

Skupina je objavila velik opus strokovnih in znanstvenih del. Velik dosežek skupine je vključenost v mnoge nacionalne ter EU projekte. Med slednjimi velja omeniti: EU FP7 NanoValid (2011-2015), EU FP7 NanoMILE (2013-2016), H2020 RIA NanoFASE (2015-2019), in H2020 RIA NanoRIGO (2019-2023), ter nemški projekt DaNa 2.0. S tem je skupina močno mednarodno vpeta in prepoznavna.

V prihodnosti je usmeritev naše skupine predvsem razvoj pristopov upravljanja s tveganji

povezanimi z nanomateriali oz. t.i. »Nanotechnology Risk Governance Framework«. Naš cilj ostaja poglobljeno razumevanje mehanizmov vzajemnega delovanja med (nano)materiali in biološkimi sistemi ter razvoj novih naprednih pristopov za proučevanje na različnih nivojih biološke organizacije. Stremimo tudi k razumevanju interakcij z novimi materiali, ki se pojavljajo v naši okolici, med slednjimi velja izpostaviti nano- in mikroplastike, hibridne ter napredne materiale (Jemec Kokalj et al. 2016).

Izbrane reference

- Boraschi, D., Alijagic, A., Auguste, M., Barbero, F., et al., 2020. Addressing nanomaterial immunosafety by evaluating innate immunity across living species. *Small*, 2000598.
- Drobne, D., 2007. Nanotoxicology for safe and sustainable nanotechnology. *Arhiv za higijeno rada i toksikologiju*, 58, 471-478.
- Golobič, M., Jemec, A., Drobne, D., Romih, et al., 2012. Upon exposure to Cu nanoparticles, accumulation of copper in the isopod *Porcellio scaber* is due to the dissolved Cu ions inside the digestive tract. *Environmental Science and Technology* 46,12112-12119.
- Jemec, A., Drobne, D., Remskar, M., Sepcic, K., Tisler, T., 2008. Effects of ingested nano-sized titanium dioxide on terrestrial isopods (*Porcellio scaber*). *Environmental Toxicology and Chemistry*, 27, 1904-1914.
- Jemec Kokalj, A., Horvat, P., Kunej, U., Bele, M., Kržan, A., 2016. Uptake and effects of microplastic textile fibers on freshwater crustacean *Daphnia magna*. *Environmental Pollution*, 219, 201-209.
- Kononenko, V., Erman, A., Petan, T., Križaj, I., et al., 2017. Harmful at non-cytotoxic concentrations: SiO₂-SPIONs affect surfactant metabolism and lamellar body biogenesis in A549 human alveolar epithelial cells. *Nanotoxicology*, 11, 419-429.
- Kononenko, V., Warheit, D., Drobne, D., 2019. Grouping of poorly soluble low (cyto)toxic particles: example with 15 selected nanoparticles and A549 human lung cells. *Nanomaterials*, 9, 1-14.
- Kos, M., Jemec Kokalj, A., Glavan, G., et al., 2017. Cerium (IV) oxide nanoparticles induce sublethal changes in honeybees after chronic exposure. *Environmental science, Nano*, 4, 2297-2310.
- Novak, S., Jemec Kokalj, A., Hočevar, M., Godec, M., Drobne, D., 2018. The significance of nanomaterial post-exposure responses in *Daphnia magna* standard acute immobilisation assay : example with testing TiO₂ nanoparticles. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 152, 61-66.

Katedra za botaniko in fiziologijo rastlin

Jasna Dolenc Koce, Nejc Jogan, Marjana Regvar

Katedra za botaniko ima stoletno tradicijo, njeno ime (Stolica za botaniko) se pojavi že v ustanovni listini Univerze v Ljubljani leta 1919, nato pa je bila del novoustanovljenega Inštituta za botaniko.

Razvoj pedagoškega in raziskovalnega dela na Univerzi v Ljubljani je podrobno predstavljen v Fotografskem zborniku o Ljubljanski univerzi in

njenih profesorjih 1919-1960. Po tem, ko je Alfonz Paulin (1853-1942) zaradi starosti zavrnil ponujeno mu redno profesuro, je bil za prvega profesorja s področja Botanike v letu 1921 imenovan Fran Jesenko (1875-1932), ki je predhodni dve šolski leti že poučeval kot izredni predavatelj s habilitacijo Zagrebske univerze. Predaval je Splošno botaniko (anatomija, morfologija, organografija,

fiziologija), Rastlinsko ekologijo ter Sistematsko botaniko, a mu je vsaj pri slednjem predmetu kar nekaj let izdatno pomagal s predavanji in vodenjem vaj tedanji direktor Botaničnega vrta A. Paulin. Jesenkova zgodnja usmeritev v raziskave fiziologije rastlin se odraža že v doktorski disertaciji z naslovom "Odnosi med jakostjo svetlobe in anatomsko zgradbo asimilirajočih rastlinskih organov", ki jo je leta 1875 zagovarjal na Univerzi na Dunaju. Z objavami o izgubi turgorja pri rastlinah, počitku lesnih rastlin ter rasti in razvoju listopadnih dreves, objavljenimi v letih 1910-1913, je nadaljeval raziskave fizioloških procesov rastlin. Raziskovalno se je najbolj izpostavil s preučevanjem križanca med pšenico in ržjo, tritikalo. Zato ga za pomembnega moža v slovenskem univerzitetnem prostoru šteje tudi Biotehniška fakulteta, ki je po njem poimenovala svoja najvišja priznanja in nagrade.

