

Oznaka poročila: ARRS-RPROJ-ZP-2014/82



ZAKLJUČNO POROČILO RAZISKOVALNEGA PROJEKTA

A. PODATKI O RAZISKOVALNEM PROJEKTU

1. Osnovni podatki o raziskovalnem projektu

Šifra projekta	Z4-4113
Naslov projekta	Hranilna vrednost kalčkov kmetijskih rastlin
Vodja projekta	25512 Paula Pongrac
Tip projekta	Z Podoktorski projekt
Obseg raziskovalnih ur	3258
Cenovni razred	A
Trajanje projekta	02.2012 - 01.2014
Nosilna raziskovalna organizacija	481 Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta
Raziskovalne organizacije - soizvajalke	
Raziskovalno področje po šifrantu ARRS	4 BIOTEHNIKA 4.03 Rastlinska produkcija in predelava 4.03.01 Kmetijske rastline
Družbeno-ekonomski cilj	08. Kmetijstvo
Raziskovalno področje po šifrantu FOS	4 Kmetijske vede 4.01 Kmetijstvo, gozdarstvo in ribištvo

B. REZULTATI IN DOSEŽKI RAZISKOVALNEGA PROJEKTA

2. Povzetek raziskovalnega projekta¹

SLO

Priča smo globalnemu paradoksu debelosti ljudi ob hkratnem pomanjkanju mineralov. Z minerali revna prehrana vodi v eno izmed prevladujočih prehranskih motenj v svetu zaradi katere je danes prizadetih več kot 2 milijardi ljudi. Prehranjenost z minerali lahko povečamo z raznolikostjo živil, uživanjem anorganskih mineralov (suplementacija), fortifikacijo živil (dodajanje mineralov v anorganski obliki živilom med predelavo) ali s povečanjem koncentracije mineralov

in/ali njihove dosegljivosti v izvornih živilih (biofortifikacija). Namen projekta je bil ovrednotiti mineralno kakovost kalčkov tatarske ajde (*Fagopyrum tataricum* Gaertn.) in pšenice (*Triticum aestivum* L.) in jih poskusiti biofortificirati z vzgojo v naravno bogatih mineralnih vodah (uporabili smo mineralni vodi Radenska Classic in Donat Mg®) in v odvisnosti od zunanjih dejavnikov. V primerjavi z zrnji, so kalčki tatarske ajde in pšenice vsebovali večje koncentracije Na, K in Fe, medtem ko smo z biofortifikacijo z mineralno vodo Radenska Classic uspeli kalčkom obeh vrst povečati koncentracije Na, Mg, K in Mn, vendar smo zmanjšali koncentracije Ca in Zn. Vzgoja kalčkov v mineralni vodi Donat Mg® ni bila mogoča, verjetno zaradi rastlinam neugodnega nizkega razmerja Ca/Mg, ki je prisoten v tej mineralni vodi, in/ali precej visokega pH-ja v stoječi mineralni vodi. V temi vzgojeni kalčki so bili enake mineralne kakovosti kot kalčki vzgojeni na svetlobi. Z analizo lokalizacije elementov smo pokazali, da se večina elementov v zrnju tatarske ajde kopiči v kličnih listih, v pšeničnem zrnju pa v plasti alevronskih celic. V kličnih listih kalčkov tatarske ajde, se elementi razporejajo neenakomerno pri čemer se Mg, Mn in Fe kopičijo v zrnatih strukturah, verjetno v granulah fitinske kisline, ki je založna oblika P v semenih in mladih listih. Elementa S in K sta razporejena bolj enakomerno po prečnem prerezu kličnih listov. V pšeničnih kalčkih je večina elementov nakopičenih v celični steni. Kljub značilnemu zmanjšanju koncentracije fitinske kisline od semena do kalčkov in povečanju vsebnosti bolj dostopne oblike Fe, t.j. Fe²⁺ pri kalčkih (32%) v primerjavi z zrnji (18%) se to ni odražalo v značilnem povečanju dostopnosti Fe, ki ostane na <2%. Majhno, a ne značilno, povečanje dostopnosti Fe smo izmerili pri biofortificiranih kalčkih tatarske ajde. Koncentracije Fe v kalčkih pšenice so bile za analize vsebnosti Fe²⁺ in Fe³⁺ in dostopnosti premajhne. Vsebnost vlaknin v kalčkih je bila večja kot v zrnih. Le pri biofortificiranih kalčkih tatarske ajde smo izmerili zmanjšanje vsebnosti vlaknin in kvercetina, povečanje katehina in askorbinske kisline in nespremenjene koncentracije rutina. Zaključujemo, da smo potrdili večjo hranilno vrednost kalčkov tatarske ajde in pšenice v primerjavi z zrnji, vendar pa nismo uspeli pokazati tudi večje dostopnosti Fe v kalčkih. Biofortifikacija kalčkov z naravno mineralno vodo je lahko uspešna, vendar je odvisna od vode, rastlinske vrste in je specifična za posamezen element.

