

# Simpozij: Izzivi v biologiji rastlin

Zbornik prispevkov



Oddelek za biologijo, Biotehniška fakulteta, Univerza v Ljubljani

15. februar 2023, Ljubljana, Slovenija

# ZBORNİK PRISPEVKOV

Založnik: Katedra za botaniko in fiziologijo rastlin, Oddelek za biologijo, Biotehniške fakultete Univerze v Ljubljani

## Zbornik prispevkov predstavljenih na simpoziju »Izzivi v biologiji rastlin«

Izdajatelj in založnik:	Katedra za botaniko in fiziologijo rastlin, Oddelek za biologijo, Biotehniška fakulteta Univerza v Ljubljani
Zbrala in uredila:	Jure Mravlje in Katarina Vogel-Mikuš
Oblikovanje:	Jure Mravlje
Naslov uredništva:	Katedra za botaniko in fiziologijo rastlin, Oddelek za biologijo, Biotehniška fakulteta UL, Večna pot 111, SI-1000 Ljubljana
Fotografija z naslovnice:	Modrikasti mošnjak ( <i>Noccaea caerulescens</i> ) fotografiran na vlažnem pobočju ob robu travnika v Lokovcu (avtorica: Valentina Bočaj).
Leto izida:	junij 2023
Kraj izida:	Ljubljana
Naklada:	Elektronska izdaja

Zbornik recenziranih prispevkov.

Število strani: 30

Katalogni zapis o publikaciji (CIP) pripravili v Narodni in univerzitetni knjižnici v Ljubljani

COBISS.SI-ID=155718659

ISBN 978-961-6822-97-8 (PDF)

(dostopno: <https://repozitorij.uni-lj.si/IzpisGradiva.php?id=146812>)

## **Splošne informacije o simpoziju**

Simpozij »Izzivi v biologiji rastlin« je potekal v sredo, 15. februarja 2023 s pričetkom ob 9. uri. Lokacija simpozija je bila predavalnica B5 na Oddelku za biologijo, Biotehniške fakultete, Univerze v Ljubljani na Večni poti 111, 1000 Ljubljana. V sklopu simpozija so potekale kratke (15-minutne) predstavitve znanstvenih prispevkov, ki so jih pripravili člani Programske skupine Biologija rastlin (P1-0212), na koncu pa je sledila razprava in pogled v prihodnost raziskav na področju rastlinske biologije.

### **Organizacijski odbor dogodka:**

- Katarina Vogel-Mikuš
- Marjana Regvar
- Jure Mravlje

Kontakt: [katarina.vogelmikus@bf.uni-lj.si](mailto:katarina.vogelmikus@bf.uni-lj.si)

## PROGRAM SIMPOZIJA

**8:30 – 9:00: prihod udeležencev**

**9:00 – uvodni pozdrav in predstavitev delovanja programske skupine (Katarina Vogel-Mikuš)**

### 1. sekcija: Splošna in sistematska botanika

- 9:30 **Jasna Dolenc Koce**: Velikost jedrnega genoma kot znak za ločevanje taksonov
- 9:45 **Sabina Anžlovar in Jasna Dolenc Koce**: Biološka aktivnost invazivnih rastlin
- 10:00 **Simona Strgulc Krajšek in sod.**: Raziskave razmnoževanja invazivnih tujerodnih vrst rastlin
- 10:15 **Žan Lobnik Cimerman in sod.**: Razširjenost in biologija mahov
- 10:30 **Nejc Jogan in sod.**: Taksonomske kritične skupine v ekoloških raziskavah mokrišč

**10:45 – 11:00 odmor za kavo in prigrizke**

### 2. sekcija: Ekologija rastlin

- 11:00 **Anja Mavrič Čermelj in sod.**: Pomen silicija za rastline v sušnem stresu,
- 11:15 **Nik Ojdanič in sod.**: Uporaba tehnik daljinskega zaznavanja v ekoloških raziskavah mokrišč Slovenije
- 11:30 **Tadeja Trošt Sedej in sod.**: Raznolik odziv alpskih rastlinskih vrst na sevalne in temperaturne razmere v alpskem okolju

### 3. sekcija: Fiziologija rastlin

- 11:45 **Marjana Regvar in sod.**: Mikrobiom navadne in tatarske ajde: struktura, dinamika in pomen za kalitev
- 12:00 **Valentina Bočaj in sod.**: Medvrstna in znotrajvrstna primerjava transkriptoma listov hiperakumulacijskih vrst *Noccaea praecox* in *N. caerulescens* v Sloveniji
- 12:15 **Paula Pongrac in sod.**: Lokalizacija in vezavne oblike železa in cinka v zrnu navadnega prosa (*Panicum miliaceum* L.)

### 4. sekcija: Biološko izobraževanje

- 12:30 **Iztok Tomažič**: Prenos novih spoznanj s področja Biologije rastlin v izobraževanje in promocija znanosti

**13:00 – razprava in zaključne besede (Katarina Vogel-Mikuš)**

## KAZALO VSEBINE

<b>1. SEKCIJA: SPLOŠNA IN SISTEMATSKA BOTANIKA</b> .....	1
Dolenc Koce: VELIKOST JEDRNEGA GENOMA KOT ZNAK ZA LOČEVANJE TAKSONOV .....	2
Anžlovar in Dolenc Koce: BIOLOŠKA AKTIVNOST INVAZIVNIH VRST.....	4
Strgulc Krajšek in sod.: RAZISKAVE RAZMNOŽEVANJA INVAZIVNIH TUJERODNIH VRST RASTLIN .....	6
Lobnik Cimerman in sod: RAZŠIRJENOST IN BIOLOGIJA MAHOV .....	8
Jogan in sod: TAKSONOMSKE KRITIČNE SKUPINE V EKOLOŠKIH RAZISKAVAH MOKRIŠČ .....	10
<b>2. SEKCIJA: EKOLOGIJA RASTLIN</b> .....	12
Mavrič Čermelj in sod.: POMEN SILICIJA ZA RASTLINE V SUŠNEM STRESU .....	13
Ojdanič in sod.: UPORABA TEHNIK DALJINSKEGA ZAZNAVANJA V EKOLOGIJI MOKRIŠČ SLOVENIJE .....	15
Trošt Sedej in sod.: RAZNOLIK ODZIV ALPSKIH RASTLIN NA SEVALNE IN TEMPERATURNE RAZMERE V ALPSKEM OKOLJU .....	17
<b>3. SEKCIJA: FIZIOLOGIJA RASTLIN</b> .....	19
Regvar in sod.: MIKROBIOM NAVADNE IN TATARSKE AJDE: STRUKTURA, DINAMIKA IN POMEN ZA KALITEV .....	20
Bočaj in sod.: MEDVRSTNA IN ZNOTRAJVRSTNA PRIMERJAVA TRANSKRIPTOMA LISTOV HIPERAKUMULACIJSKIH VRST <i>Noccaea praecox</i> IN <i>N. caerulescens</i> V SLOVENIJI .....	22
Pongrac in sod.: LOKALIZACIJA IN VEZAVNE OBLIKE ŽELEZA IN CINKA V ZRNU NAVADNEGA PROSA ( <i>Panicum miliaceum</i> L.).....	25
<b>4. SEKCIJA: BIOLOŠKO IZOBRAŽEVANJE</b> .....	28
Tomažič: PRENOS NOVIH SPOZNANJ S PODROČJA BIOLOGIJE RASTLIN V IZOBRAŽEVANJE IN PROMOCIJA ZNANOSTI.....	29

# 1. SEKCIJA: SPLOŠNA IN SISTEMATSKA BOTANIKA

# VELIKOST JEDRNEGA GENOMA KOT ZNAK ZA LOČEVANJE TAKSONOV

Jasna DOLENC KOCE\*

Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za biologijo, Ljubljana, Slovenija

jasna.dolenc.koce@bf.uni-lj.si (\*)

**Uvod:** Velikost genoma je določena s količino DNA v jedru, ki je konstantna, tako med celicami posameznega organizma kot med posameznimi osebki iste vrste, in je vrstno specifična. Količino jedrne DNA običajno izražamo kot vrednost C, pri čemer vrednost 1C predstavlja količina nepodvojenega haploidnega genoma osebk, npr. v jedrih tetrad po mejozi. V somatskih celicah sporofitov, ki se mitotsko delijo, jedra vsebujejo vrednosti od 2C (telofaza mitoze, faza G1) do 4C (faza G2, profaza mitoze) ter vmesne vrednosti, ko se DNA med fazo S podvojuje. Najmanjša in največja vrednost C znotraj posamezne stopnje ploidnosti sta v razmerju 1:2. Vrednost C je neodvisna od števila kromosomov, ki se znotraj vrste lahko spreminja zaradi poliploidnosti. Med različnimi evkariotskimi organizmi so razlike v velikosti genoma tudi do 200.000-kratne, vendar niso neposredno povezane s kompleksnostjo organizmov. Med rastlinami imajo zelo variabilen genom kritosemenke, pri katerih se vrednosti 2C razlikujejo za okoli 1000-krat, od 0,3 pg pri vrsti *Arabidopsis thaliana* do 254,8 pg DNA pri vrsti *Fritillaria assyriaca*. Pri golosemenkah so razlike v velikosti genoma med vrstami majhne. Velikost genoma skupaj s številom kromosomov predstavlja vrstno specifičen znak, ki je lahko pomemben za ločevanje vrst ali populacij.