O razvoju botanike na Oddelku za biologijo UL opisuje v uvodnem delu že prof. Sket. Dolga leta je katedro za botaniko vodil prof. Tone Wraber (1938-2010), ki je med letoma 1978 in 2003 poučeval Sistematsko botaniko in Biogeografijo in kot eden redkih s klasično izobrazbo tudi Osnove latinščine za biologe. Raziskovalno se je ukvarjal s fitocenologijo, kartiranjem flore, naravovarstvom in zgodovino botanike, bil pa je tudi zelo uspešen popularizator botanike. Katedro za fiziologijo rastlin je v 80. in 90. letih vodila zaslužna prof. Nada Gogala (1937-2013), ki je poučevala predmete Fiziologija rastlin, Rast in razvoj rastlin, Simbioze in parazitizem, raziskovalno pa se je usmerila na področje rastlinskih tkivnih kultur in hormonskega uravnavanja mikorizne simbioze. Katedri sta se leta 2008 združili v Katedro za botaniko in fiziologijo rastlin. Takrat je njeno vodenje prevzel izr. prof. Nejc Jogan, od 2013 do 2018 je bila predstojnica katedre prof. Marjana Regvar, danes pa doc. Jasna Dolenc Koce. Dodaten zgodovinski opis posameznega področja je vključen v nadaljevanju pri opisu posamezne raziskovalne skupine.

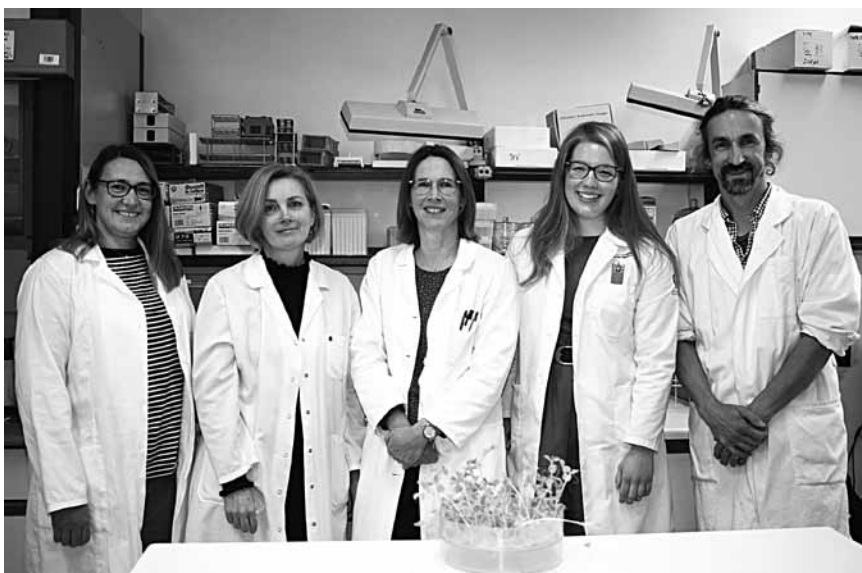
Sodelavci katedre smo močno vpeti v pedagoško delo od prvega do zadnjega letnika različnih študijev, povezanih z biologijo, ki potekajo na Biotehniški fakulteti in Pedagoški fakulteti UL, rastlinski svet pa približamo tudi študentom Fakultete za kemijo in kemijsko tehnologijo. Skupno poučujemo 16 obveznih in

izbirnih predmetov na 1. stopnji univerzitetnih študijev Biologija, Mikrobiologija, Biotehnologija, Živilstvo in prehrana, Biokemija (predmeti Splošna botanika, Sistematska botanika, Terensko delo iz botanike in zoologije, Fiziologija rastlin, Biologija, Biologija večceličnih organizmov, Rastline in človek, Uvod v odnose med organizmi Naravovarstvena praksa, Slovenska flora in favna) in 10 na 2. stopnji magistrskih študijskih programov Molekulska in funkcionalna biologija ter Ekologija in biodiverzitetna (predmeti Funkcionalna biologija celice, Rast in razvoj rastlin, Biogeografija, Genetika v ekologiji in sistematiki, Okoljska biotehnologija, Biotske interakcije rastlin, Mikroskopija bioloških sistemov). Sodelujemo tudi na 3. stopnji doktorskega študija Bioznanosti (Fiziologija in morfologija – integrativni pristop, Ekologija).

