⁴ Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku, Odjel za biologiju, Ulica cara Hadrijana 8/A, Osijek, Hrvatska

*ibabic@irb.hr

Ključne riječi: klimatske promjene, stres suše, RNA, mikrobiom tla, bijeli kupus

Sažetak:

Suša je opasan abiotski stres, pogoršan klimatskim promjenama, koji prijeti poljoprivredi smanjujući prinose, degradirajući tlo i ometajući rast biljaka. Budući da zajednica mikroba u tlu ima veliki potencijal za ublažavanje negativnih učinaka suše, istraživanje načina na koji se bakterije iz tla prilagođavaju suši te kakva je njihova interakcija s biljkama sve je važnije za održivu poljoprivredu. U ovom istraživanju biljke bijelog kupusa (*Brassica oleracea* var. *capitata* f. *alba*) bile su izložene 13-dnevnim uvjetima suše. Nakon tretmana procijenili smo odgovor biljke na stres temeljem njene morfologije, prinosa, fotosintetskih parametara, sadržaja fotosintetskih pigmenta, sadržaja minerala te markera stresa. Dodatno su praćene promjene zajednice mikrobioma tla sekvenciranjem amplikona 16S rRNA i mjerenjem aktivnosti mikrobnih enzima. Biljke pod uvjetima stresa suše pokazale su smanjeni rast i fotosintetsku aktivnost, kao i povećane markere stresa u usporedbi s kontrolama, što potvrđuje aktivaciju mehanizama odgovora na stres. Nasuprot tome, mikrobiom tla pokazao je veću otpornost, održavajući stabilnu raznolikost zajednice unatoč sušnim uvjetima. Značajno je opaženo jedino smanjenje brojnosti Gemmatimonadota te povećanje aktivnosti arilsulfataze u tlu izloženom suši. Naši rezultati naglašavaju složenost interakcija između tla, mikroorganizama i suše, ističući da su biljke općenito osjetljivije na sušu nego s njima povezan mikrobiom u tlu. Dobiveni rezultati mogu poslužiti kao osnova za buduća istraživanja usmjerene na probir i razumijevanje uloge bakterija otpornih na sušu u pružanju potencijalnih rješenja za poboljšanje otpornosti usjeva

Evaluating drought impact on white cabbage: Plant stress response and soil microbiome adaptation

Ivana Babić^{1*}, Dunja Šamec², Magdalena Hižak³, Anastazija Hud¹, Helena Senko¹, Iva Jurčević Šangut², Selma Mlinarić⁴, Marko Petek³, Goran Palijan⁴, Nikolina Udiković Kolić¹, Ines Petrić¹

¹ Ruđer Bošković Institute, Bijenička cesta 54, Zagreb, Croatia

² University North, Trg dr. Žarka Dolinara 1, Koprivnica, Croatia

³ University of Zagreb, Faculty of Agriculture, Svetošimunska cesta 25, Zagreb, Croatia

⁴ Josip Juraj Strossmayer University of Osijek, Department of Biology, Ulica cara Hadrijana 8/A, Osijek, Croatia

[*ibabic@irb.hr](mailto:ibabic@irb.hr)

Keywords: climate change, drought stress, RNA, soil microbiome, white cabbage

Abstract:

Drought is a dangerous abiotic stress that is exacerbated by climate change and threatens agriculture by reducing yields, degrading soil, and hindering plant growth. Since the soil microbial community has a great potential to mitigate the negative effects of drought, research on the adaptation of these bacterial communities to drought and their interaction with plants is of increasing importance for sustainable agriculture. In this study, white cabbage (*Brassica oleracea* var. *capitata* f. *alba*) plants were exposed to a 13-day drought conditions. After the treatment, we assessed the stress response of the plants by analyzing its morphology, yield, photosynthetic parameters, photosynthetic pigments and mineral content and, stress markers. Additionally, changes in the soil microbiome were monitored by 16S rRNA amplicon sequencing and measurements of microbial enzyme activity. Plants under drought stress showed reduced growth and photosynthetic activity, and increased stress markers compared to controls, confirming the activation of stress response mechanisms. In contrast, the soil microbiome was more resilient and maintained a stable community diversity despite drought. In particular, a decrease in the abundance of Gemmatimonadota and an increase in arylsulfatase activity were observed in drought-stressed soils. Our results emphasize the complexity of the interactions between soil, microorganisms and drought and, highlight that plants are generally more sensitive to drought than their associated soil microbiomes. Obtained results could serve as a valuable basis for future studies focusing on screening and understanding the role of drought-tolerant bacteria in providing potential solutions to improve crop resilience.

Oporavak biljaka nakon poplava: Potencijal gljiva promotora rasta biljaka

Anastazija Hud^{1*}, Sanja Kajić², Ivana Rajnović², Lucija Batistić², Filip Varga², Boris Lazarević², Helena Senko¹, Marko Petek², Dunja Šamec³, Goran Palijan⁴, Ivana Babić¹, Nikolina Udiković Kolić¹, Armin Mešić¹, Lidija Brkljačić¹, Ines Petrić¹

¹ Institut Ruđer Bošković, Bijenička cesta 54, Zagreb, Hrvatska

² Sveučilište u Zagrebu, Agronomski fakultet, Svetosimunska cesta 25, Zagreb, Hrvatska

³ Sveučilište Sjever, Odjel za prehrambenu tehnologiju, Trg dr. Žarka Dolinara 1, Koprivnica, Hrvatska

⁴ Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku, Odjel za biologiju, Ulica cara Hadrijana 8/A, Osijek, Hrvatska

*ahudj@irb.hr

Ključne riječi: kupus, klimatske promjene, poplave, PGPF

Sažetak:

Poplave, kao ekstremni događaj uzrokovan klimatskim promjenama, mogu imati značajan negativan utjecaj na biljke i prouzročiti smanjenje poljoprivrednih prinosa. Gljive promotori rasta biljaka, (*engl. plant growth-promoting fungi* - PGPF) su potencijalna podrška poljoprivredi tako što mogu pospješiti rast biljaka i njihovu toleranciju na stres. Ovim radom istražen je učinak dugotrajne poplave, kao klimatskog stresora, na strukturne promjene i korisne osobine populacije gljiva. Sojevi gljiva izolirani su iz plavljenog tla tijekom petotjednog pokusa s kupusom (*Brassica oleracea* var. *capitata* cv. *alba*). Izolati gljiva testirani su na šest svojstava korisnih za biljke uključujući: proteaznu, amilaznu i celulaznu aktivnost, proizvodnju amonijaka te sposobnost solubilizacije kalija i fosfora. Odabranih 40 PGPF sojeva, koji su pokazivali najbolji potencijal promocije rasta, dalje su testirani u svrhu procijene potencijalnog utjecaja na rast korijena kupusa. Iako značajan utjecaj poplave na strukturu populacije gljiva nije zabilježen, rezultati su ukazali da je došlo do smanjenja većine testiranih korisnih osobina, osim proizvodnje amonijaka, u tretmanu s dvije poplave. Gljive roda *Penicillium* pokazale su se kao izolati koji posjeduju najveći broj korisnih osobina (do pet). Izolati *Mucor circinelloides* (P1.13-5), *Aspergillus clavatus* (K39-1 i P2.10-3) i *Penicillium brevicompactum* (P1.15-1) pokazali su najveći potencijal za poticanje rasta korijena. Ovo istraživanje ističe važnost razumijevanja načina na koji gljive reagiraju na klimatski stres, posebice poplave, te pronalazak specifičnih sojeva koji bi mogli pomoći biljkama da se prilagode promjenjivim uvjetima.

Reviving plants after floods: The potential of plant-growth promoting fungi

Anastazija Hud^{1*}, Sanja Kajić², Ivana Rajnović², Lucija Batistić², Filip Varga², Boris Lazarević², Helena Senko¹, Marko Petek², Dunja Šamec³, Goran Palijan⁴, Ivana Babić¹, Nikolina Udiković Kolić¹, Armin Mešić¹, Lidija Brkljačić¹, Ines Petrić¹

¹ Institute Ruđer Bošković, Bijenička cesta 54, Zagreb, Croatia

² University of Zagreb, Faculty of Agriculture, Svetošimunska cesta 25, Zagreb, Croatia

³ University North, Department of Food Technology, Trg dr. Žarka Dolinara 1, Koprivnica, Croatia

⁴ Josip Juraj Strossmayer University of Osijek, Department of Biology, Ulica cara Hadrijana 8/A, Osijek, Croatia

*ahudj@irb.hr

Keywords: white cabbage, climate change, floods, PGPF

Abstract:

Flooding, a climate change-induced extreme event, can severely impact plants and lead to yield losses. Plant growth-promoting fungi (PGPF) may help support agriculture by enhancing plant growth and stress tolerance. This study investigates the effects of long-term waterlogging, a climate stressor, on the structural changes and beneficial traits of fungal population. Fungal strains were isolated from flooded soil in a five-week experiment using white cabbage (*Brassica oleracea* var. *capitata* cv. *alba*). These fungi were tested for six plant-beneficial properties: protease, amylase and cellulose activity, ammonia production, potassium and phosphorus solubilization. Forty PGPF strains with the best potential were selected to analyze their impact on cabbage root growth. No significant impact of flooding on fungal population structure was observed, but a decrease in most tested traits, except ammonia production, occurred under two flooding scenarios. Fungi from the *Penicillium* genus exhibited the highest number of beneficial traits (up to five). Notably, isolates *Mucor circinelloides* (P1.13-5), *Aspergillus clavatus* (K39-1, P2.10-3), and *Penicillium brevicompactum* (P1.15-1) showed the greatest potential to promote root growth. This highlights the importance of understanding how fungi respond to climate stress, particularly flooding, and identifies specific strains that could help plants adapt to changing conditions.