**Metode:** Pretočna citometrija in mikrodenzitometrija. V okviru slednje se je v preteklosti največ uporabljalo fotocitometer, ki ga z razvojem računalniških programov za analizo slike nadomešča slikovna citometrija. Pri tem računalniški sistem za analizo slike zajame izvorno mikroskopsko sliko preko digitalne ali video kamere ter za vsako točko v jedru (piksel) izmeri sivo vrednost ter izračuna transmisijo in optično gostoto. Slikovna citometrija na istem preparatu omogoča tudi določanje števila kromosomov in stopnje ploidnosti, ob uporabi enakih postopkov barvanja. Preparati za slikovno citometrijo so trajni in tako na voljo za več meritev. Količino DNA s slikovno citometrijo najpogosteje merimo v delečih se celicah meristemskih tkiv, ki jih predhodno obarvamo s Feulgenovo reakcijo. Meritve potekajo po standardnem postopku (hidroliza s 5 N HCl, čas odvisen od predhodne izbire fiksativa, običajno 60 ali 90



min pri 20 °C), kot umeritveni standard uporabljamo grah (*Pisum sativum*) s pripisano vrednostjo 2C je 8,84 pg DNA.

**Rezultati in zaključki:** Kot primera uporabe slikovne citometrije predstavljam dve raziskavi. Invazivni dresniki (*Fallopia* sp.) se intenzivno širijo predvsem ob vodotokih in izpodrivajo ostalo floro. S slikovno citometrijo smo ugotovili, da ima vedno bolj razširjen križanec češki dresnik (*F. x bohémica*) velikost genoma med starševskima vrstama, torej med japonskim (*F. japonica*) in sahalinskim (*F. sachalinensis*) dresnikom. Te raziskave smo v nadaljevanju dopolnili še z molekulskimi analizami kloroplastne in jedrne DNA. Ker sta si japonski in češki dresnik morfološko precej podobna in lahko rasteta tudi skupaj v istih sestojih, je citogenetska analiza pomemben dodaten in zanesljiv razlikovalni znak. Tudi v primeru bekic (*Luzula*) iz sekcije *Luzula* smo ugotovili, da imajo nekatere morfološko podobne vrste različno velikost jedrnega genom oz. enako velikost in različna kromosomska števila zaradi agmatopoliploidije, kar je vodilo v opis dveh novih vrst bekic: *L. divulgatiformis* s holotipom na Krasu in *L. exspectata* s holotipom na Karavankah. S takimi raziskavami nadaljujemo še na vzorcih iz drugih predelov Alp ter pri mlečkih (*Euphorbia*) iz sekcije *Esula*.

# BIOLOŠKA AKTIVNOST INVAZIVNIH VRST

Sabina ANŽLOVAR\*, Jasna DOLENC KOCE

Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za biologijo, Ljubljana, Slovenija

sabina.anzlovar@bf.uni-lj.si (\*)

**Uvod:** Invazivne tujerodne vrste predstavljajo globalen problem, saj v novih okoljih negativno vplivajo na ekosisteme. Če jih ne odstranjujemo pravočasno, lahko na novih rastiščih že v nekaj sezonah tvorijo goste sestoje. Njihova velika biomasa predstavlja velik okoljski problem in povzroča ekonomsko škodo, po drugi strani pa odpira ideje o tem, kako bi jo lahko izkoristili. Glede na veliko uspešnost invazivnih vrst je pričakovano, da vsebujejo različne strategije invazivnosti, pri čemer pomembno vlogo igrajo tudi sekundarni metaboliti. Tako je lahko velika biomasa invazivnih vrst, ki jo pridobimo z rednim odstranjevanjem, vir surovin za pridobivanje učinkovin z biološko aktivnostjo. V Sloveniji med najpogostejše in najbolj problematične invazivne rastline spadajo vrste iz rodov dresnik (*Fallopia*), žvrklja (*Ambrosia*) in zlata rozga (*Solidago*). V naših raziskavah smo doslej preverili biološko aktivnost izvlečkov in eteričnih olj zlate rozge (*Solidago canadensis*, *S. gigantea*), dresnikov (*Fallopia japonica*, *F. x bohemica*), ditrihovk (*Dittrichia graveolens*) in pelinov (*Artemisia verlotiorum*). Protimikrobno aktivnost izvlečkov in eteričnih olj smo testirali na bakterijskih in glivnih vrstah, ki povzročajo težave na področju medicine in živilske industrije.

**Metode:** Protiglivno učinkovitost izvlečkov in eteričnih olj iz listov, cvetov, korenin ali celotnih nadzemnih delov izbranih vrst smo določali s pomočjo dilucijske metode na agarju. Za poskuse smo uporabili različne koncentracije pripravkov v vsaj treh ponovitvah. Testirali smo glivne vrste, ki smo jih predhodno izolirali s površine kalečih zrn pšenice (*Alternaria alternata*, *Alternaria infectoria*, *Aspergillus flavus*, *Epicoccum nigrum*, *Fusarium poae*) in ajde (*Botrytis cynerea*, *Aureobasidium pullulans*), ter standardno glivno vrsto *Penicillium palitans*. Po sedemdnevni inkubaciji smo fotografirali glivne micelije in izmerili njihovo površino (P) z računalniškim programom ImageJ. Inhibicijo rasti smo izračunali po enačbi: Inhibicija rasti (%) =  $(P_{\text{kontrola}} - P_{\text{izveček}}) / P_{\text{kontrola}} * 100$ . Rezultate smo statistično obdelali in za ugotavljanje značilnih razlik uporabili *ANOVA* test. Protibakterijsko aktivnost eteričnih olj smo testirali s prilagojeno difuzijsko metodo na agarju. V testih smo uporabili po Gramu pozitivne (*B. subtilis* L519, *L. monocytogenes* L606, *Paenibacillus* sp. L564, *S. aureus* H-MRSA 2135, *S.*

*pseudintermedius* MRSP 1342) in po Gramu negativne (*E. coli* DH5, *E. coli* 3273, *E. coli* Ž39, *K. pneumoniae* RPC1705, *S. enterica* TL747) bakterijske vrste oz. seve. Prekonočne bakterijske kulture smo prenesli na trdno LB-gojišče in jih s sterilnimi steklenimi kroglicami enakomerno razmazali po plošči. Na površino gojišča smo položili sterilne papirnate diske, na katere smo nanесли posamezno eterično olje. Po 24 h inkubacije smo izmerili premer cone inhibicije rasti okoli posameznega diska.

**Rezultati in zaključki:** Eterična olja so se v testih *in vitro* pokazala učinkovitejša kot izvlečki. Eterična olja zlate rozge so pokazala dober potencial za uporabo v medicini, saj preprečujejo rast nekaterih odpornih bakterijskih vrst. Prav tako imajo potencial za uporabo v živilski industriji, saj preprečujejo rast bakterij in gliv, ki se pojavljajo na živilih. Koreninski izvlečki japonskega dresnika so imeli boljšo protibakterijsko in protiglivno aktivnost kot listni, eterična olja dresnikov pa so zavirala rast po Gramu pozitivnih bakterij. Med izvlečki pelinov je imel etanolni izvleček listov *A. verlotiorum* najširši spekter delovanja na glive, vendar je bil njegov protiglivni učinek manjši glede na azoksistrobin, ki velja za fungicid s širokim spektrom delovanja. Metanolni izvleček smrdljive ditrihovke pa je učinkovito zavrl rast patogene glive *Fusarium poae*. Rezultati kažejo, da so invazivne vrste dober vir za izolacijo biološko aktivnih snovi in da so potencialno zanimive za proizvodnjo naravnih protimikrobnih sredstev tako v medicini kot v živilski industriji.

# RAZISKAVE RAZMNOŽEVANJA INVAZIVNIH TUJERODNIH VRST RASTLIN

Simona STRGULC KRAJŠEK\*, Jasna DOLENC KOCE, Tinka BAČIČ, Aleš KLADNIK

Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za biologijo, Ljubljana, Slovenija

simona.strgulc@bf.uni-lj.si (\*)

**Uvod:** Raziskave biologije invazivnih tujerodnih vrst rastlin (ITR), predvsem njihovega razmnoževanja in načinov razširjanja, so ključne za načrtovanje učinkovitih strategij upravljanja s temi vrstami, kot so preprečevanje širjenja, načrtovanje odstranjevanja rastlin iz narave ter ravnanje z odstranjenim rastlinskim materialom. Izkazalo se je, da veliko priporočil, ki so objavljena na spletu in v različnih priročnikih, ne temelji na rezultatih znanstvenih raziskav, saj takih raziskav v svetovnem merilu skorajda ni. Za rastlinski material, ki vsebuje semena ali dele za vegetativno razmnoževanje zato velja priporočilo, da se ga odda v sežig, kar pa predstavlja precejšen strošek. V dveh naših raziskavah smo se osredotočili na več vrst okrasnih rastlin tujerodni barvilnici (*Phytolacca americana* in *P. acinosa*).