Raziskovalna dejavnost vseh sodelavcev katedre poteka v okviru raziskovalnega programa ARRS Biologija rastlin (P1-0212). Formalno so v katedri organizirane tri raziskovalne skupine - za eksperimentalno botaniko, sistematsko botaniko in fiziologijo rastlin.

Raziskovalna skupina za eksperimentalno botaniko

Raziskovalna skupina za eksperimentalno botaniko (ali z imenom delovne skupine za za splošno botaniko) je ves čas svojega obstoja del Katedre za botaniko. Razdelitev poučevanja in raziskovanja med "splošnimi" in "sistematskimi" botaniki je bila le deloma razmejena. Prof. Franc Sušnik (1930-1996), ki je predaval Splošno botaniko do začetka 90. let, se je ukvarjal predvsem z uporabno botaniko (zdravilne rastline, fitokemija) in s posodabljanjem poučevanja biologije v srednjih šolah, bil pa je tudi začetnik kariologije in kariosistematike. V istem času je predaval tudi doc. Vlado Ravnik, ki se je posvetil nekaterim taksonomsko kritičnim skupinam in še posebej kukavičevkam, zlasti uspešno pa tudi botanični ilustraciji. Med drugim je opisal novo endemično vrsto kamniško murko. Njun asistent Boris Turk se je posvečal ruderalni in adventivni flori, pomemben pa je tudi njegov opis gozdne špajke. Nov veter je zavel l. 1994, ko je skupino prevzela prof. Marina Dermastia, ki je okrepila



Slika 3: Skupina za eksperimentalno botaniko leta 2020 (od leve proti desni): Simona Strgulc Krajšek, Sabina Anžlovar, Jasna Dolenc Koce, Katarina Šoln, Aleš Kladnik. (foto: Tjaša Pogačnik Lipovec)

Figure 3: Group of Experimental Botany in year 2020 (from left to right): Simona Strgulc Krajšek, Sabina Anžlovar, Jasna Dolenc Koce, Katarina Šoln, Aleš Kladnik.

skupino z mladimi asistentkami in raziskovalkami/ci (Barbaro Vilhar, Jasno Dolenc Koce, Sabino Anžlovar, Simono Strgulc Krajšek, Alešem Kladnikom in drugimi). Raziskave te skupine so bile sprva povezane z interakcijami rastlin z virusi in odzivi na patogene, l. 1999 pa se je laboratorij opremil za merjenje velikosti jedrnega genoma s slikovno citometrijo DNA (Vilhar et al. 2001). Mikroskopija in raziskave velikosti genoma so tudi danes še vedno pomemben segment našega raziskovalnega dela. Za kratko obdobje je prevzela skupino dr. Barbara Vilhar, od leta 2009 dalje pa jo vodi doc. Jasna Dolenc Koce.

Skupina od l. 2004 sodeluje v raziskovalnem programu Biologija rastlin (sprva pod vodstvom Marine Dermastia, danes je njena vodja Alenka Gaberščik). S svojim raziskavami je skupina vpeta v področja Biodiverziteta, Rast in razvoj ter Interakcije rastlin z okoljem. Velikost genoma smo izmerili za različne ekološko zaokrožene skupine, npr. morske trave in halofite, ter kot celične spremembe med razvojem tkiv in organov, npr. med zorenjem semen koruze (Vilhar et al. 2002), njenega prednika teozinta (Dermastia et al. 2009) in sirka (Kladnik et al. 2006). Z velikostjo genoma

in kariotipom smo tudi identificirali morfološko podobne vrste v taksonomsko zapleteni skupini bekič (*Luzula sect. Luzula*) (Bačič et al. 2007), pri tujerodnih dresnikih (*Fallopia*) (Strgulc Krajšek in Dolenc Koce 2015) in pri spominčicah. Svetlobna in fluorescentna mikroskopija je bila tudi osnovno orodje za preučevanje celičnih sprememb med abscizijo cvetov in listov pri paradižniku (Bardror et al. 2011, Dermastia et al. 2012). Pri tem smo prostorsko informacijo kombinirali z molekularnimi metodami za detekcijo programirane celične smrti.

Ves čas smo tudi nadaljevali z raziskavami rastlin z abiotskimi in biotskimi dejavniki v okolju. Ugotavljali smo toksičnost in inertnost nanodelcev bakrovega in titanovega oksida (Dolenc Koce 2017) ter mikroplastike. V zadnjem času se osredotočamo tudi na invazivne tujerodne rastline. Te negativno vplivajo na avtohtono floro, zato je pomembno, na kakšen način jih odstranjujemo in upravljamo z odpadnim materialom (Strgulc Krajšek et al., 2020). Po drugi strani pa njihova velika biomasa predstavlja potencialen vir snovi z biološko aktivnostjo. Zanima nas predvsem njihovo protimikrobno delovanje. S tovrstnimi

raziskavami sodelujemo v evropskem projektu Applause, ki ga koordinira Mestna občina Ljubljana in je namenjen prepoznavanju in odstranjevanju ali predelovanju invazivnih rastlin na območju MOL (<https://www.ljubljana.si/sl/moja-ljubljana/applause/>). V okviru tega projekta sodelujemo tudi pri kartiranju invazivnih vrst rastlin na območju Ljubljane in organizaciji delavnic o invazivnih rastlinah za meščane.