Mjesečna dinamika nakupljanja 3',8'' - biflavona u lišću ginka (*Ginkgo biloba* L.): Preliminarna jednogodišnja studija

Iva Jurčević Šangut*, Dunja Šamec

Sveučilište Sjever, Odjel za prehrambenu tehnologiju, Trg dr. Žarka Dolinara 1, Koprivnica, Hrvatska

*ijurcevic@unin.hr

Ključne riječi: ginkgo, biflavonoidi, listovi, fenolni spojevi

Sažetak:

Dimerni biflavonoidi, 3',8''- biflavoni, istraženi su u manjoj mjeri od svojih monomernih oblika. Iako im se pripisuju pozitivni zdravstveni učinci, njihova uloga u biljkama nije razjašnjena. U ovom istraživanju analizirani su listovi ginka u sedam razvojnih stadija, od svibnja do studenog 2022. godine, s fokusom na promjene sadržaja najčešćih biflavona: amentoflavona, bilobetina, ginkgetina, isoginkgetina i sciadopitisina. Također, određen je sadržaj pigmenata te fenolnih spojeva. Rezultati su pokazali porast ukupnog sadržaja polifenola od svibnja ($15,15 \pm 0,14$ mg GAE g⁻¹ dw) do studenog ($45,18 \pm 0,42$ mg GAE g⁻¹ dw). Najviša razina flavonoida bila je u kolovozu ($5,87 \pm 0,18$ mg CE g⁻¹ dw), dok su najveće koncentracije fenolnih kiselina ($4,13 \pm 0,16$ mg CAE g⁻¹ dw) i antioksidativne aktivnosti ($306,95 \pm 3,47$ μmol TE g⁻¹) zabilježene u svibnju. Sciadopitisin je bio najzastupljeniji biflavonoid, čija se koncentracija povećala s $614,71 \pm 5,49$ μg g⁻¹ dw u svibnju na $2642,82 \pm 47,47$ μg g⁻¹ dw u studenome. Ukupni sadržaj biflavonoida porastao je s $1448,97 \pm 6,63$ μg g⁻¹ dw u svibnju na $6071,67 \pm 97,15$ μg g⁻¹ dw u studenome. Uočena je negativna korelacija između biflavonoida i klorofila, što sugerira njihovu moguću ulogu u starenju listova.

Monthly dynamics of 3',8'' - biflavone accumulation in ginkgo leaves (*Ginkgo biloba* L.): A preliminary one-year study

Iva Jurčević Šangut*, Dunja Šamec

University North, Department of Food Technology, Trg dr. Žarka Dolinara 1, Koprivnica, Croatia

[*ijurcevic@unin.hr](mailto:ijurcevic@unin.hr)

Keywords: ginkgo, biflavonoids, leaves, phenolic compounds

Abstract:

Dimers of biflavonoids, 3',8'' - biflavones, are less studied than their monomeric forms. Although they are linked to positive health effects, their role in plants remains unclear. In this study, ginkgo leaves at seven developmental stages (May to November 2022) were analyzed, focusing on changes in the content of common biflavonoids: amentoflavone, bilobetin, ginkgetin, isoginkgetin, and sciadopitysin. Pigment and phenolic compound contents were also measured. Results showed a significant increase in total polyphenols from May (15.15 ± 0.14 mg GAE g⁻¹ dw) to November (45.18 ± 0.42 mg GAE g⁻¹ dw). The highest flavonoid level occurred in August (5.87 ± 0.18 mg CE g⁻¹ dw), while the highest concentrations of phenolic acids (4.13 ± 0.16 mg CAE g⁻¹ dw) and antioxidant activity (306.95 ± 3.47 μmol TE g⁻¹) were recorded in May. Sciadopitysin was the most abundant biflavonoid, with its concentration rising from 614.71 ± 5.49 μg g⁻¹ dw in May to 2642.82 ± 47.47 μg g⁻¹ dw in November. Total biflavonoid content increased from 1448.97 ± 6.63 μg g⁻¹ dw in May to 6071.67 ± 97.15 μg g⁻¹ dw in November. A negative correlation between biflavonoids and chlorophyll suggests their role in leaf senescence.

Primjena strategije prilagođavanja ASI intervala u programima oplemenjivanja kukuruza i Recrop akcija

Velimir Mladenov^{1*}, Rada Šućur¹, Borislav Banjac¹, Teodora Feher¹, Sofija Petrović¹, Shanika Gajanayake¹, Bojan Drašković², Dragan Knežević², Sotirios Fragkostefanakis³

¹ Univerzitet u Novom Sadu, Poljoprivredni fakultet, Trg Dositeja Obradovića 8, Novi Sad, Srbija

² Istraživačko razvojni centar – KWS Srbija DOO, Banovačka 36, Stara Pazova, Srbija

³ Goethe University, Molecular Cell Biology of Plants, Department of Biosciences, D-60438, Frankfurt am Main, Njemačka

**velimir.mladenov@polj.edu.rs*

Ključne riječi: ASI, oplemenjivanje, kukuruz, COST, Recrop

Sažetak:

Stvaranje novih organizama prvenstveno ima za cilj pospješiti rast populacije. Međutim, genetska varijabilnost može se smanjiti, često zbog selekcijskih pritisaka u različitim programima oplemenjivanja. Osim toga, oplemenjivački ciljevi mogu se kategorizirati na temelju njihova podrijetla, razlikujući one iz znanstvenih organizacija i one iz privatnog sektora. Ključna strategija u ovom području je dvostruka: maksimiziranje korištenja postojećih resursa za razvoj produktivnijih hibrida i učinkovita procjena odgovora genotipova na smanjeni interval cvatnje-svilanja (ASI). Ova studija predstavlja rezultate eksperimenta provedenog na devet lokacija u četiri zemlje - Rumunjskoj, Mađarskoj, Hrvatskoj i Srbiji - u suradnji s KWS, komercijalnom sjemenarskom kućom. Na osam od ovih lokacija, hibridi kukuruza bili su izloženi suši i visokim temperaturama kao abiotskim stresovima tijekom ASI razdoblja. Uzgajivači se suočavaju s izazovima u ublažavanju abiotskog stresa, prvenstveno usredotočujući se na genetske i epigenetske odgovore povezane s pamćenjem stresa. Iz tog razloga smo od listopada 2023. izgradili multidisciplinarni konzorcij RECROP COST Action, koji okuplja stručnjake za razmjenu znanja i stručnosti kako bi se osmislile strategije za rješavanje problema otpornosti usjeva u eri klimatskih promjena. Recrop nudi mnoge odgovore na ova pitanja, a bit će predstavljeni ciljevi i radne skupine.

Application and fine tuning of ASI in corn breeding strategy and Recrop action

Velimir Mladenov^{1*}, Rada Šućur¹, Borislav Banjac¹, Teodora Feher¹, Sofija Petrović¹, Shanika Gajanayake¹, Bojan Drašković², Dragan Knežević², Sotirios Fragkostefanakis³

¹ University of Novi Sad, Faculty of Agriculture, Trg Dositeja Obradovića 8, Serbia

² Research-Development Centre– KWS Srbija DOO, Banovačka 36, Stara Pazova, Serbia

³ Goethe University, Molecular Cell Biology of Plants, Department of Biosciences, D-60438, Frankfurt am Main, Germany

**velimir.mladenov@polj.edu.rs*

Keywords: ASI, breeding, corn, cost action, recrop

Abstract:

The creation of new organisms primarily aims to enhance population growth. However, genetic variability can decline, often due to selection pressures in various breeding programs. Additionally, breeding goals can be categorized based on their origin, distinguishing between those from scientific organizations and those from the private sector. A key strategy in this field is twofold: maximizing the use of existing resources to develop more productive hybrids and effectively assessing genotypes' responses to a reduced anthesis-silking interval (ASI). This study presents findings from an experiment conducted across nine locations in four countries - Romania, Hungary, Croatia, and Serbia - in collaboration with KWS, a commercial seed house. At eight of these locations, corn hybrids were exposed to drought and high temperatures as abiotic stresses during the ASI period. Breeders face challenges in mitigating abiotic stress, primarily focusing on the genetic and epigenetic responses related to stress memory. For this reason, we have built since October 2023 RECROP COST Action, a multidisciplinary consortium bringing together experts to share knowledge and expertise in order to design strategies to tackle the problem of crop resilience in the era of climate change. Recrop offer many answers to these questions, hence aims and working groups will be presented.

Regulacija toplotnog stresa kod rajčice (*Solanum lycopersicum*) pomoću transkripcijskih faktora

Rada Šućur^{1*}, Velimir Mladenov¹, Borislav Banjac¹, Teodora Feher¹, Sotirios Fragkostefanakis²

¹ Univerzitet u Novom Sadu, Poljoprivredni fakultet, Trg Dositeja Obradovića 8, Novi Sad, Srbija

² Goethe University, Molecular Cell Biology of Plants, Department of Biosciences, D-60438, Frankfurt am Main, Njemačka

*rada.sucur@polj.edu.rs

Ključne riječi: odgovor na toplotni stres, Hsfs, termotolerancija, HSPs, rajčica

Sažetak:

Odgovor na toplotni stres (HS) kod rajčice (*Solanum lycopersicum*) predstavlja koristan model za proučavanje mehanizama transkripcije i regulacije u stresnim uvjetima. Ovaj zaštitni proces prvenstveno se kontrolira pomoću transkripcijskih faktora za toplotni stres (Hsfs), koji su ključni za modifikaciju dinamike transkriptoma kroz reprogramiranje ekspresije mnogih gena. Sposobnost termotolerancije Hsfs-a uglavnom zavisi od regulacije različitih proteina toplotnog stresa (HSPs), koji pomažu stanicama da upravljaju nakupljanjem i nepravilnim savijanjem proteina izazvanih stresom. Tri glavna tipa Hsfs-a u rajčici svrstana su u klase A, B i C. Klasa A se odlikuje jedinstvenim C-terminalnim aktivatorskom domenom koji omogućava aktivatorske funkcije transkripcije, dok klasa B zadržava konzervirani LFGV motiv u svojoj C-terminalnom domeni (CTD), što im vjerojatno omogućava da djeluju kao represori. Klasa C nema ni aktivatorske ni represorske domene. Početak odgovora zavisi od aktivnosti HsfA1a, koji je stalno prisutan, ali neaktivan u normalnim uvjetima. HsfA1a je ključni regulator odgovora i potpomaže interakciju između promotora i pojačivača tijekom toplotnog stresa. Suprotno tomu, HsfB1 djeluje kao represor drugih Hsfs-a, ali također djeluje kao koaktivator HsfA1a. Njegova razgradnja dovodi do povećanja fotosintetske efikasnosti listova zbog nakupljanja više Hsfs-a. Istraživanje sinergističkog djelovanja HSF-a kroz koekspresiju HsfA1a, HsfB1 i HAC1 pokazuje da ova interakcija snažno inducira gene odgovorne na toplotni stres, što vjerojatno ima pozitivan utjecaj na termotoleranciju biljke.