**Metode:** Raziskali smo, kako rastlinski deli, s katerimi se izbrane okrasne ITR vegetativno razmnožujejo, preživijo različne načine odlaganja rastlinskega materiala, ki so običajni na vrtovih. Sušenje in kompostiranje na odprtih kompostnih kupih sta se izkazala kot precej učinkovita načina, medtem ko je shranjevanje materiala v zaprtih plastičnih vrečah poponoma neprimerna metoda, saj rastline v njih preživijo vsaj 5 mesecev. Preverili smo tudi možnost širjenja lesnih okrasnih ITR s pomočjo materiala zmletega z drobilcem vej. Tak material je varno uporabiti za zastirko le, če ga pred uporabo temeljito posušimo, saj iz svežih zdrobljenih delov lahko zrastejo nove rastline.

Navadna in krhljasta barvilnica sta invazivni vrsti, ki se v zadnjih letih vse bolj širita tudi v Sloveniji. Zrele plodove raznašajo ptice, lepljiva semena pa se oprimejo gozdne mehanizacije, ko na primer odstranjujejo rastje pod daljnovodi, kjer je navadna barvilnica že precej prisotna. Učinkovit način za odstranjevanje rastlin iz narave je izkopavanje celih rastlin, kar je smiselno opraviti pred plodenjem. Pri odstranjevanju plodečih rastlin pa je treba zelo paziti, da nehote ne razširimo semen. To pomeni, da je treba naprej z rastlin porezati vse grozde s plodovi in jih odstraniti ločeno. Zanimalo nas je, pri kateri zrelosti plodov je ločeno zbiranje grozdov že

smiselno, in izkazalo se je, da so semena kaljiva že v nezrelih, popolnoma zelenih plodovih obeh vrst barvilnic. Prav tako smo ugotovili, da plodovi nadaljujejo zorenje na odrezanih rastlinah. Na podlagi rezultatov smo pripravili protokol za odstranjevanje barvilnic iz narave in ravnanje z odstranjenimi deli rastlin.

**Rezultati in zaključki:** Marsikje v Sloveniji ni na voljo odlagališča za varno odlaganje odstranjenih ITR. V Ljubljani tak material zbira podjetje Voka-Snaga in ga iz previdnostnih razlogov še vedno oddaja v sežig. Zato preverjamo, ali semena izbranih ITR preživijo postopek higienizacije v procesu industrijskega kompostiranja v RCERO. Del poskusa s kompostiranjem semen 26 izbranih ITR smo izpeljali jeseni 2022, testne kalitve pa bomo po procesu stratifikacije začeli izvajati pozimi 2023. Rezultati bodo izjemno pomembni za načrtovanje nadaljnjega ravnanja z odstranjenimi ITR. V prihodnji sezoni bomo izvedli še testiranje preživetja delov za vegetativno razmnoževanje ITR.

# RAZŠIRJENOST IN BIOLOGIJA MAHOV

Žan LOBNIK CIMERMAN<sup>1</sup>, Tinka BAČIČ<sup>1</sup>, Lado KUTNAR<sup>2</sup>, Simona STRGULC KRAJŠEK<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup> Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za biologijo, Ljubljana, Slovenija

<sup>2</sup> Gozdarski inštitut Slovenije, Ljubljana, Slovenija

simona.strgulc@bf.uni-lj.si (\*)

**Uvod:** Slovenija z 816 vrstami mahov<sup>1</sup> velja za eno najbogatejših območij Evrope, a jim v zadnjih desetletjih ni bilo posvečeno dovolj pozornosti, na kar kaže podatek, da je kar 20 % vrst uvrščenih v kategorijo premalo poznanih vrst Rdečega seznama mahov Slovenije [1]. Ta slika se v zadnjih letih nekoliko popravlja zaradi objav rezultatov raziskav dr. Martičniča in nekoliko bolj sistematičnega popisovanja mahov, s čimer skušamo zapolniti največje ekološke in geografske vrzeli. Eden najslabše raziskanih habitatov v Sloveniji so ekstenzivno obdelane njive, kjer uspevajo številne, večinoma enoletne vrste listnatih mahov in jetrenjakov ter rogovnjaki. Mednje sodijo rozetasti jetrenjaki (*Riccia*), ki so bili v Sloveniji zelo slabo raziskani. Na Rdečem seznamu iz leta 2016 je 6 vrst, od tega 5 vrst s podatki izpred leta 1930. V zadnjih treh letih smo v Sloveniji potrdili uspevanje 9 vrst, 4 vrste so bile odkrite na novo, za 4 pa lahko že trdimo, da so pri nas precej pogoste [2].

**Metode:** Z raziskavo mahov v gozdnih habitatih Pohorja smo ugotovili, da so odlični pokazatelji ekoloških razmer v gozdu in da lahko na podlagi prisotnosti vrst mahov zanesljivo razlikujemo med različnimi gozdnimi habitatnimi tipi [3]. V okviru projekta Life-IP raziskujemo vrste, ki jih varuje sistem Natura 2000. Potrdili smo številna stara nahajališča štirih vrst s tega seznama (*Mannia triandra*, *Dicranum viride*, *Buxbaumia viridis* in *Hamatocaulis vernicosus*) ter našli številna nova nahajališča teh naravovarstveno pomembnih vrst. Vrsta *Messia longiseta* še vedno velja za lokalno izumrlo. Leta 2022 je bila v zgornjem Posočju najdena še ena vrsta s seznama Natura 2000, *Orthotrichum rogeri*, ki se ji bomo posvetili v prihodnje in pripravili podlago za njeno umestitev v slovensko omrežje območij Natura 2000.

**Rezultati in zaključki:** Poleg florističnih raziskav smo se usmerili tudi na potencialno uporabnost mahov. Raziskujemo vpliv izvlečkov izbranih mahov na kalitev redkvice, v

izvlečkih 40 vrst mahov pa skupaj s kolegi z biokemije iščemo membransko aktivne proteine, ki so lahko uporabni pri izdelavi naravnih pesticidov. Nabiranje mahov v večjih količinah v naravi je problematično, saj lahko vpliva na zmanjšanje populacij, poleg tega pa so mahovi v naravi tesno povezani z raznolikimi mikroorganizmi. Zato začnemo mahove gojiti v tkivnih kulturah, pri čemer sodelujemo s kolegi iz Beograda. V okviru ravnega začetega doktorskega projekta bomo dopolnili poznavanje flore jetrnjakov v Sloveniji in raziskali vrste, za katere je poznano, da uspevajo tudi v okolju, onesnaženem s težkimi kovinami. Mednje sodi tudi modelna vrsta *Marchantia polymorpha*, s katero že izvajamo pilotni poskus gojitve na s težkimi kovinami onesnaženi zemlji.

#### **Viri in literatura:**

- [1] Martinčič, A. (2016). Updated Red List of bryophytes of Slovenia. *Hacquetia* 15: 107–126.2.
- [2] Strgulc Krajšek, S. in Lobnik Cimerman, Ž. (2022). The rediscoveries of *Riccia* species in Slovenia. 10th Conference of European Committee for Conservation of Bryophytes, 24.-27.5.2022. Book of abstracts, p. 14.
- [3] Lobnik Cimerman, Ž. (2022). Mahovi gozdnih in barjanskih habitatnih tipov Pohorja, magistrsko delo. Biotehniška Fakulteta, Ljubljana.

# TAKSONOMSKE KRITIČNE SKUPINE V EKOLOŠKIH RAZISKAVAH MOKRIŠČ

Nejc JOGAN\*, Mateja GERM, Tinka BAČIČ, Igor ZELNIK

Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za biologijo, Ljubljana, Slovenija  
nejc.jogan@bf.uni-lj.si (\*)

**Uvod:** Rutinske ekološke raziskave pogosto površno določajo taksone iz taksonomsko kritičnih skupin, kar je razširjena praksa tudi pri siceršnjem terenskem florističnem delu. Prav v ekoloških raziskavah, kjer se posamezne "male vrste" (mikrospecies, sibling species) kljub siceršnji navidezni podobnosti lahko bistveno razlikujejo po svojih ekoloških zahtevah, je to načeloma nedopustno. Taksonomska kritičnost posamezne skupine ozko sorodnih vrst (navadno jih obravnavamo kot aggregate, okrajšava agg.) je pogosto rezultat poliploidije kot glavnega dejavnika evolucije, kar je v rastlinskem svetu zelo razširjen pojav. Žal so tudi v širšem geografskem območju ekološke zahteve „malih vrst“ pogosto neraziskane ali parcialno raziskane, ker pa je v naši soseščini večja stopnja raziskanosti predvsem severno od Alp, je problematika toliko bolj zapletena južno od Alp, na stiku z Dinaridi, kjer je tudi biodiverziteteta flore večja. Tako je boljše znanje o ekoloških zahtevah taksonomsko kritičnih skupin ključno tudi za razumevanje biodiverzitete, v današnjih razmerah turbulentne klima pa prav tako ali še bolj zaradi razumevanja specifične ogroženosti mokrišč in visokogorja ter razumevanja obstoječih (ali nujnih) migracijskih koridorjev za ogrožene vrste. Dalje je sama poliploidizacija kot proces hitrega evolucijskega prilagajanja lahko ključ za dolgoročno preživetje nekaterih evolucijskih linij. Potrebujemo torej razvoj orodij za zanesljivo prepoznavanje težko ločljivih taksonov, kar bi omogočilo prepoznavanje in ustrezno razumevanje mikrotaksonov tudi v ekoloških raziskavah, hkrati pa tudi aplikacijo rezultatov v širši zainteresirani javnosti (in morebitno vključitev "citizens' science").