Sodelavci skupine za eksperimentalno botaniko smo strokovno dejavni v različnih društvih, ki delujejo na področju ved o rastlinah doma (Sloven-

sko društvo za biologijo rastlin, Botanično društvo Slovenije) in v tujini (The Federation of European Societies of Plant Biology, International Society for Stereology and Image Analysis). Od leta 2012 sodelujemo pri organizaciji in izvedbi Dneva očarljivih rastlin, ki je namenjen promociji znanosti o rastlinah in ga obišče tudi 1000 osnovnošolcev, zato se za podmladek ne bojimo. Za kakovostno delo in znanje mladih skrbimo tudi kot avtorji učbenikov za osnovne šole (Spoznavamo naravo 6 in 7, Naravoslovje), gimnazije (Biologija 1 in 2) in fakultete (Splošna botanika).

Izbrane reference

- Bačič, M., Jogan, N., Dolenc Koce, J., 2007. *Luzula* sect. *Luzula* in the south-eastern Alps-karyology and genome size. *Taxon*, 56 (1), 129-136.
- Bar-Dror, T., Dermastia, M., Kladnik, A., Tušek-Žnidarič, M., Pompe Novak, M., Meir, S., Burd, S., Philosoph-Hadas, S., Ori, N., Sonogo, L., Dickman, M.B., Lers, A., 2011. Programmed cell death occurs asymmetrically during abscission in tomato. *The Plant Cell*, 23 (11), 4146-4163.
- Dermastia, M., Kladnik, A., Dolenc Koce, J., Chourey, P.S., 2009. A cellular study of teosinte *Zea mays* subsp. *parviglumis* (Poaceae) caryopsis development showing several processes conserved in maize. *American Journal of Botany*, 96 (10), 1798-1807.
- Dermastia, M., Kladnik, A., Bar-Dror, T., Lers, A., 2012. Endoreduplication preferentially occurs at the proximal side of the abscission zone during abscission of tomato leaf. *Plant Signaling and Behavior*, 7 (9), 1106-1109.
- Dolenc Koce, J., 2017. Effects of exposure to nano and bulk sized TiO₂ and CuO in *Lemna minor*. *Plant Physiology and Biochemistry*, 119, 43-49.
- Kladnik, A., Chourey, P.S., Pring, D.R., Dermastia, M., 2006. Development of the endosperm of *Sorghum bicolor* during the endoreduplication-associated growth phase. *Journal of Cereal Science*, 43, 209-215.
- Strgulc-Krajšek, S., Dolenc Koce, J., 2015. Sexual reproduction of knotweed (*Fallopia* sect. *Reynoutria*) in Slovenia. *Preslia*, 87 (1), 17-30.
- Strgulc-Krajšek, S., Bahčič, E., Čoko, U., Dolenc Koce, J., 2020. Disposal methods for selected invasive plant species used as ornamental garden plants. *Management of Biological Invasions*, 11 (2), 293-305.
- Vilhar, B., Greilhuber, J., Dolenc Koce, J., Tensch, E.M., Dermastia, M., 2001. Plant genome size measurement with DNA image cytometry. *Annals of Botany*, 87 (6), 719-728.
- Vilhar, B., Kladnik, A., Blejec, A., Chourey, P.S., Dermastia, M., 2002. Cytometrical evidence that the loss seed weight in the miniature seed mutant of maize is associated with reduced mitotic activity in the developing endosperm. *Plant Physiology*, 129 (1), 23-30.

Raziskovalna skupina za sistematsko botaniko

Raziskovalna skupina za sistematsko botaniko je od začetka del Katedre za botaniko ter uspešno in aktivno sodeluje predvsem s sodelavci s področja eksperimentalne botanike. Po profesorju

Ernestu Mayerju (1920-2009, poučeval sistematsko botaniko 1952-1978, pred tem 5 let asistent) je vodenje raziskovalne skupine prevzel Tone Wraber (1938-2010, asistent 1968, predavatelj 1984-2007) in za njim Nejc Jogan (asistent 1992-2007, 2007- predavatelj).