Regulation of heat stress in tomato (*Solanum lycopersicum*) by transcription factors

Rada Šučur^{1*}, Velimir Mladenov¹, Borislav Banjac¹, Teodora Feher¹, Sotirios Fragkostefanakis²

¹University of Novi Sad, Faculty of Agriculture, Trg Dositeja Obradovića 8, Novi Sad, Serbia

² Goethe University, Molecular Cell Biology of Plants, Department of Biosciences, D-60438, Frankfurt am Main, Germany

*rada.sucur@polj.edu.rs

Keywords: heat-shock response, heat shock transcription factors (Hsfs), thermotolerance, heat shock proteins (HSPs), tomato

Abstract:

The heat-shock (HS) response in tomato (*Solanum lycopersicum*) provides a valuable model for studying transcriptional regulation under stress conditions. This response is primarily controlled by heat shock transcription factors (Hsfs), which play a central role in altering gene expression patterns to help the plant cope with heat-induced stress. A key function of Hsfs is to regulate the production of heat shock proteins (HSPs), which assist in preventing protein misfolding and accumulation during stressful conditions. In tomatoes, three classes of Hsfs-A, B, and C-serve as crucial regulators of heat stress. Class A Hsfs have a unique C-terminal activator domain that promotes gene activation, while Class B Hsfs contain a conserved LFGV motif, which may function as a repressor. Class C Hsfs, however, lack both activator and repressor domains. The heat stress response is initiated by HsfA1a, which, although constantly expressed, remains inactive under normal conditions. HsfA1a is a key regulator, facilitating the formation of promoter-enhancer complexes during heat stress. In contrast, HsfB1 acts as a repressor of other Hsfs but also collaborates with HsfA1a to enhance its function. The degradation of HsfB1 when it acts as a repressor helps improve photosynthetic efficiency by promoting Hsf accumulation. This research on the synergistic activity of HSFs, particularly through the co-expression of HsfA1a, HsfB1, and HAC1, reveals that this interaction strongly induces HS-responsive genes and likely enhances the plant's heat tolerance.

Uloga enzima GH3 iz patogena *Plasmodiophora brassicae* u hormonskoj regulaciji i fenotipskim promjenama kod uročnjaka (*Arabidopsis thaliana*)

Ana Smolko^{1*}, Sabine Jülke^{2,3}, Freia Benade², Jitka Široká⁴, Aleš Pěncík⁴, Tamara Vuk⁵, Nataša Bauer⁵, Branka Salopek-Sondi¹, Jutta Ludwig-Müller²

¹ Institut Ruđer Bošković, Zavod za molekularnu biologiju, Zagreb, Hrvatska

² Technische Universität Dresden, Faculty of Biology, Dresden, Njemačka

³ DEMECAN GmbH, Moritzburger Weg 1, Ebersbach, Njemačka

⁴ Palacký University, The Czech Academy of Sciences & Faculty of Science, Institute of Experimental Botany, Laboratory of Growth Regulators, Šlechtitelů 27, Olomouc, Češka

⁵ Sveučilište u Zagrebu, Prirodoslovno-matematički fakultet, Zavod za molekularnu biologiju, Zagreb, Hrvatska

*ana.smolko@irb.hr

Ključne riječi: hormonska regulacija, *Plasmodiophora brassicae*, kupusna kila

Sažetak:

U ovom radu istražili smo ulogu proteina GH3 iz patogena *Plasmodiophora brassicae* (PbGH3) u razvoju kupusne kile te njegov utjecaj na fenotip i profil hormona u modelnoj biljci uročnjaku (*Arabidopsis thaliana*). Korištenjem *in vitro* testova analizirana je supstratna specifičnost enzima, a pomoću transgenih linija uročnjaka koje nadeksprimiraju PbGH3 istražen je utjecaj nadekspresije na profile biljnih hormona. Rezultati su pokazali da je enzim PbGH3 sposoban sintetizirati konjugate aminokiselina s nekoliko biljnih hormona, uključujući auksine (IAA, IPA, IBA), jasmonsku kiselinu (JA) i 12-okso-fitodienoicnu kiselinu (OPDA). Pokazano je da transgene biljke imaju smanjene razine slobodnih auksina i prekursora JA u normalnim uvjetima, kao i promijenjene fenotipske osobine poput smanjene apikalne dominacije i promjena u arhitekturi korijena. Unatoč ovim hormonskim i fenotipskim promjenama, transgene linije nisu pokazale značajne razlike u osjetljivosti na infekciju s *P. brassicae* ili indeksu bolesti u usporedbi s biljkama divljeg tipa. Međutim, zaražene transgene biljke imale su veću masu izdanaka i smanjenu masu korijena u odnosu na kontrolne. Zaključno, PbGH3 modificira hormonsku homeostazu u biljci domaćinu, potencijalno utječući na rast i razvoj. Iako enzim ne utječe izravno na otpornost na infekciju, sposobnost PbGH3 da modulira hormonski odgovor na infekciju ukazuje na moguću uključenost enzima u interakciju patogena s biljkom domaćinom.

The role of the GH3 enzyme from the pathogen *Plasmodiophora brassicae* in hormonal regulation and phenotypic changes in *Arabidopsis thaliana*

Ana Smolko^{1*}, Sabine Jülke^{2,3}, Freia Benade², Jitka Šíroká⁴, Aleš Pěňčík⁴, Tamara Vuk⁵, Nataša Bauer⁵, Branka Salopek-Sondi¹, Jutta Ludwig-Müller²

¹ Ruđer Bošković Institute, Department for Molecular Biology, Zagreb, Croatia

² Technische Universität Dresden, Faculty of Biology, Dresden, Germany

³ DEMECAN GmbH, Moritzburger Weg 1, Ebersbach, Germany

⁴ Palacký University, The Czech Academy of Sciences & Faculty of Science, Institute of Experimental Botany, Laboratory of Growth Regulators, Šlechtitelů 27, Olomouc, Czech Republic

⁵ Department of Molecular Biology, Faculty of Science, University of Zagreb, Zagreb, Croatia

*ana.smolko@irb.hr

Keywords: hormonal regulation, *Plasmodiophora brassicae*, clubroot disease

Abstract:

In this study we investigated the role of the GH3 protein (PbGH3) from the pathogen *Plasmodiophora brassicae* in developing clubroot disease and its impact on hormone-related phenotypes in model species *Arabidopsis thaliana*. Using *in vitro* assays and transgenic *Arabidopsis* lines expressing PbGH3, the enzyme's substrate specificity and influence on plant hormone profiles were analyzed. The results revealed PbGH3 as an enzyme capable of synthesizing amino acid conjugates with several plant hormones, including auxins (IAA, IPA, IBA), jasmonic acid (JA), and oxo-phytodienoic acid (OPDA). We showed that transgenic plants exhibited reduced free auxin and JA precursor levels under normal conditions, as well as altered phenotypic traits such as reduced apical dominance and changes in root architecture. Despite these hormonal and phenotypic changes, transgenic lines showed no significant differences in susceptibility to *P. brassicae* infection or disease severity compared to wild-type plants. However, infected transgenic plants displayed higher shoot biomass and reduced root weight relative to controls. We conclude that PbGH3 modifies hormone homeostasis in the host plant, potentially influencing growth and development. Although PbGH3 did not directly affect resistance to infection, its role in modulating hormonal pathways highlights its potential involvement in the pathogen's interaction with the host plant.

Korak u znanost kroz vrata Centra izvrsnosti za biologiju –primjeri istraživačkih problema iz područja biljne biologije u radu s visokomotiviranim učenicima Varaždinske županije

Martina Vidović*, Marko Šafran*

Prva gimnazija Varaždin, Petra Preradovića 14, Varaždin, Hrvatska

**martina.vidovic1@skole.hr; marko.safran2@skole.hr*

Ključne riječi: centar izvrsnosti, istraživačko učenje, projektno učenje

Sažetak:

Centar izvrsnosti za biologiju Varaždinske županije okuplja visokomotivirane osnovnoškolce i srednjoškolce s izraženim interesom za biologiju, pružajući im priliku za iskustveno učenje u suvremeno opremljenom laboratorijskom okruženju. Program rada temelji se na istraživačkom i projektnom učenju, rješavanju relevantnih bioloških problema interdisciplinarnim pristupom, osmišljavanju i provođenju samostalnih istraživanja te suradnji učenika i mentora.

Učenička istraživanja, usmjerena na fiziološke procese biljaka i algi, omogućuju učenicima da prepoznaju važnu ulogu fotosintetskih organizama i povežu teorijske spoznaje s njihovom praktičnom primjenom. Sudjelovanjem u istraživačkim aktivnostima Centra, učenici razvijaju svijest o važnoj ulozi fotosintetskih organizama u ublažavanju klimatskih promjena, očuvanju biološke raznolikosti, prevenciji bolesti i osiguravanju prehrambenih resursa za rastuću populaciju. Istraživanje problema, temeljenih na stvarnim primjerima, ne samo da učenicima omogućuje dublje razumijevanje bioloških procesa, već ih i inspirira da postanu aktivni sudionici u osmišljavanju održivih rješenja. Relevantni problemi potiču učenike da prepoznaju važnost znanstvenog rada u njihovom rješavanju dok raznolike metode učenja razvijaju kognitivne, socijalne i tehničke vještine potrebne za daljnji akademski i profesionalni razvoj.

Inovativni pristupi učenju, koji povezuje teoriju s praktičnim istraživanjima, podižu motivaciju učenika da svoju karijeru usmjere prema znanosti, posebno biljnoj biologiji, čime Centar izvrsnosti doprinosi stvaranju nove generacije znanstvenika koji su spremni suočiti se s izazovima budućnosti.