**Metode:** Izbranih taksonomsko kritičnih skupin bi se lotili najprej z revizijo herbarijskega materiala z morfometričnimi in fenološkimi analizami, vključno z meritvami, ki posredno kažejo stopnjo ploidnosti (velikost listnih rež, velikost pelodnih zrn). S tem bi dobili prvo grobo sliko biogeografskega in ekološkega vzorca diverzifikacije znotraj taksonomsko kritične skupine, na podlagi tega bi sledilo načrtovanje sistematičnega vzorčenja na terenu v znanih (ogroženih) habitatnih tipih, z višinskim in geografskim razponom. Vsako vzorčenje bi



spremljal fitocenološki popis združbe, v kateri je prisotna iskana populacija, ocena ekoloških parametrov na terenu, nadaljnje ekološke parameter pa bi posredno ugotavljali preko indikatorskih vrednosti popisanih vrst v združbi. Vzorce s terena bi analizirali kariološko, da bi ugotovili kromosomsko število, vzporedno pa bi z nadaljnjimi morfometričnimi raziskavami iskali taksonomsko pomembne znake. Za razumevanje stopnje ogroženosti posamezne populacije bi naredili dalje presojo ogroženosti posameznih prepoznanih taksonov ter v tem okviru presojo verjetnosti spontane migracije vzdolž razpoložljivih koridorjev s primerljivo ohranjenimi ekološkimi razmerami. Nekaj prvih objektov preučevanja, za katere se ve, da predstavljajo poliploidne komplekse z nezadostnim poznavanjem diverzitete na našem območju in so vezani na mokriščne ekološke razmere, bi bilo: *Deschampsia cespitosa* (podvrste, poliploidnost), *Bolboschoenus maritimus* agg. (male vrste, poliploidnost), *Molinia* (vrste/podvrste, poliploidnost, križanje), *Sparganium erectum* (vrste/podvrste, poliploidnost), *Batrachium* (vrste/podvrste, poliploidnost, križanje), *Eleocharis* (vrste/podvrste, poliploidnost), *Potamogeton* (ozkolistni, križanci).

**Rezultati in zaključki:** Načrtovane raziskave bi pomembno povezale dve raziskovalni skupini, ki bi s svojo kompatibilno ekspertizo (floristika in taksonomija praprotnic in semenk ter ekofiziologija in fitocenologija) lahko osvetlile kompleksne razloge za trenutno situacijo in ponudile tudi uvid v morebitne rešitve nekaterih ogroženih populacij. Nadalje bi bili rezultati uporabni tudi na širšem prostoru južno od Alp, kjer je v resnici ukvarjanje s taksonomsko kritičnimi skupinami dokaj podhranjeno kot rezultat ekstremno visoke rastlinske diverzitete, hkrati pa se v teh predelih soočajo s podobnimi naravovarstvenimi problem in izzivi. Nadaljnja tematska področja, na katerih vidimo možnost širšega sodelovanja znotraj programske skupine bi bila še: mikoriza kot dejavnik uspešne kolonizacije hiperproduktivnih tujerodnih invazivnih vrst, raznolikost mikrolaskov trav s stališča strukture in funkcije, ekstremofiti urbanih habitatnih tipov (ekofiziologija, fitocenologija), ekstremofiti soljenih cestnih robov. Prav tako pa nadaljnje multidisciplinarne analize drugih poliploidnih taksonomsko kritičnih skupin (npr. *Galium sylvaticum* agg.) in/ali raziskave sekundarne variabilnosti populacij tujerodnih vrst, ki so v novi domovini preko križanj in poliploidizacije vstopile v proces naturalizacije ter celo prišle do invazivnosti (podivjane tujerodne trte, ki jih uporabljajo kot podlago za cepljenje).

## 2. SEKCIJA: EKOLOGIJA RASTLIN

# POMEN SILICIJA ZA RASTLINE V SUŠNEM STRESU

Anja MAVRIČ ČERMELJ\*, Aleksandra GOLOB, Mateja GERM

Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za biologijo, Ljubljana, Slovenija

anja.mavric@bf.uni-lj.si (\*)

**Uvod:** Podnebne spremembe povzročajo daljša obdobja suše, kar vpliva na količino pridelka in posredno razpoložljive hrane za ljudi. Silicij je za rastline koristen element, ki poveča odpornost rastlin na stres zaradi različnih abiotskih in biotskih dejavnikov. Rastline vsebujejo različne koncentracije Si in ga privzemajo na različne načine. V tleh je za rastline dostopen le v obliki monosilicijeve kisline. Si se lahko nalaga v apoplast listov. Si omili stres zaradi pomanjkanja dostopne vode tako, da stimulira kalitev semen, poveča suho maso korenin, spodbudi rast poganjkov in poveča razmerje med koreninami in poganjki. Na fiziološkem nivoju Si spodbuja nalaganje topljencev (zviša vsebnost prolina in skupnih topnih sladkorjev). Si vpliva na lignifikacijo celične stene in posledično uravnava sintezo asimilatov in učinkovitost transporta. Si pozitivno vpliva na transkripcijo genov za akvaporine. Ob pomanjkanju dostopne vode poveča privzem hranil. Si zniža oksidativni stres, ki nastane ob akumulaciji reaktivnih kisikovih spojin, prek encimskih (npr. SOD, CAT, APX, POD) in neencimskih antioksidantov (AsA).

**Metode:** Da bi ugotovili, kako različne koncentracije Si vplivajo na ječmen, smo izvedli poskus na hidroponskem sistemu. Rastlinam smo dodali različno količino  $K_2SiO_3$  ter v hranilni raztopini spremljali količino dostopnega Si, pH in električno prevodnost. Vpliv Si pri zmanjševanju sušnega stresa smo raziskovali z lončnim poskusom. Večja korita smo napolnili z zemljo in del rastlin izpostavili pomanjkanju vode ter jim dodajali  $K_2SiO_3$  v treh različnih rastnih fazah. Poskus smo izvedli na prostem, pod streho, ki je preprečevala namakanje zaradi padavin in je prepuščala IR, vidno in UV svetlobo. Merili smo vlažnost zemlje ter po potrebi rastline zalivali, da smo vzdrževali zelene razmere. Med poskusi smo merili transpiracijo in fotokemično aktivnost fotosistema (FS) II. Po koncu poskusov smo izmerili dolžino korenin, dolžino poganjkov, svežo in suho maso korenin in poganjkov, presevnost listov, odbojnost listov, prešteli trihome na listih, določili elementno sestavo, količino klorofila a, klorofila b, karotenoidov, stopnjo lipidne peroksidacije, ETS aktivnost mitohondrijev, količino prolina in vsebnost vode v listih.

**Rezultati in zaključki:** V hidroponskem poskusu smo ugotovili, da koncentracija dodanega  $K_2SiO_3$  vpliva na elementno sestavo korenin in poganjkov. Z višanjem koncentracije  $K_2SiO_3$  se povečuje vsebnost Si, K, Cl in zmanjšuje vsebnost Ca, Fe, Zn. Listi rastlin brez dodanega Si so bili na otip mehkejši, z opaznimi nekrozami in s hitrejšo senescenco. Rastline, tretirane z 0,5 mM, Si so vsebovale največ skupnih klorofilov, imele najdaljše korenine in najvišjo ETS aktivnost. Rezultati lončnega poskusa s sušo nakazujejo, da dodajanje Si v različnih rastnih fazah vpliva na odbojnost listov. Zaznali smo razlike v koncentraciji prolina v rastlinah, tretiranih s sušo ter z/brez dodanega Si. Raziskave bomo nadaljevali s sušnimi razmerami na hidroponskem načinu ter s poskusi na dvokaličnici (navadni kumari).