Mayerjevo znanstveno delo je bilo usmerjeno bolj v taksonomsko in fitogeografsko problematiko flore tedanje Jugoslavije, tako da se je slovenski flori pomembno posvečal le prva leta svojega raziskovalnega delovanja. Njegova kompilacija nekaterih dotedanjih zbirnih florističnih del, ki pa jih je presejal za območje slovenskega etničnega ozemlja, Seznam praprotnic in cvetnic, je bila pomembno izhodišče za botanične raziskave še več nadaljnjih desetletij, Mayerjevo ime pa bo stalno zapisano ob 24 novoopisanih taksonih z območja zahodnega Balkanskega polotoka, med drugim endemična juljski ušivec in kamniška ivanjščica. Tone Wraber je že kot Mayerjev asistent konec šestdesetih let oral ledino sistematičnega kartiranja slovenske flore po srednjeevropskih principih. Aktivnost je po prvih intenzivnih letih nekoliko zamrla, a bila po dveh desetletjih oživiljena in njen rezultat je tudi delovna verzija atlasa razširjenosti flore Slovenije s 3200 zemljevidi razširjenosti. Tudi drugače je bil T. Wraber raziskovalno usmerjen na slovensko ozemlje in ga po publikacijah štejemo za najbolj produktivnega in vplivnega botanika 20. stoletja, kolikor so mu razmere dopuščale pa je botaniziral tudi po širšem območju tedanje države in z nekaj ekspedicijami tudi v Himalaji. Opisal je čez 10 novih taksonov, med drugim Vardjanov košutnik, Widrovo lepnico in Petkovškov mak. Bil je tudi eden od družbeno izredno angažiranih strokovnjakov, ki mu ni bilo pod častjo diskutirati v pismih bralcev o številnih pomembnih temah.

Vsebinski poudarki Wraberjevega dela so bila področja floristike, fitogeografije, zgodovine botanike, delno tudi fitocenologije in naravovarstva. Poleg osnovnega predmeta Sistematska botanika je bil še posebej zavzet za izbirni predmet Latinščina za biologe, ki ga po njegovi upokojitvi ni mogel prevzeti nihče.

Wraberjev asistent Andrej Podobnik je obdeloval predvsem različne taksonomsko kritične

skupine zlatičevk, gotovo pa ni nič manj pomembno njegovo delo srednješolskega učitelja in pisca učbenikov, s čemer se je ukvarjal predvsem po odhodu z univerze.

Nejc Jogan je sprva kot asistent in kasneje predavatelj nadaljeval z utečeno raziskovalno potjo na področju floristike in sistematike, posebej pa se je raziskovalno posvetil travam in ne samo raziskovalno problematiki tujerodnih invazivnih vrst. Skupaj z asistentko Tinko Bačič sta opisala dve novi vrsti iz taksonomsko kritične skupine bekic, opisal pa je tudi kranjsko bodalico.

Od srede šestdesetih let so bili raziskovalci iz naše delovne skupine ključni avtorji v štirih zaporednih izdajah Male flore Slovenije, temeljnem florističnem delu za to območje.

Nič manj pomembno ni vsa ta desetletja delovanje sodelavcev skupine v različnih društvih, predvsem Botaničnem društvu Slovenije, katerega polovica ustanovnih članov prihaja z Oddelka za biologijo, njegova predsednika pa sta bila tudi Tone Wraber in Nejc Jogan ter sedaj Andrej Podobnik.

Bistven infrastrukturni element, ki ga upravlja in vzdržuje raziskovalna skupina, je tudi največja herbarijska zbirka v Sloveniji, herbarij LJU. Je naslednik Paulinovih herbarijskih zbirk iz časa direktorovanja Botaničnemu vrtu, vsaj po Paulinovi smrti pa samostojna javna herbarijska zbirka, ki ima danes okoli 200.000 herbarijskih pol. Večina herbarijskega materiala je z ozemlja današnje Slovenije, nekaj pa tudi soseščine. Bogata je tudi zbirka nepalske flore. Herbarijsko zbirko je v desetletjih po drugi svetovni vojni obogatilo predvsem intenzivno terensko delo vseh zaposlenih, pod kuratorstvom T. Wraberja je bila na novo urejena ter etiketirana, pod N. Joganom pa tudi digitalizirana. Predstavlja temelj za vse taksonomske raziskave Slovenije in soseščine ter ključen vir naravovarstvenih podatkov (npr. pri izdelavi rdečega seznama).

Izbrane reference

- Bačič, M., Dolenc Koče, J., Jogan, N., 2007. *Luzula* sect. *Luzula* (Juncaceae) in the south-eastern Alps: morphology, determination and geographic distribution. *Botanica Helvetica*, 117, 1-15.
- Bačič, M., Strgulc-Krajšek, S., Jogan, N., 2015. Sivi dren (*Cornus sericea* L.) - nova invazivna vrsta v flori Slovenije = Red osier dogwood (*Cornus sericea* L.) - a new invasive species in Slovenian flora. *Acta Biologica Slovenica*, 58 (2), 13-21.