A step into science through the doors of the Center of Excellence for Biology – Examples of research problems in plant biology in working with highly motivated students from Varaždin County

Martina Vidović*, Marko Šafran*

Prva gimnazija Varaždin, Petra Preradovića 14, Varaždin, Croatia

**martina.vidovic1@skole.hr; marko.safran2@skole.hr*

Keywords: Center of Excellence, inquiry-based learning, project-based learning

Abstract:

The Center of Excellence for Biology in Varaždin County gathers highly motivated primary and secondary school students with a strong interest in biology, providing them with the opportunity for experiential learning in a modern, well-equipped laboratory environment. The program is based on inquiry-based and project-based learning, addressing relevant biological problems through an interdisciplinary approach, designing and conducting independent research, and fostering collaboration between students and mentors.

Student research, focused on the physiological processes of plants and algae, enables participants to recognize the crucial role of photosynthetic organisms and connect theoretical knowledge with its practical application. By participating in the Center's research activities, students develop awareness of the critical role of photosynthetic organisms in mitigating climate change, preserving biodiversity, preventing diseases, and ensuring food resources for a growing population. Research problems based on real-world examples not only provide students with a deeper understanding of biological processes but also inspire them to become active contributors in creating sustainable solutions. Relevant problems encourage students to recognize the importance of scientific work in solving them, while diverse learning methods foster cognitive, social, and technical skills necessary for further academic and professional development.

Innovative learning approaches that integrate theory with practical research enhance students' motivation to pursue careers in science, particularly in plant biology, thus contributing to the creation of a new generation of scientists ready to face future challenges.

Biokemijska karakterizacija industrijske konoplje uzgojene pod različitim intervalima bijelog svjetla

Martina Šrajer Gajdošik^{1*}, Antonia Vicić¹, Lidija Kalinić, Selma Mlinarić²

¹ Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku, Odjel za kemiju, Ulica cara Hadrijana 8/A, Osijek, Hrvatska

² Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku, Odjel za biologiju, Ulica cara Hadrijana 8/A, Osijek, Hrvatska

*msgajdosik@kemija.unios.hr

Ključne riječi: industrijska konoplja, fotoperiod, polifenoli, fotosintetski pigmenti, proteini

Sažetak:

Industrijska konoplja (*Cannabis sativa* L.) je tradicionalna kultura porijeklom iz središnje Azije, cijenjena zbog svoje svestrane uporabe u prehrani i medicini. Brzorastuća je biljka kratkog dana s malim uzgojnim zahtjevima. Kako bi se kontrolirao rast, konoplja se često uzgaja pod produljenim fotoperiodima ili kontinuiranoj svjetlosti, što može dovesti do fotooksidacijskog oštećenja različitih biljnih metabolita. U ovom istraživanju, sorta industrijske konoplje Finola uzgajana je pod bijelom svjetlošću ($\sim 250 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$) u različitim intervalima svjetla/tame (18/6, 20/4 i 24/0) kako bi se proučile promjene u biokemijskom sastavu. Izlaganje produženom fotoperiodu (20/4) i kontinuiranom svjetlu (24/0) uzrokovalo je porast ukupnih polifenola i askorbinske kiseline, što ukazuje na pojačani antioksidacijski odgovor biljke s ciljem ublažavanja oksidacijskog stresa uzrokovanog prekomjernom izloženošću svjetlosti. Fotooksidativni stres je također doveo do smanjenja koncentracije klorofila pri 20/4 i 24/0, bez značajnih promjena u koncentraciji karotenoida, što sugerira nedostatak njihovih adaptivnih fotoprotektivnih odgovora. Fotoperiod 24/0 uzrokovao je najveću akumulaciju proteina, što može biti odgovor na povećano nakupljanje ROS-ova, koje dovodi do razgradnje proteina i posljedično veće potrebe za njihovom sintezom. Naši rezultati pokazuju da je izloženost kontinuiranoj svjetlosti, 24/0, značajno utjecala na biokemijski sastav industrijske konoplje.

Biochemical characterization of industrial hemp grown under different white light intervals

Martina Šrajer Gajdošik^{1*}, Antonia Vicić¹, Lidija Kalinić, Selma Mlinarić²

¹ Josip Juraj Strossmayer University of Osijek, Department of Chemistry, Ulica cara Hadrijana 8/A, Osijek, Croatia

² Josip Juraj Strossmayer University of Osijek, Department of Biology, Ulica cara Hadrijana 8/A, Osijek, Croatia

*msgajdosik@kemija.unios.hr

Keywords: industrial hemp, photoperiod, polyphenols, photosynthetic pigments, proteins

Abstract:

Industrial hemp (*Cannabis sativa* L.) is a traditional crop native to Central Asia, historically prized for its versatile use in nutrition, and medicine. It is a rapidly growing, short-day plant with low cultivation requirements. To control its growth, hemp is often grown under extended photoperiods or continuous light, which can lead to photooxidative damage of different plant metabolites. In this study, industrial hemp cultivar Finola was grown under different light/dark intervals (18/6, 20/4 and 24/0) of white light ($\sim 250 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$) to observe the changes in biochemical composition. Exposure to a prolonged photoperiod (20/4) and continuous light (24/0) caused an increase of total polyphenols and ascorbic acid indicating the plant's enhanced antioxidant response to mitigate induced oxidative stress caused by excessive light exposure. Photooxidative stress also led to a decrease of chlorophyll concentrations in both 20/4 and 24/0 with no significant changes in carotenoid concentrations suggesting a lack of their adaptive photoprotective responses. The 24/0 photoperiod caused the highest protein accumulation, which may be a response to increased ROS accumulation, leading to protein degradation and consequently a greater demand for protein synthesis. Our results indicate that the exposure to continuous light 24/0 significantly affected the biochemical composition of industrial hemp.

Selen i cink u mikrozelenju: Utjecaj na fotosintetsku učinkovitost te potencijal u biofortifikaciji

Anja Melnjak^{1*}, Doria Ban², Martina Šrajer Gajdošik², Ivna Štolfa Čamagajevac¹,
Martina Varga¹, Lidija Kalinić¹, Selma Mlinarić¹

¹ Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku, Odjel za biologiju, Ulica cara Hadrijana 8/A, Osijek, Hrvatska

² Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku, Odjel za kemiju, Ulica cara Hadrijana 8/A, Osijek, Hrvatska

*anjamel111@gmail.com

Ključne riječi: *Brassica rapa* L. var. *chinensis*, biofortifikacija, indeks fotosintetske učinkovitosti, polifenoli

Sažetak:

Mikrozelenje je učestala komponenta ljudske prehrane zbog njegovog prirodno visokog sadržaja bioaktivnih tvari. Biofortifikacija je metoda koja se koristi za obogaćivanje mikrozelenja s ciljem povećanja unosa ciljanih mikronutrijenata te antioksidansa u ljudsku prehranu. Porodica kupusnjača (Brassicaceae) česta je u uzgoju mikrozelenja, a kao jedna od popularnijih svojti ističe se pak choi ili azijska raštika (*Brassica rapa* L. var. *chinensis*). Cilj istraživanja bio je utvrditi utjecaj selena (Se) i cinka (Zn) na fiziološki odgovor kineske raštike, s naglaskom na fotosintetsku učinkovitost te utvrditi potencijal ovih elemenata u biofortifikaciji mikrozelenja. Tretmani Se koncentracija 5 i 10 mg L⁻¹ rezultirali su značajnim povećanjem indeksa fotosintetske učinkovitosti (PI_{tot}), što je vidljivo i u pozitivnim vrijednostima pokretačkih sila fotosinteze (DF) u odnosu na kontrolu, posebice u dijelu elektronskog prijenosa povezanim s fotosustavom I. S druge strane, tretman Zn (5, 10, 20 mg L⁻¹) imao je negativan učinak na PI_{tot}, što je također vidljivo i u negativnim vrijednostima DF povezanih s prijenosom elektrona između fotosustava I i II. Oba elementa uzrokovala su povećan antioksidacijski odgovor kineske raštike, što je vidljivo u povećanju udjela ukupnih polifenola nakon tretmana svim koncentracijama. Ovakav rezultat ukazuje na potencijal Se i Zn za biofortifikaciju, no gledajući fiziološki status, Se je blagotvorniji za biljku zbog pozitivnog učinka na fotosintetsku učinkovitost.

Selenium and zinc in microgreens: Influence on photosynthetic efficiency and potential in biofortification

Anja Melnjak^{1*}, Doria Ban², Martina Šrajer Gajdošik², Ivna Štolfa Čamagajevac¹,
Martina Varga¹, Lidija Kalinić¹, Selma Mlinarić¹

¹Josip Juraj Strossmayer University of Osijek, Department of Biology, Ulica cara Hadrijana 8/A, Osijek, Croatia

²Josip Juraj Strossmayer University of Osijek, Department of Chemistry, Ulica cara Hadrijana 8/A, Osijek, Croatia

*anjamel111@gmail.com

Keywords: *Brassica rapa* L. var. *chinensis*, biofortification, performance index, polyphenols

Abstract:

Microgreens are frequent components of the human diet due to their naturally high content of bioactive substances. Biofortification is a method used to enrich microgreens, with the aim of increasing the intake of targeted micronutrients and antioxidants in the human diet. The cabbage family (Brassicaceae) is common in the cultivation of microgreens, with one of the popular species pak choi (*Brassica rapa* L. var. *chinensis*). The aim of the research was to determine the influence of selenium (Se) and zinc (Zn) on the physiological response of pak choi, with emphasis on photosynthetic efficiency, and to determine the potential of these elements in biofortification of microgreens. Se treatments at concentrations of 5 and 10 mg L⁻¹ resulted in a significant increase in the photosynthetic efficiency index (PI_{tot}), which is also visible in the positive driving forces of photosynthesis (DF) compared to the control, especially in the part of electron transfer associated with photosystem I. On the other hand, Zn treatment (5, 10, 20 mg L⁻¹) had a negative effect on PI_{tot} which is also evident as the negative DFs associated with electron transfer between photosystems I and II. Both, Se and Zn caused an increased antioxidant response in pak choi, which is visible in the increase of total polyphenol content after treatment in all concentrations. Such results suggest the potential of both, Se and Zn, for biofortification, but regarding the physiological status, Se is more beneficial to the plant due to its positive effect on photosynthetic efficiency.