# UPORABA TEHNIK DALJINSKEGA ZAZNAVANJA V EKOLOGIJI MOKRIŠČ SLOVENIJE

Nik OJDANIČ\*, Igor ZELNIK, Matej HOLCAR, Mateja GERM, Alenka GABERŠČIK,  
Aleksandra GOLOB

Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za biologijo, Ljubljana, Slovenija  
nik.ojdanic@bf.uni-lj.si (\*)

**Uvod:** Metode, ki se izvajajo na terenu, so natančne in zanesljive, vendar so časovno zahtevne, pogosto destruktivne in omejene na manjše površine. Daljinsko zaznavanje predstavlja časovno in cenovno ugodnejšo alternativo, ki omogoča pridobivanje podatkov v širšem prostorskem kontekstu. Uporaba daljinskega zaznavanja je še posebej smiselna v mokriščnih ekosistemih, kjer vodni režim in teren velikokrat onemogočita terensko vzorčenje. Vegetacijski indeksi, pridobljeni s satelitskimi posnetki in brezpilotnimi letalniki, pogosto dobro odražajo biološke značilnosti rastlinskih sestojev mokrišč. Na podlagi vegetacijskih indeksov lahko ocenimo produktivnost sestojev in njihovo morebitno stresno stanje. Z različnimi algoritmi zaznave lahko določimo različne sestoje glede na dominantno vrsto, ki se v njih pojavlja, ter zaznamo kje se ti sestoji prostorsko nahajajo. Zaradi višanja vrednosti vegetacijskih indeksov tekom razvoja rastlin lahko tudi spremljamo fenologijo sestojev. Kombinacija terenskih metod in tehnik daljinskega zaznavanja je pogosta praksa za spremljanje stanja mokrišč in zaznavo sprememb. Na Cerkniškem jezeru, ki je vključeno na seznam Ramsarske konvencije in spada pod območja Natura 2000, smo spremljali fenologijo sestojev navadnega trsta za odboje 2017-2021 in hkrati testirali model zaznave trstič v vegetacijski sezoni 2022.

**Metode:** Fenologijo trstič smo spremljali na dveh lokacijah Cerkniškega jezera. Litoralno trstiče se nahaja na območju Zadnjega kraja, obrežno trstiče pa se nahaja na območju Gorenjega jezera. Na vsaki lokaciji smo zbirali satelitske posnetke od aprila do septembra za obdobje 2017-2021. Vsaka lokacija je imela štiri slikovne pike prostorske ločljivosti 100 m<sup>2</sup>. Za vsako slikovno piko smo izračunali normaliziran vegetacijski indeks (NDVI), iz katerega smo izračunali povprečje za vsako lokacijo. Časovno vrsto povprečnih NDVI vrednosti smo prilegali na unimodalni model rasti do saturacije (padce vrednosti smo izključili zaradi vpliva košnje). Na podlagi modela smo v vsakem letu za obe lokaciji določili natančen čas začetka rasti, fazo intenzivne rasti in fazo saturacije NDVI vrednosti trstič. Za posamezne faze smo z

RDA analizo preverjali, kakšen vpliv so imeli okoljski dejavniki (vodostaj in temperatura) na končno biomaso trstič. Za določanje nahajališč trstič v letu 2022 smo uporabili nadzorovano strojno učenje tipa »Random forest«. Za osrednji del jezera smo na terenu določili koordinate trstič. To smo uporabili kot vhodni podatek za učenje na satelitskem posnetku visoke ločljivosti (slikovna pika = 0,9 m<sup>2</sup>). Ustvarjen model smo prenesli na celotno jezero z uporabo satelitskih posnetkov srednje resolucije (slikovna pika = 100 m<sup>2</sup>). Za učenje modela smo v skupnem uporabili 16 različnih vegetacijskih indeksov.

**Rezultati in zaključki:** RDA analiza je pokazala, da vodostaj in temperature v skupnem razložijo 84,2 % variabilnosti podatkov. Visoki vodostaji so bili pomembni pred začetkom rasti trsta in v fazi intenzivne rasti. Nizek vodostaj v kombinaciji z visoko temperaturo je bil pomemben v fazi saturacije NDVI vrednosti. Visok vodostaj v začetku rastne sezone predstavlja stresni dejavnik za navadni trst, ker oslabi razvoj nadzemnih delov rastlin, medtem ko nizek vodostaj v poletnem času predstavlja vodni stres. To je bilo razvidno iz meritev biomas, ki so pokazale, da so litoralna trstiča Zadnjega kraja manj produktivna kot obrežna trstiča pri Gorenjem jezeru. Vpliv nihanja vodostaja ima v litoralni coni jezera večji vpliv kot v obrežnem pasu. To je bilo najbolj razvidno v letu 2019, ko je imelo zaradi ekstremne poplave v začetku rastne sezone, litoralno trstiče bistveno nižjo končno biomaso. Model zaznava trstič je v skupnem imel 9,9 % napako zaznave za celotno območje. Na dan 4. julija 2022 smo zaznali 4,19 km<sup>2</sup> trstič, kar predstavlja 12,5 % površine Cerkniškega jezera. Petnajst dni kasneje se je površina trstič zmanjšala na 2,64 km<sup>2</sup>, kar nakazuje na to, da je bilo 1,55 km<sup>2</sup> trstič košenih vključno z litoralnimi trstiči Zadnjega kraja. Kombinacija košnje že oslavljenih trstič z ekstremnim povečanjem vodostaja po košnji, kar je za Cerkniško jezero realen scenarij, lahko zmanjša razširjenost trstič v prihodnjih sezonah.

# RAZNOLIK ODZIV ALPSKIH RASTLIN NA SEVALNE IN TEMPERATURNE RAZMERE V ALPSKEM OKOLJU

Tadeja TROŠT SEDEJ\*, Rok DAMJANIČ, Tina ERZNOŽNIK, Jerneja ROVTAR, Tajda TURK

Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za biologijo, Ljubljana, Slovenija

tadeja.trostsedej@bf.uni-lj.si (\*)

**Uvod:** Alpske rastline so razvile raznolike strategije za preživetje razmer v gorskih območjih, ki vključujejo visoko UV in vidno sevanje, ekstremne temperature, sušo in pomanjkanje hranil. Strategije preživetja vključujejo biokemične, fiziološke in morfološke odzive. Odzive alpskih rastlin redko proučujemo zaradi časovno potratnih in logistično zahtevnih poskusnih razmer. Alpske rastline so ranljiva skupina za podnebne spremembe, predvsem segrevanje ozračja, zato nas posebej zanima učinek interaktivnega delovanja UV sevanja in temperaturnih razmer na izbrane rastline.

**Metode:** Primerjali smo strategije preživetja treh alpskih rastlinskih vrst, ki rastejo na različnih nadmorskih višinah (1100-2100 m n. m.) v slovenskih Alpah: *Helianthemum nummularium* subsp. *grandiflorum*, *Saxifraga hostii* subsp. *hostii* in *Alchemila monticola*. Poskusne rastline so uspevale na različnih nadmorskih višinah, na vsaki višini so bile izpostavljene dvema različnima nivojema UV sevanja, naravnemu in zmanjšanemu. Temperaturne razmere smo spremljali v urnih presledkih. Na rastlinah smo tekom rastne sezone spremljali izbrane fiziološke odzive (fotokemično učinkovitost in stomatalno prevodnost), anatomijo listov, fotosintezne in UV-absorbirajoče pigmente ter optične lastnosti listov.

**Rezultati in zaključki:** Vse tri alpske rastline so skozi rastno sezono pokazale veliko potencialno fotokemično učinkovitost, kar je značilno za dobro adaptirane in aklimatizirane rastline. Pri *S. hostii* so velika potencialna fotokemična učinkovitost in stomatalna prevodnost ter visoka vsebnost klorofilov, septembra pri rastlinah izpostavljenih zmanjšanemu UV sevanju, kazali na zakasnelo staranje. Pri *A. monticola* je značilno večja potencialna fotokemična učinkovitost sovpadala z značilno višjimi vsebnostmi UV-absorbirajočih snovi

(UV-AS) na subalpinskem območju v primerjavi z montansko nadmorsko višino avgusta, kar kaže na dobro prilagojenost UV sevanju in temperaturam na subalpinski višini. Vse tri rastlinske vrste so pokazale visoke vsebnosti UV-AS snovi skozi celotno rastno sezono. *A. monticola* se je na subalpinske razmere odzvala z dodatnim inducibilnim UV-AS. Konstitutivna in inducibilna UV strpnost odražata fenotipično plastičnost odziva na različne UV sevalne razmere. Večina Debeline listnih tkiv so večinoma ostale nespremenjene glede na UV sevanje in nadmorsko višino. Noben od listov preučevanih vrst ni prepuščal UV-spektra sevanja, kar se ujema z visokim vsebnostmi konstitutivnih in inducibilnih UV-AS. Raziskave potrjujejo, da UV sevanje v interakciji z okoljskimi razmerami pri različnih rastlinskih vrstah sproži raznolike odzive funkcionalnih značilnosti.