- Bačič, M., Dolenc Koce, J., Frajman, B., 2019. Diversification and distribution patterns of *Luzula* sect. *Luzula* (Juncaceae) in the Eastern Alps: a cytogenetic approach combined with extensive herbarium revisions. *Alpine Botany*, 129, 149-161.
- De Groot, M., Kleijn, D., Jogan, N., 2007. Species groups occupying different trophic levels respond differently to the invasion of semi-natural vegetation by *Solidago canadensis*. *Biological Conservation*, 136, 612-617.
- Jogan, N., 2014. *Muhlenbergia schreberi* J. F. Gmel (Poaceae), a new naturalized species in Croatia. *Acta botanica Croatica*, 73 (2), 465-470.
- Jogan, N., 2014. Poaceae. V: Rottensteiner, W.K. (ur.). *Exkursionsflora für Istrien*. Klagenfurt: Verlag des Naturwissenschaftlichen Vereins für Kärnten, 1014 str.
- Jogan, N., 2017. Spread of *Sporobolus neglectus* and *S. vaginiflorus* (Poaceae) in Slovenia and neighbouring countries. *Botanica Serbica*, 41 (2), 249-256.
- Kus Veenvliet, J., Jogan, N., 2014. Awareness raising on alien species in Slovenia. *Bulletin OEPP*, 44 (2), 243-247.
- Strgulc-Krajšek, S., Dermastia, M., Jogan, N., 2006. Determination key for Central European *Epilobium* species based on trichome morphology. *Botanica Helvetica*, 116, 169-178.
- Taberlet, P., Zimmermann, N.E., Englisch, T., Tribsch, A., Holderegger, R., Alvarez, N., Niklfeld, H., Coldea, G., Mirek, Z., Moilanen, A., Frajman, B., Jogan, N., Wraber, T., et al., 2012: Genetic diversity in widespread species is not congruent with species richness in alpine plant communities. *Ecology Letters*, 15 (12), 1439-1448.

Raziskovalna skupina za fiziologijo rastlin

Samostojna Katedra za fito- in zoofiziologijo je bila na Oddelku za biologijo ustanovljena v letu 1961, dolžnosti predstojnika je do leta 1964 opravljal izr. prof. Štefan Sušec-Michieli, za njim pa izr. prof. Miran Vardjan (1919-2005). V njegovem mandatu se je Katedra razdelila na dve samostojni katedri. Predaval je predmete Fiziologija rastlin (prvič razpisan v letu 1962), Ekologija rastlin in Rast rastlin, raziskovalno pa je deloval na področju kalitve ter hormonske regulacije rasti in razvoja rastlin. V letih 1966-68 je deloval kot direktor Inštituta za biologijo Univerze v Ljubljani, v letih 1971-1973 pa kot predstojnik Oddelka za biologijo. Po njegovi upokojitvi v letu 1981 je Katedro za fiziologijo rastlin prevzela zasl. prof. dr. Nada Gogala (1937-2013). Poučevala je predmete Fiziologija rastlin, Rast in razvoj rastlin, Simbioze in parazitizem za študente biologije, agronomije, biotehnologije in študente Pedagoške fakultete. Vaje pri predmetih je vodil prof. dr. Franc Pohleven, po njegovem odhodu na Oddelek za lesarstvo pa mag. Karin Gabrovšek. Raziskovalno je prof. dr. Gogala opravila pionirsko delo na področju rastlinskih tkivnih kultur v slovenskem prostoru ter hormonske regulacije med razvojem mikorizne simbioze, kar

je odmevalo tudi v mednarodni javnosti. V letih 1977-79 je bila predstojnica tedanje Visokošolske temeljne organizacije za biologijo. Od njegove ustanovitve pa tajnica Jugoslovanskega društva za rastlinsko fiziologijo in predsednica Slovenskega društva za rastlinsko fiziologijo.

Po upokojitvi prof. N. Gogala v letu 1998 je vodenje Katedre za fiziologijo rastlin prevzela prof. Marjana Regvar. Z asistentoma doc. Matevžem Likarjem in prof. Katarino Vogel-Mikuš, nadaljujejo njeno delo na pedagoškem in raziskovalnem področju. Poučujejo predmete s področja fiziologije rastlin in rastlinskih interakcij ter s sodobnimi metodami poučevanja in učnimi pripomočki širijo kompetence študentov. Od leta 2006 redno izdajajo revijo z naslovom *Collectanea Studentium Physiologiae Plantarum*, z objavami študentskih projektnih nalog. Raziskave mikorize so z razvojem molekularskih metod omogočile vpogled v populacije mikoriznih gliv in njihov pomen za ekosisteme. Raziskujejo potencial mikoriznih gliv za pridelavo kulturnih rastlin in remediacijo onesnaženih območij z rastlinami (fitoremediacije). Možnost slikovnih raziskav razporejanja elementov v rastlinskih tkivih z metodami na osnovi pospešenih delcev in sinhrotronske svetlobe in s tem razumevanje procesov privzema in kemijske oblike mineralnih hranil in potencialno strupenih

elementov pri rastlinah jim omogoča sodelovanje s kolegi z Odseka za fiziko nizkih in srednjih energij (F2), Inštituta Jožef Stefan (IJS). Raziskujejo mehanizme porazdeljevanja mineralnih hranil v tkivih kulturnih rastlin (biofortifikacija) in rastlin bogatih s kovinami (hiperakumulacija). Zaradi reorganizacijskih zahtev se je skupina v letu 2008 združila s skupinami za eksperimentalno in sistematsko botaniko v Katedro za botaniko in fiziologijo rastlin.