Utjecaj proteina BPM na staničnu redoks homeostazu

Sandra Vitko*, Nataša Bauer, Željka Vidaković-Cifrek

Sveučilište u Zagrebu, Prirodoslovno-matematički fakultet, Biološki odsjek, Horvatovac 102a, Zagreb, Hrvatska

*sandra.vitko@biol.pmf.hr

Ključne riječi: *amiR-bpm*, BTB/POZ-MATH, glikolat oksidaza, ubikvitin-proteasomalni put

Sažetak:

Genom uročnjaka, *Arabidopsis thaliana*, sadrži šest gena *BPM*. Proteini BPM (BTB/POZ-MATH) sudjeluju u kontroliranoj degradaciji proteina putem ubikvitin-proteasomalnog puta te su važni u rastu, razvoju i odgovoru biljaka na stres. Tandemskim pročišćavanjem i spektrometrijom masa identificiran je protein glikolat oksidaza 2 (GOX2) kao potencijalni partner proteina BPM1, sugerirajući mogući regulatorni odnos između proteina BPM1 i GOX u staničnoj redoks homeostazi. Međutim, uloga proteina BPM u održavanju redoks homeostaze još uvijek nije poznata. U ovom istraživanju, analizirali smo klijance divljeg tipa (wt) te klijance sa smanjenom ekspresijom gena *BPM1*, 4, 5 i 6 (*amiR-bpm*), uzgojene u optimalnim uvjetima. Linija *amiR-bpm* pokazala je značajno povišene razine H₂O₂ i lipidne peroksidacije u usporedbi s wt što je vjerojatno posljedica povišene aktivnosti proteina GOX. Smanjena aktivnost superoksid dismutaze (SOD) i katalaze (CAT) u liniji *amiR-bpm* također je mogla pridonijeti oksidacijskoj neravnoteži. Unatoč ovim pokazateljima oksidacijskog stresa, linija *amiR-bpm* nije pokazala odstupanje u rastu klijanaca i fotosintetskoj učinkovitosti (PI_{ABS}) u usporedbi s wt. Dobiveni rezultati sugeriraju da proteini BPM, posebno BPM1, pridonose staničnoj redoks regulaciji, vjerojatno modulacijom aktivnosti GOX. Odsutnost simptoma stresa u liniji *amiR-bpm* naglašava plastičnost kompenzacijskih mehanizama, iako bi oksidacijski stres mogao predstavljati rizik tijekom nepovoljnih okolišnih uvjeta.

The influence of BPM proteins on cellular redox homeostasis

Sandra Vitko*, Nataša Bauer, Željka Vidaković-Cifrek

University of Zagreb, Faculty of Science, Department of Biology, Horvatovac 102a, Zagreb, Croatia

*sandra.vitko@biol.pmf.hr

Keywords: *amiR-bpm*, BTB/POZ-MATH, glycolate oxidase, ubiquitin-proteasome pathway

Abstract:

The genome of *Arabidopsis thaliana* contains six *BPM* genes. BPM proteins (BTB/POZ-MATH) are involved in controlled protein degradation via the ubiquitin-proteasome pathway and play an important role in plant growth, development and stress responses. Using tandem purification and mass spectrometry, glycolate oxidase 2 (GOX2) was identified as a potential binding partner of BPM1, suggesting a regulatory relationship between BPM1 and GOX in cellular redox homeostasis. However, the role of BPMs in maintaining redox homeostasis remains unclear. In this study, we analyzed wild-type (wt) seedlings and seedlings with reduced expression of *BPM1*, 4, 5 and 6 (*amiR-bpm*) grown under optimal conditions. The *amiR-bpm* line showed significantly increased H₂O₂ and lipid peroxidation levels compared to wt, likely due to increased GOX activity. Reduced superoxide dismutase (SOD) and catalase (CAT) activity in *amiR-bpm* line may also have contributed to the oxidative imbalance. Despite these indicators of oxidative stress, the *amiR-bpm* line showed no differences in growth and photosynthetic efficiency (PI_{ABS}) compared to wt. The results suggest that BPM proteins, especially BPM1, contribute to cellular redox regulation, probably by modulating GOX activity. The absence of stress symptoms in the *amiR-bpm* line highlights the plasticity of compensatory mechanisms, although oxidative stress could pose a risk under adverse environmental conditions.

Vijabilnost polena i embriogeneza u mutantama uročnjaka (*Arabidopsis thaliana*) s nefunkcionalnim mehanizmom RdDM

Mateja Jagić*, Mirta Tokić, Ariana Ivanić, Nataša Bauer, Dunja Leljak-Levanić

Sveučilište u Zagrebu, Prirodoslovno-matematički fakultet, Biološki odsjek, Zavod za molekularnu biologiju, Horvátovac 102a, Zagreb, Hrvatska

*mateja.jagic@biol.pmf.hr

Ključne riječi: metilacija DNA, Chop-qPCR, vijabilnost polena, somatska embriogeneza, *RIE1*

Sažetak:

Za razliku od svih drugih organizama, biljke su razvile specifičan mehanizam odgovoran za metilaciju DNA *de novo* nazvan RNA-usmjerena metilacija DNA (RdDM). Osim potiskivanja aktivnosti transpozona, RdDM je povezan s obranom od patogena, odgovorom na abiotički stres i regulacijom nekih važnih prijelaznih stadija u razvoju. Međutim, malo je dokaza o izravnom učinku utišavanja mehanizma RdDM na razvoj biljaka. U ovom istraživanju korištene su različite linije uročnjaka *Arabidopsis thaliana* s nefunkcionalnim mehanizmom RdDM. Sve testirane linije pokazale su smanjenu metilaciju DNA u promotorskoj regiji RdDM-om reguliranog gena *CML41* što je utvrđeno metodom Chop-qPCR. Vijabilnost polena i stopa indukcije somatske embriogeneze u linijama s nefunkcionalnim RdDM-om bile su smanjene u usporedbi s divljim tipom, što ukazuje na ulogu RdDM-a tijekom reproduktivnog razvoja uročnjaka. S druge strane, sazrijevanje somatskih embrija iz induciranih eksplantata bilo je značajno povišeno u nekim mutantama u odnosu na divlji tip, te se čak po 20 somatskih embrija razvilo po eksplantatu. Konačno, ekspresija gena *RIE1*, koji je važan za sazrijevanje sjemena, a reguliran je RdDM-om, bila je povećana u zrelim somatskim embrijima svih linija, što dodatno ukazuje na važnost RdDM-a u reproduktivnom razvoju uročnjaka.

Pollen viability and embryogenesis in *Arabidopsis thaliana* mutants with a non-functional RdDM mechanism

Mateja Jagić*, Mirta Tokić, Ariana Ivanić, Nataša Bauer, Dunja Leljak-Levanić

University of Zagreb, Faculty of Science, Department of Biology, Division of Molecular Biology,
Horvatovac 102a, Zagreb, Croatia

*mateja.jagic@biol.pmf.hr

Keywords: DNA methylation, Chop-qPCR, pollen viability, somatic embryogenesis, *RIE1*

Abstract:

In contrast to all other organisms, plants have developed a specific mechanism responsible for *de novo* DNA methylation, RNA-directed DNA methylation (RdDM). In addition to suppressing the activity of transposable elements, RdDM is associated with defense against pathogens, abiotic stress responses and the regulation of several important developmental transitions. However, there is little evidence for the direct effect of RdDM deficiency on plant development. Here, we used different *Arabidopsis thaliana* lines with a non-functional RdDM mechanism. All lines tested showed reduced DNA methylation, which was detected by Chop-qPCR in the promoter region of the RdDM-regulated gene *CML41*. Pollen viability and the rate of somatic embryogenesis induction were reduced in lines with non-functional RdDM compared to wild type, indicating a role of RdDM during *Arabidopsis* reproductive development. On the other hand, maturation of somatic embryos from induced explants was significantly increased in certain mutants compared to wild type, and up to 20 somatic embryos developed per explant. Finally, the expression of the gene *RIE1*, which is important for seed maturation and is regulated by RdDM, was increased in mature somatic embryos of all lines, further indicating the importance of RdDM in *Arabidopsis* reproductive development.

Profiliranje mikroRNA i njihovih potencijalnih ciljeva u listovima krumpira kao odgovor na PSTVd infekciju i egzogeni tretman SA

Bernard Jarić^{1*}, Iva Marković¹, Jasna Milanović², Snježana Mihaljević¹

¹ Institut Ruđer Bošković, Bijenička cesta 54, Zagreb, Hrvatska

² Hrvatska agencija za poljoprivredu i hranu, Gorice 68b, Zagreb, Hrvatska

*bjaric@irb.hr

Ključne riječi: microRNA, PSTVd, krumpir, salicilna kiselina (SA)

Sažetak:

Viroid vretenastog gomolja krumpira (PSTVd) uzrokuje značajne gubitke prinosa kod krumpira (*Solanum tuberosum*) izazivajući zakržljali rast listova i vretenaste gomolje. PSTVd uzrokuje nastanak viroidom potaknutih malih RNA (sRNA) koje mijenjaju gensku ekspresiju biljke domaćina, sintezu proteina, hormona i metabolita, utječući i na ekspresiju biljnih mikroRNA (miRNA). Te miRNA reguliraju razvoj biljaka, ali i odgovor na stres i obranu od patogena. Salicilna kiselina (SA) je biljni hormon ključan za regulaciju obrambenih mehanizama biljke domaćina. Egzogeni tretman s 2,6-diklorizonikotinskom kiselinom (INA), analognom SA, korišten je za proučavanje uloge miRNA u odgovoru na infekciju PSTVd. U ovom istraživanju analiziran je učinak INA na ekspresiju miRNA u krumpiru zaraženom PSTVd, upotrebom stem-loop RT-qPCR početnica. Tretman s INA smanjio je nakupljanje viroidne RNA i promijenio ekspresiju miRNA u zaraženim biljkama, ukazujući na potencijal primjene INA za smanjenje osjetljivosti krumpira na PSTVd. Analiza ciljnih gena za odabrane miRNA pokazala je značajne promjene u ekspresiji gena direktno uključenih u mehanizme regulacije odgovora na stres i metaboličke procese. Rezultati daju novi uvid u ulogu biljnih miRNA i mehanizme regulacije obrambenih odgovora posredovanih hormonima u krumpiru zaraženom viroidom PSTVd.