### 3. SEKCIJA: FIZIOLOGIJA RASTLIN

# MIKROBIOM NAVADNE IN TATARSKE AJDE: STRUKTURA, DINAMIKA IN POMEN ZA KALITEV

Marjana REGVAR<sup>1\*</sup>, Katarina VOGEL-MIKUŠ<sup>1,2</sup>, Matevž LIKAR<sup>1</sup>, Paula PONGRAC<sup>1,2</sup>, Jure MRAVLJE<sup>1</sup>, Mateja GERM<sup>1</sup>, Aleksandra GOLOB<sup>1</sup>, Viktorija FORTE-BERLEC<sup>1</sup>, Miran MOZETIČ<sup>2</sup>, Pia STARIČ<sup>2</sup>, Ivan KREFT<sup>1,3</sup>, Boštjan JENČIČ<sup>2</sup>, Primož PELICON<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za biologijo, Ljubljana, Slovenija

<sup>2</sup> Inštitut Jožef Stefan, Ljubljana, Slovenija

<sup>3</sup> Inštitut za nutricionistiko, Ljubljana, Slovenija

marjana.regvar@bf.uni-lj.si (\*)

**Uvod:** Mikrobiom razumemo tudi kot sekundarni genom rastlin. Vendar je naše znanje o oblikovanju in pomenu mikrobioma v zrnju še zelo pomanjkljivo. Med dejavnike, ki sodelujejo pri oblikovanju mikrobioma semen, sodijo: biokemijska sestava semen, antagonistične interakcije med organizmi in abiotski dejavniki. Mikrobiom semen prispeva k premagovanju biotskega in abiotskega stresa rastlin [1]. Šele s poznavanjem zakonitosti oblikovanja glivnih združb v zrnju ajde bomo lahko pomembno prispevali h gostiteljsko-posredovanemu načrtovanju mikrobioma in s tem k zagotavljanju uspešne produkcije in prehranske varnosti.

**Metode:** Glivne epifite in endofite v zrnju ajde smo analizirali s klasično metodo izolacije in identifikacije, pa tudi s sekvenciranjem druge generacije (Illumina HiSeqX) in hitro metagenomsko anotacijo (MG-RAST), kot opisano v [2]. Analize biokemijske sestave smo opravili s tekočinsko kromatografijo visoke ločljivosti (HPLC), lokalizacijo rutina in kvercetina v zrnju pa smo opravili z Masno spektroskopijo sekundarnih ionov visokih energij (MeV-SIMS). Elementno sestavo zrnja smo določili s Protonsko inducirano emisijo rentgenskih žarkov (PIXE), za lažje elemente pa smo uporabili Masno spektroskopijo z induktivno sklopljeno plazmo in vzorčenjem z lasersko ablacijo (LA-ICP-MS) in raziskavo dopolnili z analizo morfološke zgradbe zrnja z Vrstičnim elektronskim mikroskopom z energijsko disperzijskim spektrometrom (SEM-EDS).

**Rezultati in zaključki:** V okviru raziskav mikrobioma navadne in tatarske ajde smo opravili izolacijo glivnih kontaminant na agarnih ploščah in identifikacijo izolatov z molekulkimi metodami [3,4]. Najpogostejše glivne kontaminante v zrnju navadne ajde predstavljajo glive

rodov *Alternaria* in *Epicoccum*, v zrnju tatarske ajde pa rodov *Alternaria* in *Didymella*. Na zgradbo mikrobioma v zrnju pomembno vplivajo biotski in abiotski dejavniki. Med abiotskimi dejavniki je zelo pomembna vlaga [2]. Med biotskimi dejavniki k oblikovanju mikrobnih združb pomembno prispevajo antagonistične interakcije med glivnimi kontaminantami. Preliminarne raziskave kažejo, da bi bilo smiselno natančneje preveriti učinke izolatov rodov *Epicoccum* in *Phoma* kot potencialne biokontrolne agense. Biokemijska sestava zrnja je pomemben dejavnik gostiteljsko pogojenega oblikovanja mikrobnih združb, zato smo analizirali biokemijsko sestavo zrnja s poudarkom na fenolih in flavonoidih, ter opravili lokalizacijo rutina in kvercetina v zrnju ajde. Rezultati kažejo na embrionalno os kot pomemben vir rutina in kvercetina v zrnju ajde. Preverili smo tudi potencial hladne plazme za dekontaminacijo zrnja. Rezultati nakazujejo pomembne učinke hladne plazme za dekontaminacijo površinskih gliv iz rodov *Aspergillus*, *Penicilium* in *Mucor*, ne pa tudi glivnih endofitov iz rodov *Alternaria*, *Cladosporium*, *Didymella (Phoma)* in *Epicoccum*. Dobljene rezultate bomo kritično ovrednotili in opredelili nadaljnje korake v doseganju zastavljenih ciljev na projektu in v okviru programske skupine.

#### **Viri:**

- [1] Chen, J., Sharifi, R., Khan, M. S. S., Islam, F., Bhat, J. A., Kui, L., Majeed, A. (2022). Wheat Microbiome: Structure, Dynamics, and Role in Improving Performance Under Stress Environments. *Front. Microbiol.* 12, 4329.
- [2] Likar, M., Grašič, M., Stres, B., Regvar, M. & Gaberščik, A. (2022). Original Leaf Colonisers Shape Fungal Decomposer Communities of *Phragmites australis* in Intermittent Habitats. *Journal of Fungi* 8, 284.
- [3] Mravlje, J., Regvar, M., Starič, P., Zaplotnik, R., Mozetič, M., Vogel-Mikuš, K. (2022). Decontamination and Germination of Buckwheat Grains upon Treatment with Oxygen Plasma Glow and Afterglow. *Plants* 11, (10) 1366.
- [4] Mravlje, J., Regvar, M., Starič, P., Mozetič, M., Vogel-Mikuš, K. (2021). Cold plasma affects germination and fungal community structure of buckwheat seeds. *Plants* 10(5), 851.

**Zahvala:** Raziskave smo opravili v okviru projekta ARRS J1-3014 z naslovom *Alternativni pristopi k zagotavljanju kvalitetnega in varnega mikrobioma ajde in programske skupine P1-0212 Biologija rastlin.*

# MEDVRSTNA IN ZNOTRAJVRSTNA PRIMERJAVA TRANSKRIPTOMA LISTOV HIPERAKUMULACIJSKIH VRST *Noccaea praecox* IN *N. caerulescens* V SLOVENIJI

Valentina BOČAJ<sup>1\*</sup>, Paula PONGRAC<sup>1,2\*</sup>, Sina FISCHER<sup>3</sup>, Matevž LIKAR<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za biologijo, Ljubljana, Slovenia

<sup>2</sup> Institut "Jožef Stefan", Ljubljana, Slovenia

<sup>3</sup> Univerza v Nottinghamu, Future Food Beacon of Excellence and School of Biosciences, Loughborough, Združeno kraljestvo

valentina.bocaj@bf.uni-lj.si (\*)

**Uvod:** Hiperakumulatorji so rastlinske vrste, ki imajo sposobnost privzema zelo visokih koncentracij ene ali več (pol)kovin iz tal v nadzemna tkiva (največkrat liste), ne da bi prihajalo do motenj fizioloških procesov v rastlini [1, 2, 3]. Analize transkriptoma različnih hiperakumulatorjev kažejo na to, da je izražanje genov, povezanih z akumulacijo in imobilizacijo (pol)kovin ter zaščito rastline pred stresom, povečano [4, 5, 6]. Kljub temu pa le malo vemo o tem, kakšne so medvrstne in znotrajvrstne razlike v izražanju genov med ozko sorodnimi vrstami hiperakumulatorjev v naravnem okolju ter kako naravno okolje vpliva na izražanje genov.

**Metode:** Vzorčenje dveh ozko sorodnih vrst hiperakumulatorjev, ranega mošnjaka (*Noccaea praecox*) in modrikastega mošnjaka (*N. caerulescens*) [7], je potekalo spomladi v času njenega cvetenja. V Lokovcu, ki predstavlja s (pol)kovinami neonesnaženo območje, smo vzorčili obe vrsti, saj je to edina znana lokacija v Sloveniji, kjer se ti dve vrsti pojavljata skupaj. V Žerjavu, ki predstavlja s (pol)kovinami onesnaženo območje, pa smo vzorčili samo *N. praecox*, ki tam uspeva. Celokupno RNA smo iz listov izolirali po protokolu, navedenem v članku Longemanna in sod. (1987) [8], genomsko DNA pa smo iz vzorca po navodilih proizvajalca odstranili s komercialnim kompletom RevertAid First Strand cDNA Synthesis Kit (Thermo Scientific). Knjižnice so bile narejene v podjetju Macrogen z uporabo kompleta TruSeq Stranded mRNA Sample Preparation Kit (Illumina), sekvenciranje pa je bilo izvedeno na platformi Illumina NovaSeq6000 z dolžino obojestranskih odčitkov  $2 \times 150$  nukleotidov. S programsko opremo Trinity obdelujemo transkripte s pristopom *de novo* (angl. *de novo assembly*), s programsko

opremo in podatkovno platformo KBase pa transkripte primerjamo z referenčnim genomom različnih vrst, npr. z vrsto *Brassica rapa* oz. *Thlaspi goesingense*.