Do sodelovanja s strokovnjaki z Odseka za fiziko nizkih in srednjih energij (F2), Inštituta Jožef Stefan (IJS) je prišlo na pobudo prof. Hermanna Bothe iz Botaničnega Inštituta Univerze v Kölnu in zasl. prof. Bogdana Povha, tedanjega direktorja Inštituta Max Planck v Heidelbergu, strokovnjaka na področju fizike jedra in osnovnih delcev. Prenos znanja in tehnoloških rešitev v Mikroanalizni center IJS pod vodstvom prof. Miloša Budnarja in njegovega naslednika, prof. Primoža Pelicona, ter v Laboratoriju za pripravo bioloških vzorcev skupine za fiziologijo rastlin Oddelka za biologijo sta omogočila prve korake na poti k slikovnim raziskavam razporejanja različnih elementov v rastlinskih tkivih in kvantifikacijo elementov *in situ*. Sodelovanje z dr. Petrom Kumpom in dr. Marijanom Nečemrom z Odseka F2, omogoča dopolnitev raziskav s kvantitativno analizo elementov z rentgensko fluorescenčno spektrometrijo v večjem nizu rastlinskih vzorcev. Rezultat sodelovanja je niz objav s področja hiperakumulacije, kot na primer lokalizaciji Cd, Zn in Pb v listih hiperakumulacijske rastline *Nocceaea (Thlaspi) praecox* in razporeditve mineralnih hranil v zrnih kulturnih rastlin, predvsem ajde, opravljenih v sodelovanju s prof. Ivanom Kreftom (Vogel-Mikuš, s sod. 2008, 2009). Kvalitetna priprava rastlinskih vzorcev je omogočila strukturne in funkcionalne raziskave tkiv in celic s sinhrotronsko svetlobo. Z zaporedno

analizo vzorcev z infrardečo spektroskopije (FTIR) in rentgensko fluorescenčno spektroskopijo nizkih energij (LEXRF) smo dopolnili spoznanja o pomenu biokemijskih prilagoditev celic (pektini, lignin), ki omogočajo shranjevanje kovin (Zn) v epidermisu listov *N. praecox* (Regvar s sod. 2013), s korelativno analizo slike in LERF celic alevrona pšenice pa smo pridobili nova spoznanja o pomenu strukturne organizacije rezervnih vakuol (globoidov) v celicah alevrona pšenice, ki shranjujejo esencialne elemente za kalitev semen (Regvar s sod. 2011). Nadgradnja infrastrukture na Mikroanaliznem centru IJS z masno spektrometrijo sekundarnih ionov (MeV-SIMS) je omogočila tudi molekulsko slikanje aktivnih snovi v trihomih konoplje (*Cannabis indica*; Jeromel s sod. 2016).

Raziskave populacij mikoriznih gliv, s potencialom za fitoremediacijo na onesnaženih rastiščih v Mežiški dolini (Regvar s sod. 2010) smo dopolnili tudi z raziskavami simbiotskih gliv v koreninskem sistemu trte (Likar s sod. 2013) in raziskavami populacij gliv v semenu ajde (Kovačec s sod. 2016). Sposobnost glive *Botrytis cinerea*, izolirane iz semena ajde, za biološko transformacijo bakrovih nanodelcev, ki smo jo dokazali z uporabo rentgenske absorpcijske spektrometrije, nakazuje njeno tolerantnost na fungicide pripravljene na osnovi bakra (Kovačec s sod. 2017). V sodelovanju s prof.dr. Iztokom Arčonom iz Univerze v Novi Gorici in prof.dr. Alojzjem Kodretom iz Fakultete za matematiko in fiziko, UL smo razvili metode za ugotavljanje vezavnih oblik in speciacije kovin v rastlinskih tkivih z rentgensko absorpcijsko spektrometrijo, ki jo izvajamo na različnih sinhrotronskih pospeševalnikih v tujini. Kot prvi smo določili vezavne oblike Cd v hiperakumulacijski rastlini rani mošnjak in Hg v koreninah mikoriznih rastlin in užitnih gobah (Kodre s sod, 2017).