Profiling of microRNAs and their potential targets in potato leaves in response to PSTVd infection and exogenous SA treatment

Bernard Jarić^{1*}, Iva Marković¹, Jasna Milanović², Snježana Mihaljević¹

¹Ruđer Bošković Institute, Bijenička cesta 54, Zagreb, Croatia

² Croatian Agency for Agriculture and Food, Centre for Plant Protection, Gorice 68b, Zagreb, Croatia

*bjaric@irb.hr

Keywords: microRNA, PSTVd, potato, salicylic acid (SA)

Abstract:

The potato spindle tuber viroid (PSTVd) causes significant yield losses in potatoes (*Solanum tuberosum*) by inducing stunted leaf growth and spindle-shaped tubers. PSTVd leads to the formation of viroid-induced small RNAs (sRNAs) that alter the gene expression of the host plant, protein synthesis, hormones, and metabolites, also affecting the expression of plant microRNAs (miRNAs). These miRNAs regulate plant development as well as responses to stress and pathogen defense. Salicylic acid (SA) is a plant hormone crucial for regulating the host plant's defense mechanisms. Exogenous treatment with 2,6-dichloroisonicotinic acid (INA), an analog of SA, has been used to study the role of miRNAs in response to PSTVd infection. This study analyzed the effect of INA on miRNA expression in PSTVd-infected potatoes using stem-loop RT-qPCR primers. INA treatment reduced the accumulation of viroid RNA and altered miRNA expression in infected plants, indicating the potential application of INA to reduce potato susceptibility to PSTVd. The analysis of target genes for selected miRNAs showed significant changes in the expression of genes directly involved in stress response regulation and metabolic processes. The results provide new insights into the role of miRNAs and the mechanisms of hormone-mediated defense responses to PSTVd in potato.

Imela u Hrvatskoj: utjecaj lokacije, vrste uzorka i vremena uzorkovanja na bioaktivne spojeve

Lidija Kalinić^{1*}, Martina Šrajer Gajdošik², Josip Lujanac², Karlo Kajfeš², Selma Mlinarić¹, Vlatka Gvozdić²

¹ Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku, Odjel za biologiju, Ulica cara Hadrijana 8/A, Osijek, Hrvatska

² Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku, Odjel za kemiju, Ulica cara Hadrijana 8/A, Osijek, Hrvatska

*lkalinic@biologija.unios.hr

Ključne riječi: imela, listovi, grančice, antioksidacijska aktivnost, PCA

Sažetak:

Imela (*Viscum album* L.) poznata je po svojim ljekovitim svojstvima i sposobnosti ublažavanja simptoma brojnih bolesti. Cilj ovog rada bio je istražiti utjecaj lokaliteta i vremena uzorkovanja na udio bioaktivnih spojeva i antioksidacijsku aktivnost imele. U svježe ubranim listovima i grančicama, kao u i komercijalnim čajevima analizirani su ukupni topivi polifenoli, antioksidacijska aktivnost i koncentracije pigmenata. Veći udio bioaktivnih spojeva utvrđen je u uzorcima ubranima u listopadu u odnosu na veljaču. Svježi listovi i grančice ubrani u Istri, Aljmašu i Petrijevcima značajno su se razlikovali na razini ukupnih topivih polifenola i antioksidacijske aktivnosti u odnosu na čajeve. Analiza glavnih komponenti pokazala je grupiranje između uzoraka što je u skladu s rezultatima biokemijskih analiza. Potvrdili smo utjecaj vremena uzorkovanja, geografskog položaja, domaćina i vrste uzorka (svježi ili komercijalni čajeви) na bioaktivne spojeve imele.

Mistletoe in Croatia: Impact of location, sample type and sampling time on bioactive compounds

Lidija Kalinić^{1*}, Martina Šrajer Gajdošik², Josip Lujanac², Karlo Kajfeš², Selma Mlinarić¹, Vlatka Gvozdić²

¹Josip Juraj Strossmayer University of Osijek, Department of Biology, Ulica cara Hadrijana 8/A, Osijek, Croatia

²Josip Juraj Strossmayer University of Osijek, Department of Chemistry, Ulica cara Hadrijana 8/A, Osijek, Croatia

*lkalinic@biologija.unios.hr

Keywords: mistletoe, leaves, twigs, antioxidant activity, PCA

Abstract:

Mistletoe (*Viscum album* L.) is known for its medicinal properties and ability to alleviate the symptoms of numerous diseases. The aim of this study was to investigate the influence of location and sampling time on the content of bioactive compounds and antioxidant activity of mistletoe. Freshly harvested leaves and twigs, as well as commercial teas, were analyzed for total soluble polyphenols, antioxidant activity, and pigment concentrations. A higher content of bioactive compounds was found in samples harvested in October compared to February. Fresh leaves and twigs harvested in Istria, Aljmaš, and Petrijevci significantly differed in terms of total soluble polyphenols and antioxidant activity compared to teas. Principal component analysis showed clustering between samples, which is consistent with the results of biochemical analyses. Thus, we confirmed the influence of sampling time, geographical location, host, and sample type (fresh or commercial teas) on mistletoe bioactive compounds.

Ispitivanje uloge izopentenil-difosfat-fosfohidrolaze u mahovini *Physcomitrium patens*

Zrinka Karačić^{1*}, Iva Pavlović², Ralf Reski³, Ondřej Novák², Branka Salopek-Sondi¹

¹ Institut Ruđer Bošković, Bijenička cesta 54, Zagreb, Hrvatska

² Palacký University and Institute of Experimental Botany, Faculty of Science, Šlechtitelů 27, Olomouc, Češka

³ University of Freiburg, Faculty of Biology, Schänzlestrasse 1, Freiburg, Njemačka

*zkaracic@irb.hr

Ključne riječi: izopentenil-difosfat, izopentenil-fosfat, citokinini, *Physcomitrium patens*

Sažetak:

Izopentenil-difosfat-fosfohidrolaza je biljni citosolni enzim koji hidrolizira izopentenil-difosfat (IPP), osnovnu građevnu jedinicu izoprenoida. Neki od produkata biljnog metabolizma čija sinteza počinje molekulom IPP su karotenoidi, klorofili i steroli, te biljni hormoni apscizinska kiselina, giberelini i citokinini. Poznato je da povećana koncentracija izopentenil-(mono)fosfata (IP), produkta djelovanja izopentenil-difosfat-fosfohidrolaze, utječe na razinu sterola i monoterpena u biljkama. Cilj našeg istraživanja bio je ispitati ulogu ove fosfohidrolaze u biosintezi i metabolizmu citokinina. U tu svrhu pripremljene su *knock-out* linije mahovine *Physcomitrium patens*. Na divljem tipu i *knock-out* linijama određen je profil i razina citokinina. Utvrdili smo povećanu količinu *cis*-zeatina i izopentenil-adenina u mutiranim linijama mahovine. Naši rezultati uklapaju se u postojeća saznanja o kompleksnoj regulaciji biosinteze izoprenoida, te potvrđuju ulogu ovog enzima u regulaciji omjera izopentenil-di- i mono- fosfata, IPP/IP. Nova istraživanja posebno su zanimljiva u području inženjeringa biljaka za proizvodnju farmaceutski i industrijski visokovrijednih terpena.

Investigating the role of isopentenyl diphosphate phosphohydrolase in the moss *Physcomitrium patens*

Zrinka Karačić^{1*}, Iva Pavlović², Ralf Reski³, Ondřej Novák², Branka Salopek-Sondi¹

¹ Ruđer Bošković Institute, Bijenička cesta 54, Zagreb, Croatia

² Palacký University and Institute of Experimental Botany, Faculty of Science, Šlechtitelů 27, Olomouc, Czech Republic

³ University of Freiburg, Faculty of Biology, Schänzlestrasse 1, Freiburg, Germany

*zkaracic@irb.hr

Keywords: isopentenyl diphosphate, isopentenyl phosphate, cytokinins, *Physcomitrium patens*

Abstract:

Isopentenyl diphosphate phosphohydrolase is a plant cytosolic enzyme that hydrolyses isopentenyl diphosphate (IPP), the basic building block of isoprenoids. Some of the plant metabolite products whose synthesis starts with IPP are carotenoids, chlorophylls and sterols, as well as plant hormones abscisic acid, gibberellins, and cytokinins. It is known that the increased concentration of isopentenyl (mono)phosphate (IP), the product of the isopentenyl diphosphate phosphohydrolase catalyzed reaction, affects the level of sterols and monoterpenes in plants. The aim of our research was to investigate the role of this phosphohydrolase in the biosynthesis and metabolism of cytokinins. For that purpose, we prepared knock-out lines of *Physcomitrium patens* moss. We measured the profile and levels of cytokinins in the wild-type and knock-out lines. We observed increased amounts of cis-zeatine and isopentenyl adenine in the moss mutant lines. Our results are in agreement with the existing knowledge about the complex regulation of isoprenoid biosynthesis, and confirm the role of this enzyme in the regulation of the ratio of isopentenyl-di- and mono-phosphate, IPP/IP. New research is especially interesting in the field of plant engineering for the production of pharmaceutical and industrial high-value terpenes.