**Rezultati in zaključki:** Preliminarne analize diferencialne genske ekspresije (DGE) kažejo na to, da so razlike med statistično značilno povečanim izražanjem in utišanjem genov največje pri znotrajvrstni primerjavi vrste *N. praecox* med obema rastiščema, nekoliko manjše razlike DGE pa so prisotne pri medvrstni primerjavi *N. caerulescens* in *N. praecox* znotraj istega območja (Lokovec). Skoraj enako število statistično značilnih različno izraženih in utišanih genov smo našli pri medvrstni primerjavi *N. caerulescens* (Lokovec) in *N. praecox* (Žerjav). Nadaljnja obdelava podatkov nakazuje, da je največ razlik v izražanju genov pri medvrstni primerjavi med različnimi rastišči, torej *N. caerulescens* iz Lokovca in *N. praecox* iz Žerjava (70). Sledi medvrstna primerjava znotraj istega rastišča v Lokovcu (62) in nato znotrajvrstna primerjava med obema rastiščema vrste *N. praecox* (55). Podatki so še v fazi obdelave, zato je sklepanje zaključkov na podlagi trenutnih rezultatov še preuranjeno.

#### **Viri in literatura:**

- [1] Brooks, R. R., Lee, J., Reeves, R. D., Jaffre, T. (1977). Detection of nickeliferous rocks by analysis of herbarium specimens of indicator plants. *Journal of Geochemical Exploration*, 7, 49–57.
- [2] Rascio, N. (1977). Metal Accumulation by Some Plants Growing on Zinc-Mine Deposits. *Oikos*, 29(2), 250–253.
- [3] Reeves, R. D. (2006). Hyperaccumulation of trace elements by plants. In J. L. Morel, G. Echevarria, N. Goncharova (ur.), *Phytoremediation of Metal-Contaminated Soils* (pp. 1–25).
- [4] Wang, J., Cappa, J. J., Harris, J. P., Edger, P. P., Zhou, W., Pires, J. C., Adair, M., Unruh, S. A., Simmons, M. P., Schiavon, M., Pilon-Smits, E. A. H. (2018). Transcriptome-wide comparison of selenium hyperaccumulator and nonaccumulator *Stanleya* species provides new insight into key processes mediating the hyperaccumulation syndrome. *Plant Biotechnology Journal*, 16, 1582–1594.

- [5] Xu, X., Zhang, S., Cheng, Z., Li, T., Jia, Y., Wang, G., Yang, Z., Xian, J., Yang, Y., Zhou, W. (2020). Transcriptome analysis revealed cadmium accumulation mechanisms in hyperaccumulator *Siegesbeckia orientalis* L. *Environmental Science and Pollution Research*, 27, 18853–18865.
- [6] Zhao, L., Zhu, Y. H., Wang, M., Ma, L. G., Han, Y. G., Zhang, M. J., Li, X. C., Feng, W. S., Zheng, X. K. (2021). Comparative transcriptome analysis of the hyperaccumulator plant *Phytolacca americana* in response to cadmium stress. *3 Biotech*, 11(7), 1–23.
- [7] Likar, M., Pongrac, P., Vogel-Mikuš, K., Regvar, M. (2010). Molecular diversity and metal accumulation of different *Thlaspi praecox* populations from Slovenia. *Plant Soil*, 330, 195–205.
- [8] Longemann, J., Schell, J., Willmitzer, L. (1987). Improved Method for the Isolation of RNA from Plant Tissues. *Analytical Biochemistry*, 163, 16–20.

**Zahvala:** Raziskave smo opravili v okviru programske skupine P1-0212 Biologija rastlin in projekta ARRS J4-3091 z naslovom *S spoznanji iz delovanja rastlin z učinkovitim privzemom mineralnih hranil do izboljšane preskrbe z minerali.*

# LOKALIZACIJA IN VEZAVNE OBLIKE ŽELEZA IN CINKA V ZRNU NAVADNEGA PROSA (*Panicum miliaceum* L.)

Paula PONGRAC<sup>1,2\*</sup>, Eva MÜLLER<sup>2</sup>, Marko FLAJŠMAN<sup>1</sup>, Iztok ARČON<sup>2,3</sup>, Mitja KELEMEN<sup>2</sup>, Martin ŠALA<sup>4</sup>, Primož VAVPETIČ<sup>2</sup>, Primož PELICON<sup>2</sup>, Darja KOCJAN AČKO<sup>1</sup>, Katarina VOGEL-MIKUŠ<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup> Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Ljubljana, Slovenija

<sup>2</sup> Institut "Jožef Stefan", Ljubljana, Slovenija

<sup>3</sup> Univerza v Novi Gorici, Nova Gorica, Slovenia

<sup>4</sup> Kemijski inštitut, Ljubljana, Slovenija

paula.pongrac@bf.uni-lj.si (\*)

**Uvod:** Navadno proso (*Panicum miliaceum* L.) je zaradi tolerance na sušo, razmeroma kratke rastne sezone, minimalnih kmetijskih vložkov in hranljivih zrn, regionalno zanimiva kmetijska rastlina. Globalno navadno proso predstavlja le majhen delež skupine žit z majhnimi semeni, kamor uvrščamo tudi bolj razširjene vrste kot sta indijska prosenka in biserno proso. Združeni narodi so leto 2023 razglasili za leto prosa (<https://www.fao.org/millets-2023/en>), kar priča k vse večjemu pomenu te, botanično zelo raznolike, skupine kmetijskih rastlin. Elementno sestavo zrn so že opisali za 225 genotipov bisernega prosa, pri katerem poročajo o 4,4-kratni variabilnosti v koncentraciji železa (Fe) in 6-kratni variabilnosti v koncentraciji cinka (Zn) [1]. Nekoliko večja, 8,6-kratna variabilnost v koncentraciji Zn je bila opisana za 319 genotipov indijske prosenke [2]. Zaenkrat še ni poročil o koncentraciji Fe in Zn v zrnju za navadno proso, prav tako ni znano, ali so večje koncentracije Fe in Zn na nivoju celega zrna posledica povečanja njune koncentracije v posameznem tkivu. Poleg tega vezavne oblike Fe in Zn, ki so ključni dejavniki biološke uporabnosti teh dveh esencialnih elementov v prehrani, niso poznani za zrna navadnega prosa.

**Metode:** Šest slovenskih populacij prosa (Murska šuma, Vižmarje, Črenšovci, Šalovci, Ljutomer, Odranci) in en kultivar prosa (Sonček) smo do zrelosti vzgojili v rastlinjaku [3]. Zrela zrna smo stehali in v njih izmerili koncentracijo P, S, Cl, K, Ca, Mn, Fe in Zn [4]. V prečnih prerezih zrn (populacija Odranci in kultivar Sonček) smo določili elementno sestavo

tkiv z uporabo z delci inducirane emisije rentgenskih žarkov s fokusiranim žarkom (mikro-PIXE; [5]) na Mikroanalitskem centru Instituta »Jožef Stefan«, Ljubljana, Slovenija. Spektre smo obdelali v programu GeoPIXE II [6] in izvedli analizo pridobljenih razporeditev P, S, Cl, K, Ca, Mn, Fe in Zn [7]. Vezavne oblike Fe in Zn v kalčku smo ocenili z rentgensko absorpcijsko spektroskopijo na sinhrotronu Elettra, Trst, Italija [8]. Podatke smo statistično obdelali v SimgaPlot (v.12.0).

**Rezultati in zaključki:** Razpon koncentracij ( $\text{mg kg}^{-1}$  v suhi snovi) v koreninah, poganjkih in zrnju je bil za Fe 102-617, 52,3-221 in 65,1-139 in za Zn 2,9-75,9, 13,6-65 in 24,3-60,1. V povprečju je bila variabilnost koncentracij Fe v zrnju manjša kot pri Zn. Med proučevanimi populacijami in kultivarjem ni bilo značilnih razlik v koncentraciji Fe zrnju. Koncentracija Zn v zrnju populacije Odranci (povprečno  $32,4 \pm 1,18 \text{ mg Zn kg}^{-1}$ ) je bila značilno manjša kot pri kultivarju Sonček (povprečno  $40,7 \pm 1,83 \text{ mg Zn kg}^{-1}$ ), zato sta bili izbrana za nadaljnje raziskave. Rezultati tkivno specifične analize so potrdili razlike v koncentraciji Zn v zrnju in specifično tkivo zrna, skutelum, je največ prispevalo k tem razlikam. V kalčku zrna je bilo 71,3 % Fe vezanega na fitat, preostalih 29,7 % pa na nefitadne ligande (predvsem citrat), medtem ko je bil Zn vezan na fitat (45,8 %), cistein (35,3 %), histidin (15,7 %) oz. citrat (3,22%). Načrtujemo poskuse v katerih bomo izbrano populacijo in kultivar vzgajali na različnih koncentracijah Zn in proučili izražanje genov z namenom identifikacije ključnih genov, ki omogočajo večje koncentracije Zn v zrnju.