Izbrane reference

- Jenčič, B., Jeromel, L., Ogrinc Potočnik, N., Vogel-Mikuš, K., Kovačec, E., Regvar, M., Siketić, Z., Vavpetič, P., Rupnik, Z., Bučar, K., Kelemen, M., Kovač, J., Pelicon, P., 2016. Molecular imaging of cannabis leaf tissue with MeV-SIMS method. Nuclear Instruments and Methods in Physics research, Section B, 371 (15), 205-210.
- Kodre, A., Arčon, I., Debeljak, M., Potisek, M., Likar, M., Vogel-Mikuš, K., 2017. Arbuscular mycorrhizal fungi alter Hg root uptake and ligand environment as studied by X-ray absorption fine structure. Environmental and Experimental Botany, 133, 12-23

- Kovačec, E., Likar, M., Regvar, M., 2016. Temporal changes in fungal communities from buckwheat seeds and their effects on seed germination and seedling secondary metabolism. *Fungal Biology*, 120 (5), 666-678.
- Kovačec, E., Regvar, M., van Elteren, J. T., Arčon, I., Papp, T., Makovec, D., Vogel-Mikuš, K., 2017. Biotransformation of copper oxide nanoparticles by the pathogenic fungus *Botrytis cinerea*. *Chemosphere*, 180, 178-185.
- Likar, M., Hančević, K., Radić, T., Regvar, M., 2013. Distribution and diversity of arbuscular mycorrhizal fungi in grapevines from production vineyards along the eastern Adriatic coast. *Mycorrhiza*, 23 (3), 209-219.
- Regvar, M., Likar, M., Piltaver, A., Kugonič, N., Smith, J. E., 2010. Fungal community structure under goat willows (*Salix caprea* L.) growing at metal polluted site: the potential of screening in a model phytostabilisation study. *Plant and Soil*, 330 (1-2), 345-356.
- Regvar, M., Eichert, D., Kaullich, B., Gianoncelli, A., Pongrac, P., Vogel-Mikuš, K., Kreft, I., 2011. New insights into globoids of protein storage vacuoles in wheat aleurone using synchrotron soft X-ray microscopy. *Journal of Experimental Botany*, 62 (11), 3929-3939.
- Regvar, M., Eichert, D., Kaullich, B., Gianoncelli, A., Pongrac, P., Vogel-Mikuš, K., 2013. Biochemical characterization of cell types within leaves of metal-hyperaccumulating *Noccaea praecox* (Brassicaceae). *Plant and Soil*, 373 (1/2), 157-171.
- Vogel-Mikuš, K., Simčič, J., Pelicon, P., Budnar, M., Kump, P., Nečemer, M., Mesjasz-Przybyłowicz, J., Przybyłowicz, W. J., Regvar, M., 2008. Comparison of essential and non-essential element distribution in leaves of the Cd/Zn hyperaccumulator *Thlaspi praecox* as revealed by micro-PIXE. *Plant, Cell and Environment*, 31 (10), 1484-1496.
- Vogel-Mikuš, K., Pelicon, P., Vavpetič, P., Kreft, I., Regvar, M., 2009. Elemental analysis of edible grains by micro-PIXE: common buckwheat case study. *Nuclear instruments & methods in physics research. Section B, Beam Interactions with Materials and Atoms*, 17 (267), 2884-2889.

Katedra za fiziologijo, antropologijo in etologijo

Janko Božič, Gregor Belušič, Petra Golja, Marko Kreft

Katedra kot skupna organizacijska enota treh različnih pedagoških področij deluje od leta 2011. Prvi predstojnik katedre je bil Gregor Zupančič, nato Marko Kreft, nekaj zadnjih let pa katedro vodi Janko Božič.

Najstarejša med tremi na katedri zastopanimi pedagoškimi področji je Fizična antropologija, ki jo je leta 1946 kot Katedro za antropologijo na sedanji Filozofski fakulteti ustanovil prof. dr. Božo Škerlj. Vodenje Katedre za antropologijo je leta 1961 prevzela Zlata Dolinar Osوله, leta 1988 Marija Štefančič, ki je delovala skupaj z Tatjano Tomazo Ravnik. od leta 2010 pa Skupino za antropologijo vodi Petra Golja. V skupini pa delujeta še Tatjana Robič Pikel in Katja Zdešar Kotnik.

Relativno dolgo tradicijo ima tudi področje Fiziologija živali, ki je dolgo imelo tudi svojo katedro. Po prvih začetkih se je Fiziologija živali

na Biološkem oddelku začela pospešeno razvijati leta 1961 v obdobju Štefana Sušca-Michielija (1933–1968). Že takoj na začetku se mu je pridružil Matija Gogala (1937-). Kasneje sta fiziološki laboratorij in predavanja vodila Kazimir Drašlar in Peter Stušek, k delu sta pritegnila mlajše sodelavce, med drugimi Gregorja Zupančiča. Trenutno v skupini za integrativno fiziologijo in fiziologijo živali delujemo Marko Kreft, Gregor Belušič, Aleš Škorjanc, Primož Pirih, Uroš Cerkvjenik, Andrej Meglič, Suzana Logar, Marko Ilič (trenutno v Hayama, Japonska) in upokojena sodelavca Kazimir Drašlar in Peter Stušek.

Iz fiziologije živali je zrastle tudi Etologija, oz. Nevroetologija, nekaj časa tudi kot posebna katedra. Področje se je začelo razvijati z izbirnim predmetom Etologija pod vodstvom Matije Gogala in izvedbi Tineta Valentinič v sedemdesetih letih