Učinak suše i poplave na fotosintetske pigmente u brokuli i sposobnost njenog ekstrakta da promijeni strukturu DNA

Daria Gmižić, Karlo Miškec*, Ivana Šola

Sveučilište u Zagrebu. Prirodoslovno-matematički fakultet, Biološki odsjek, Horvátovac 102a, Zagreb, Hrvatska

*karlo.miscec@biol.pmf.hr

Ključne riječi: karotenoidi, klorofili, kupusnjače, plazmid, vodeni stres

Sažetak:

Pojava ekstremnih uvjeta postaje sve češća zbog klimatskih promjena, sa značajnim implikacijama na ekosustave i globalnu sigurnost hrane. U okviru ovog rada usporedili smo utjecaj manjka i viška vode u tlu na fotosintetske pigmente klijanaca brokule (*Brassica oleracea* L. convar. *botrytis* (L.) Alef. var. *cymosa* Duch.), kao i na potencijal njihovih ekstrakata da promijene strukturu DNA. Spektrofotometrijskim metodama i tehnikom elektroforeze utvrdili smo da i suša i poplava smanjuju udio klorofila *a*, pri čemu je učinak suše bio značajniji od utjecaja poplave (smanjenje za 18%, odnosno 12%). Udio klorofila *b* također je smanjen pod utjecajem oba tipa vodnog stresa, bez značajne razlike između učinka suše i poplave. Parametar koji je bio osjetljiviji na poplavu nego na sušu su ukupni karotenoidi. I suša i poplava, u usporedbi s kontrolnim biljkama, promijenile su učinak ekstrakata brokule na strukturu DNA plazmida pSgM3_ST6GAL1. Ekstrakt brokula uzgojenih pod uvjetima suše povećao je udio superzavijenog oblika DNA za 27%, dok je ekstrakt brokula izloženih poplavi povećao udio za 36%. Udio konformacije DNA s jednolančanim lomom povećan je za 77%, odnosno 34%. Rezultat sugerira da okolišni stresovi mogu promijeniti učinak ekstrakata biljaka na strukturu DNA.

Effect of drought and flooding on photosynthetic pigments in broccoli and the ability of its extracts to change DNA structure

Daria Gmižić, Karlo Miškec*, Ivana Šola

University of Zagreb, Faculty of Science, Department of Biology, Horvatovac 102a, Zagreb, Croatia

*karlo.miscec@biol.pmf.hr

Keywords: Brassicaceae, carotenoids, chlorophyll, plasmid, water stress

Abstract:

The occurrence of extreme conditions is becoming more frequent due to climate change, with significant implications for ecosystems and global food security. In scope of this work, we compared the effect of shortage and excess of water on photosynthetic pigments of broccoli (*Brassica oleracea* L. convar. *botrytis* (L.) Alef. var. *cymosa* Duch.) sprouts, as well as on the potential of its extracts to alter DNA structure. Using spectrophotometric method and electrophoresis technique, we found that drought and flood reduced the amount of chl *a*, and the effect of drought was more significant (reduction for 18% and 12%, respectively). Chl *b* was also diminished by both types of stress with no significant difference between the effect of drought and flood. Parameter more susceptible to flood than to drought were total carotenoids. Both drought and flood, compared to control plants, altered the effect of extracts on the DNA structure of plasmid pSgM3_ST6GAL1. An extract of drought-stressed broccoli increased the proportion of supercoiled DNA by 27%, while an extract of flood-stressed broccoli increased it by 36%. DNA conformation with a single-strand-break increased by 77% and 34%, respectively. The results suggest that environmental stresses can alter the effect of plant extracts on DNA structure.

From Farm to Pharm – kroz priču o spermidinu

Bojana Blagojević^{1*}, Velimir Mladenov¹

¹ Univerzitet u Novom Sadu, Poljoprivredni fakultet, Departman za ratarstvo i povrtarstvo,
Trg Dositeja Obradovića 8, Novi Sad, Srbija

**bojana.blagojevic@polj.edu.rs*

Ključne riječi: *From Farm to Pharm*, ljudsko zdravlje, biljni stres, precizna hrana, spermidin

Sažetak:

From Farm to Pharm je ilustrativni naziv za naš koncept istraživanja kojim se naglašava značaj poljoprivrede za ljudsko zdravlje. *From Farm to Pharm* obuhvaća, mada nije ograničen na: i) očuvanje bioraznolikosti i prilagodbu na klimatske promjene, ii) proizvodnju precizne hrane (*Precision Food*) – hrane namijene jedinstvenim potrebama pojedinca, i iii) poljoprivredne usjeve kao bogate izvore farmaceutskih komponenti. Ističe i *one-health* perspektivu, stremeći ka proizvodnji hrane koja je vođena zdravstvenim benefitima nutrijenata i koja osigurava zdrav i održiv proces proizvodnje za sve, ljude, životinje, biljke, životnu sredinu i našu planetu. Spermidin, sveprisutni poliamin, sa esencijalnim ulogama kod biljaka i ljudi, potpuno se uklapa u našu *From Farm to Pharm* strategiju. Kako je prisutan u svim biljkama, spermidin učestvuje u razvoju biljke i prilagodbi na širok spektar abiotičkih i biotičkih stresova. Endogeno ili egzogenom primjenom, spermidin pomaže biljkama da se prilagode na nepovoljne uvjete nastale kao posljedica klimatskih promjena. S druge strane, u pogledu ljudskog zdravlja, spermidin se najviše proučava u svrhu zdravog starenja, zbog svog kardioprotektivnog, neuroprotektivnog i antikancerogenog djelovanja. Istraživanje fundamentalnih principa djelovanja spermidina i utiranje puta održivim proizvodima na bazi spermidina za primjenu u poljoprivrednoj praksi, proizvodnji precizne hrane i ciljanoj isporuci farmaceutskih pripravaka su glavne okosnice našeg *From Farm to Pharm* puta.

From Farm to Pharm - through the story of spermidine**Bojana Blagojević^{1*}, Velimir Mladenov¹**

¹ University of Novi Sad, Faculty of Agriculture, Department of Field and Vegetable Crops,
Trg Dositeja Obradovića 8, Novi Sad, Serbia

**bojana.blagojevic@polj.edu.rs*

Keywords: *From Farm to Pharm*, human health, plant stress, *Precision Food*, spermidine

Abstract:

From Farm to Pharm is an illustrative name for our research concept that highlights the relation between agriculture and human health. *From Farm to Pharm* encompasses, but is not limited to: *i*) fostering biodiversity & climate change adaptation, *ii*) *Precision Food* production – food that meets person's unique needs, and *iii*) agricultural crops as valuable sources of pharmaceuticals. It is forcing a one-health perspective, aiming to food development guided by health effects of nutrients and ensuring that food production process is healthy and sustainable for all, humans, animals, plants, environment, and our planet. Spermidine, the ubiquitous polyamine molecule, with essential roles in plants and humans, completely matches our *From Farm to Pharm* strategy. Being present in all plants, spermidine is involved in plant development and adaptation to a wide range of environmental stresses. At the endogenous level or exogenously applied, spermidine helps plants to adapt to harsh climate change conditions. On the other side, from the aspect of human health, spermidine is mainly studied for its healthy-ageing properties, exhibiting cardioprotective, neuroprotective, anti-cancerogenic roles. Examining the fundamentals of spermidine mechanisms of actions and paving the way for sustainable spermidine based products for agriculture, precision food products, and targeted delivery of pharmaceutical formulations are the main pillars of our *From Farm to Pharm* pathway.

Invazivni saveznici: Citotoksični i protugljivični potencijal invazivnih biljaka

Ivana Pavičić^{1*}, Mirela Uzelac Božac¹, Petra Cvjetko², Katarina Caput Mihalić², Barbara Sladonja¹, Ibukun M. Famuyide³, Lyndy J. McGaw³, Jacobus N. Eloff³, Danijela Poljuha¹

¹ Institut za poljoprivredu i turizam, Karla Huguesa 8, 52440 Poreč, Hrvatska

² Sveučilište u Zagrebu, Prirodoslovno-matematički fakultet, Biološki odsjek, Horvatovac 102a, Zagreb, Hrvatska

³ University of Pretoria, Paraclinical Sciences Department, Phytomedicine Programme, P/Bag X04, Onderstepoort, Pretoria 0110, Gauteng, Južnoafrička Republika

*ipavicic@iptpo.hr

Ključne riječi: antibiofilm, biološka aktivnost, genotoksičnost, biljni ekstrakti

Sažetak:

Invazivne biljke bogate su specijaliziranim metabolitima, što ih čini obećavajućim izvorom bioaktivnih fitokemikalija i antioksidansa za farmaceutske primjene. Ova studija, provedena u sklopu projekta NATURALLY koji financira Hrvatska zaklada za znanost, istražuje fitofarmaceutski potencijal ekstrakata cvjetova invazivnih vrsta *Ailanthus altissima* (Mill.) Swingle, *Solidago canadensis* L. i *Helianthus tuberosus* L. Ekstrakti biljaka pripremljeni u 2% dimetil sulfoksidu (DMSO) u mediju (Endothelial Basal Medium-2, Lonza, San Diego, CA) testirani su na citotoksične i genotoksične učinke na stanicama ljudskog epitela jetre (HLEC). Ispitane su također i protugljivični i antibiofilm učinak ekstrakata u tri otapala (70% etanol, 80% metanol i aceton) na modelnim organizmima *Candida albicans* i *Candida parapsilosis*. Samo su ekstrakti vrste *S. canadensis* pokazali citotoksični učinak pri koncentracijama od 1 i 0,5 mg mL⁻¹ u MTT testu. Genotoksični učinak opažen je kod svih ekstrakata pri koncentraciji od 1 mg mL⁻¹ primjenom komet testa. Svi ekstrakti pokazali su protugljivični učinak i pozitivnu antibiofilm aktivnost nakon 24 sata, s varijacijama ovisno o korištenim otapalima. Nadalje, ekstrakti vrste *S. canadensis* pokazali su protugljivični učinak usporediv sa standardnim antimikoticima poput amfotericina. Zaključno, ekstrakti cvjetova tri invazivne vrste pokazali su protugljivična i antibiofilm svojstva bez citotoksičnog učinka u koncentracijama nižim od 1 mg mL⁻¹, što ukazuje na njihov potencijal za farmaceutsku primjenu.