#### **Viri:**

[1] E.M.A. Bashir, A.M. Ali, A.M. Ali, A.E. Melchinger, H.K. Parzies, B.I.G. Haussmann, Characterization of Sudanese pearl millet germplasm for agro-morphological traits and grain nutritional values, *Plant Genet. Resour. Characterisation Util.* 12 (2014) 35–47. <https://doi.org/10.1017/S1479262113000233>.

[2] R. Yamunarani, G. Govind, V. Ramegowda, H. Vokkaliga Thammegowda, S. Ambarahalli Guligowda, Genetic diversity for grain Zn concentration in finger millet genotypes: Potential for improving human Zn nutrition, *Crop J.* 4 (2016) 229–234. <https://doi.org/10.1016/j.cj.2015.12.001>.



- [3] M. Flajšman, N. Štajner, D. Kocjan Ačko, Genetic diversity and agronomic performance of Slovenian landraces of proso millet (*Panicum miliaceum* L.), Turk. J. Botany. 43 (2019) 185–195. <https://doi.org/10.3906/bot-1807-83>.
- [4] M. Nečemer, P. Kump, J. Ščančar, R. Jaćimović, J. Simčič, P. Pelicon, M. Budnar, Z. Jeran, P. Pongrac, M. Regvar, K. Vogel-Mikuš, Application of X-ray fluorescence analytical techniques in phytoremediation and plant biology studies, Spectrochim. Acta Part B At. Spectrosc. 63 (2008) 1240–1247. <https://doi.org/10.1016/j.sab.2008.07.006>.
- [5] K. Vogel-Mikuš, P. Pongrac, P. Pelicon, Micro-PIXE elemental mapping for ionome studies of crop plants, Int. J. PIXE. 24 (2014) 217–233. <https://doi.org/10.1142/S0129083514400142>.
- [6] C.G. Ryan, Quantitative trace element imaging using PIXE and the nuclear microprobe, Int. J. Imaging Syst. Technol. 11 (2000) 219–230. <https://doi.org/10.1002/ima.1007>.
- [7] P. Pongrac, Image analysis of element distribution maps, (2021) 39. <https://repozitorij.uni-lj.si/info/index.php>.
- [8] P. Pongrac, I. Arčon, H. Castillo-Michel, K. Vogel-Mikuš, Mineral element composition in grain of awned and awnletted wheat (*Triticum aestivum* L.) cultivars: Tissue-specific iron speciation and phytate and non-phytate ligand ratio, Plants. 9 (2020) 79. <https://doi.org/10.3390/plants9010079>.

**Zahvala:** Raziskave smo opravili v okviru projekta ARRS J4-3091 z naslovom *S* spoznanji iz delovanja rastlin z učinkovitim privzemom mineralnih hranil do izboljšane preskrbe z minerali in programske skupine P1-0212 *Biologija rastlin*. Sinhrotronu Elettra, Trst, Italija smo hvaležni za dodelitev merilnega časa na merilni postaji XRF (projekt številka: 20220401).

## 4. SEKCIJA: BIOLOŠKO IZOBRAŽEVANJE

# PRENOS NOVIH SPOZNANJ S PODROČJA BIOLOGIJE RASTLIN V IZOBRAŽEVANJE IN PROMOCIJA ZNANOSTI

Iztok TOMAŽIČ

Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za biologijo, Ljubljana, Slovenija  
iztok.tomazic@bf.uni-lj.si

**Uvod:** Biologija rastlin v formalnem izobraževanju zaseda pomembno mesto tako v osnovnošolskih učnih načrtih kot v učnem načrtu biologije za splošne gimnazije. Še poseben pomen ima biologija rastlin v določenih srednješolskih strokovnih programih. Malo manj aktivnosti je mogoče opaziti v neformalnih učnih okoljih. Seveda so v našem prostoru tudi svetle izjeme kot sta na primer Botanični vrt UL, Arboretum Volčji potok in še nekatere druge ustanove. V zadnjem desetletju se vedno bolj v izobraževanje širše javnosti vključujejo tudi razni regijski parki z namenom spodbujanja lokalnega ohranjanja narave. Velik potencial promocije znanosti in prenosa novih spoznanj v družbo pa imajo tudi raziskovalne ustanove in raziskovalni programi. Biologija rastlin ima še poseben pomen pri ozaveščanju širše javnosti o vlogi rastlin v ekosistemih in njihovem pomenu za človeka. V nadaljevanju je na kratko predstavljenih nekaj ugotovitev raziskav, ki so bile ali bodo objavljene v sklopu magistrskih oziroma diplomskih nalog. V teh nalogah smo preverjali stališča učencev do rastlin, poznavanje invazivnih tujerodnih vrst (ITV) med dijaki ter mnenje učencev o zanimivosti in pomembnosti izbranih bioloških tem pri pouku naravoslovja in biologije.

**Metode:** Zbiranje podatkov za omenjene raziskave je potekalo v obliki vprašalnikov. Za preverjanje stališč je bila v vseh primerih uporabljena 5-stopenjska Likertova lestvica stališč [1]. Poznavanje ITV pa smo preverjali na podlagi umeščanja izbranih živali in rastlin med avtohtone oziroma ITV vrste [2]. Tudi mnenje učencev o zanimivosti in koristnosti bioloških tem so učenci izražali na osnovi 5-stopenjske Likertove lestvice (še neobjavljeno, 2023).

**Rezultati in zaključki:** V prvi raziskavi [1] smo ugotovili, da imajo dekleta bolj pozitivna stališča do rastlin kot fantje, vendar je pouk, kjer se učijo o rastlinah, zanje nezanimiv in dolgočasen. Pomemben podatek pa je, da se mlajši osnovnošolski učenci raje učijo o rastlinah kot starejši učenci. Stališča učencev se ne razlikujejo glede na kraj bivanja. V raziskavi Škedljeve (2018) o ITV pa smo ugotovili, da dijaki dobro razlikujejo pojme biotska pestrost,

tujerodna vrsta in ITV. Slabše pa razumejo pojem biodiverzitete. Se pa dijaki zavedajo negativnih posledic, ki jih povzročajo ITV. Smiselni se jim zdijo ukrepi za zmanjšanje vpliva ITV, vendar se tovrstnih akcij ne bi udeleževali. Dijaki tudi bolje poznajo živalske ITV kot rastlinske. V trenutni raziskavi pa preverjamo, kakšno je zanimanje učencev za različne biološke teme in kakšen pomen vidijo v učenju teh tem. Prve analize so pokazale, da na zanimanje učencev za biologijo (naravoslovje) v največji meri vpliva učna snov, veliko praktičnega dela in učitelj, ki predmet poučuje. Bolj kot vsebine o rastlinah, so za učence zanimive vsebine o živalih, človeku in evoluciji. Kljub temu, da jim vsebine iz rastlinske biologije niso pretirano zanimive, pa v učenju le-teh vidijo pomen oz. koristnost, če so le povezane z vsakdanjim življenjem.

### *Zaključki*

Ob zadnji prenovi učnih načrtov za osnovno šolo in gimnazije (2008-2011) naj bi se v pouk bioloških vsebin vpeljalo več aktivnih oblik učenja, med katere sodi tudi praktično, laboratorijsko in terensko delo. Vendar se realna izvedba aktivnih oblik učenja in poučevanja v šolah ne preverja. Edino, kar je predpisano, a zopet ne preverjano, je, da morajo učitelji pri pouku biologije nameniti 20 % ur praktičnemu, laboratorijskemu in terenskemu delu. Iz izsledkov zgoraj navedenih raziskav pa vidimo dodatne možnosti za spodbujanje interesa učečih za biologijo rastlin. Zato aktivno sodelujemo v pripravi učnih gradiv, ki vključujejo sodobne pedagoške pristope k poučevanju, sodelujemo pri izobraževanju bodočih učiteljev, se vključujemo v priprave osnovnošolcev in dijakov na različne olimpijade ter sodelujemo pri organizaciji tekmovanj (npr. Kresnička).

[1] MIHIČINAC, Ana, 2013, Stališča osnovnošolcev in bodočih učiteljev biologije do pomena rastlin in poučevanja botanike : diplomsko delo [na spletu]. Diplomsko delo. Ljubljana : Univerza v Ljubljani. [Dostopano 25 april 2023]. Pridobljeno s: [http://pefprints.pef.uni-lj.si/1613/1/Mihicinac\\_A.pdf](http://pefprints.pef.uni-lj.si/1613/1/Mihicinac_A.pdf)

[2] ŠKEDELJ, Breda, 2018, Odnos dijakov do invazivnih tujerodnih vrst [na spletu]. Magistrsko delo. Univerza v Ljubljani. [Dostopano 25 april 2023]. Pridobljeno s: <https://repozitorij.uni-lj.si/IzpisGradiva.php?lang=slv&id=101851>