Invading for Good: The cytotoxic and antifungal potential of invasive plants

Ivana Pavičić^{1*}, Mirela Uzelac Božac¹, Petra Cvjetko², Katarina Caput Mihalić², Barbara Sladonja¹, Ibukun M. Famuyide³, Lyndy J. McGaw³, Jacobus N. Eloff³, Danijela Poljuha¹

¹ Institute of Agriculture and Tourism, Karla Huguesa 8, 52440 Poreč, Croatia

² University of Zagreb, Faculty of Science, Department of Biology, Horvatovac 102a, Zagreb, Croatia

³ University of Pretoria, Paraclinical Sciences Department, Phytomedicine Programme, P/Bag X04, Onderstepoort, Pretoria 0110, Gauteng, South Africa

*ipavicic@iptpo.hr

Keywords: antibiofilm, biological activity, genotoxic, plant extracts

Abstract:

Invasive alien plants are rich in specialized metabolites, offering a promising source of bioactive phytochemicals and antioxidants for pharmaceutical applications. This study, conducted as part of the NATURALLY project funded by the Croatian Science Foundation, investigates the phytopharmaceutical potential of flower extracts from invasive species: *Ailanthus altissima* (Mill.) Swingle, *Solidago canadensis* L., and *Helianthus tuberosus* L. The plant extracts prepared in 2% dimethyl sulfoxide (DMSO) in Endothelial Basal Medium-2 (EBM-2, Lonza, San Diego, CA) were tested for cytotoxic and genotoxic effects on human liver-derived endothelial cells (HLEC). Antifungal and antibiofilm activities of extracts in three solvents (70% ethanol, 80% methanol, and acetone) were also evaluated against *Candida albicans* and *Candida parapsilosis*. Only *S. canadensis* extracts showed cytotoxic effects at concentrations of 1 and 0.5 mg mL⁻¹ in the MTT assay. Genotoxic effects were observed in all extracts at 1 mg mL⁻¹ by using comet assay. All species extracts showed antifungal effects and positive antibiofilm activity after 24 h, with variations depending on the solvents used. Furthermore, *S. canadensis* extracts demonstrated antifungal activity comparable to standard antimycotics like amphotericin. Overall, flower extracts of three invasive species demonstrated antifungal and antibiofilm properties without cytotoxicity below 1 mg mL⁻¹, highlighting their potential for pharmaceutical use.

Borba protiv klimatskih promjena - kreiranje klimatski-pametnog suncokreta

Aleksandra Radanović*, Srđan Bursać, Boško Dedić, Milan Jocković, Siniša Jocić, Jelena Jocković, Sandra Cvejić, Ana Marjanović Jeromela, Ankica Kondić-Špika, Dragana Miladinović

Institut od nacionalnog značaja za Republiku Srbiju, Institut za ratarstvo i povrtarstvo, Maksima Gorkog 30, Novi Sad, Srbija

**aleksandra.radanovic@ifvcns.ns.ac.rs*

Ključne riječi: otpornost, uzgoj, multiomika, fenotipizacija

Sažetak:

Kako klimatske promjene napreduju, uvođenje značajnih promjena u strategije uzgoja je imperativ. Neophodno je da oplemenjivači proaktivno ubrzaju razvoj hibrida suncokreta sposobnih izdržati i sadašnje i buduće izazove okoliša kako bi zadovoljili potražnju za uljaricama. U Institutu za ratarstvo i povrtlarstvo, Institutu od nacionalnog značaja za Republiku Srbiju, koristimo jednu od najvećih kolekcija divljeg i gajenog suncokreta kako bismo otkrili i uveli poželjna svojstva u naš oplemenjivački materijal. U okviru naših tekućih nacionalnih projekata i projekata koje financira EU (EC projekt CROPINNO, broj 101059784 i HelEx, broj 101081974; Ministarstvo nauke, tehnološkog razvoja i inovacija Republike Srbije broj projekta 451-03-66/2024-03/200032; IDEJA projekt SMARTSUN, broj 7732457 Fonda za nauku Republike Srbije, bilateralne suradnje između Republike Srbije i Turske SUNFLOWER GENOMED broj 0260207; COST Akcije RECROP CA22157, koristimo suvremene biotehnoške metode za otkrivanje svojstava i gena tolerantnosti na sušu. Poseban naglasak stavljen je na korijenski sustav i ispitivanje svojstava korijena koja bi se mogla koristiti u oplemenjivanju suncokreta. Također ćemo kombinirati transkriptomiku i epigenomiku kako bismo identificirali ne samo gene tolerantne na sušu, već i epigenetske mehanizme koji omogućuju usjevima da se brže prilagode stresnim uvjetima.

Fighting climate change – creating climate-smart sunflower

Aleksandra Radanović*, Srđan Bursać, Boško Dedić, Milan Jocković, Siniša Jocić, Jelena Jocković, Sandra Cvejić, Ana Marjanović Jeromela, Ankica Kondić-Špika, Dragana Miladinović

National Institute of the Republic of Serbia, Institute of Field and Vegetable Crops, Maksima Gorkog
30, Novi Sad, Serbia

**aleksandra.radanovic@ifvcns.ns.ac.rs*

Keywords: resilience, breeding, multi-omics, phenotyping

Abstract:

As climate change progresses, making significant changes in breeding strategies is imperative. It is essential for breeders to proactively expedite the development of sunflower hybrids capable of withstanding both current and future environmental challenges to satisfy the demand for oil crops. At the Institute of Field and Vegetable Crops, a National Institute of the Republic of Serbia, we use one of the largest collections of wild and cultivated sunflowers to discover and introduce desirable traits into our breeding material. In the framework of our ongoing national and EU-funded projects (EC project CROPINNO, grant number 101059784 and HelEx, grant number 101081974; Ministry of Science, Technological Development and Innovation of the Republic of Serbia, grant number 451-03-66/2024-03/200032; IDEAS project SMARTSUN, grant number 7732457, bilateral cooperation project between the Republic of Serbia and Turkey, SUNFLOWER GENOMED grant number 0260207; COST Action RECROP CA22157 we are using modern biotechnological methods to detect drought tolerance traits and genes. Special emphasis is given to the root system and examination of root properties that could be used in sunflower breeding. We will also combine transcriptomics and epigenomics to identify drought-tolerant genes and epigenetic mechanisms that enable crops to adapt to stressful conditions more quickly.

Antunović Dunić, Jasenka	7, 8
Babić, Ivana	13, 14, 15, 16
Balen, Biljana	5, 6
Ban, Doria	29, 30
Banjac, Borislav	21, 22
Batistić, Lucija	15, 16
Bauer, Nataša	9, 10, 11, 12, 23, 24, 31, 32, 33
Benade, Freia	23, 24
Blagojević, Bojana	43, 44
Brkljačić, Lidija	15, 16
Bursać, Srđan	47, 48
Caput Mihalić, Katarina	45, 46
Cvejić, Sandra	47, 48
Cvjetko, Petra	45, 46
Dedić, Boško	47, 48
Dimitrov, Nino	5, 6
Drašković, Bojan	19, 20
Eloff, Jacobus N.	45, 46
Famuyide, Ibukun M.	45, 46
Feher, Teodora	19, 20, 21, 22
Fragkostefanakis, Sotirios	19, 20, 21, 22
Gajanayake, Shanika	19, 20
Gmizić, Daria	41, 42
Gvozdić, Vlatka	37, 38
Hižak, Magdalena	13, 14
Huđ, Anastazija	13, 14, 15, 16
Ivanić, Ariana	33, 34
Jagić, Mateja	9, 10, 11, 12, 33, 34
Jarić, Bernard	35, 36
Jocić, Siniša	47, 48
Jocković, Milan	47, 48
Josković, Jelena	47, 48
Jülke, Sabine	23, 24
Jurčević Šangut, Iva	13, 14, 17, 18
Kajfeš, Karlo	37, 38
Kajić, Sanja	15, 16
Kalinić, Lidija	27, 28, 29, 30, 37, 38
Karačić, Zrinka	39, 40
Keresteš, Gaj	9, 10, 11, 12
Knežević, Dragan	19, 20
Kobelščak, Luka	5, 6
Komazec, Bruno	1, 2, 3, 4

Kondić-Špika, Ankica	47, 48
Košpić, Karla	5, 6
Lazarević, Boris	15, 16
Leljak-Levanić, Dunja	9, 10, 11, 12, 33, 34
Ludwig-Müller, Jutta	23, 24
Lujanac, Josip	37, 38
McGaw, Lyndy J.	45, 46
Marjanović Jeromela, Ana	47, 48
Marković, Iva	35, 36
Matešković, Ana	5, 6
Melnjak, Anja	7, 8, 29, 30
Mešić, Armin	15, 16
Mihaljević, Snježana	35, 36
Miladinović, Dragana	47, 48
Milanović, Jasna	35, 36
Miškec, Karlo	41, 42
Mladenov, Velimir	19, 20, 21, 22, 43, 44
Mlinarić, Selma	13, 14, 27, 28, 29, 30, 37, 38
Novák, Ondřej	39, 40
Palijan, Goran	13, 14, 15, 16
Pavičić, Ivana	45, 46
Pavlović, Iva	39, 40
Peharec Štefanić, Petra	1, 2, 3, 4, 5, 6
Pěňčík, Aleš	23, 24
Peršić, Vesna	7, 8
Petek, Marko	13, 14, 15, 16
Petrić, Ines	13, 14, 15, 16
Petrović, Sofija	19, 20
Poljuha, Danijela	45, 46
Radanović, Aleksandra	47, 48
Rajnović, Ivana	15, 16
Reski, Ralf	39, 40
Salopek-Sondi, Branka	23, 24, 39, 40
Senko, Helena	13, 14, 15, 16
Sladonja, Barbara	45, 46
Smolko, Ana	23, 24
Šafran, Marko	25, 26
Šamec, Dunja	13, 14, 15, 16, 17, 18
Široká, Jitka	23, 24
Šola, Ivana	41, 42
Šrajer Gajdošik, Martina	27, 28, 29, 30, 37, 38
Štancl, Paula	11, 12

Štolfa Čamagajevac, Ivna	29, 30
Šučur, Rada	19, 20, 21, 22
Tkalec, Mirta	5, 6
Tokić, Mirta	33, 34
Udiković Kolić, Nikolina	13, 14, 15, 16
Uzelac Božac, Mirela	45, 46
Varga, Filip	15, 16
Varga, Martina	29, 30
Vicić, Antonia	27, 28
Vidaković-Cifrek, Željka	31, 32
Vidović, Martina	25, 26
Vitko, Sandra	5, 6, 31, 32
Vuk, Tamara	23, 24



Koprivnica, 29. studeni 2024.

Koprivnica, November 29, 2024