ANG

We are witnessing the global paradox of obesity and malnutrition. Mineral malnutrition is affecting more than two billion people worldwide. It can be remedied through dietary diversification, mineral supplementation, food fortification, or increasing the concentrations and/or bioavailability of minerals in produce (biofortification). The aim of the project was to evaluate the mineral quality of tartary buckwheat (*Fagopyrum tataricum* Gaertn.) and wheat (*Triticum aestivum* L.) sprouts and to test the feasibility of biofortification of sprouts by

growing them in mineral-rich spring waters (we used mineral waters Radenska Classic and Donat Mg®) and by changing the external conditions. Tartary buckwheat and wheat sprouts contained higher concentration of Na, K and Fe than grains. The biofortification with mineral-rich spring water Radenska Classic increased the concentration of Na, Mg, K and Mn, but reduced concentrations of Ca and Zn in sprouts of both plant species. Due to impediment of sprout growth in Donat Mg® biofortification with this water was not feasible, probably because of the unfavourable low Ca/Mg ratio in water and/or significantly higher pH of the water in growth compartments. Sprouts grown in darkness were of the same mineral quality than those grown in natural light. Element localisation analyses showed that majority of elements in tartary buckwheat grain accumulate in cotyledons, while in wheat grain in aleurone, scutellum and embryo. In tartary buckwheat sprouts elements are distributed unevenly. Hotspots of Mg, Ca, Mn and Fe co-localise with P, which is stored in granules of phytic acid, main storage of P in grain and young leaves, while S and K are distributed more evenly across the cross-section of the cotyledon. In wheat sprouts elements accumulate in the cell walls. A significant decrease in phytic acid from tartary buckwheat grains to sprouts was seen and an increase in the amount of more easily available Fe form, i.e. Fe²⁺ was higher (32% in sprouts compared to 18% in the grain). However this did not result in higher availability of Fe from sprouts. In grains and in sprouts less than 2% of Fe is available, as measured in Caco2 cell system. A small but not significant increase in the availability of Fe was seen for biofortified tartary buckwheat sprouts. Concentration of Fe in wheat sprouts were too low to reliably determine the contents of Fe²⁺ and Fe³⁺ as well as Fe availability. The content of total dietary fiber in sprouts was higher than in the grains of both plant species. Only in biofortified tartary buckwheat sprouts lower total dietary fibre and quercetin, higher catechin and ascorbic acid were seen while the concentration of rutin remained unchanged. We confirmed the higher nutritional value of tartary buckwheat and wheat sprouts in comparison to their respective grains. However we were unable to demonstrate higher availability of Fe in sprouts. Biofortification of sprouts with mineral-rich spring waters can be successful, but it is water, species and element specific.

3. Poročilo o realizaciji predloženega programa dela na raziskovalnem projektu²

V skladu z nameni projekta smo preučili mineralno kakovost in lokalizaciji mineralov in izbranih bioaktivnih substanc v zrnju in kalčkih tatarske ajde in pšenice in raziskali, ali lahko njihovo hranilno vrednost izboljšamo z vzgojo v naravni mineralni vodi iz lokalnih Slovenskih izvirov in sicer Radenski Classic in Donatu Mg® in v odvisnosti od

zunanjih dejavnikov (svetloba v primerjavi s temo). Študijo smo razdelili v dva sklopa. V prvem smo ovrednotili hranilno vrednost kalčkov vzgojenih v vodovodni vodi in le-to primerjali s hranilno vrednostjo zrnja. V drugem sklopu smo ocenjevali hranilno vrednost z mineralno vodo biofortificiranih kalčkov v primerjavi s kalčki, ki smo jih vzgojili z vodovodno vodo. V tem drugem sklopu smo preučili tudi ali vzgoja kalčkov v temi pomembno vpliva na mineralno vrednost kalčkov.

Hipoteza 1: Kalčki so bolj hranljivo živilo

Med elementi so bile koncentracije Mg, P, S, Cl, K, Ca, Mn, Fe, Cu, Zn in Mo in koncentracije bioaktivnih substanc vlaknin, rutina, katehina in askorbinske kisline v kalčkih tatarske ajde večje kot v zrnju tatarske ajde. Pri pšeničnih kalčkih smo v primerjavi z zrnji izmerili večje koncentracije P, S, Cl, K, Ca, Fe, Cu in Zn med elementi in med bioaktivnimi substancami večje koncentracije vlaknin in askorbinske kisline. Koncentracije Mg, P, Ca, Fe, Ni, Cu, Zn in Mo so bile v kalčkih tatarske ajde večje kot v pšeničnih kalčkih, ki pa so vsebovali večje koncentracije S, Cl, K in Mn. Rezultati, ki smo jih pridobili v tristranskem sodelovanju z raziskovalci na Oddelku za biologijo Biotehniške fakultete Univerze v Ljubljani, Kemijskem inštitutu in Laboratory of Quality Evaluation of Plant Materials, Institute of Plant Breeding and Acclimatization, Radzików, Poljska, potrjujejo našo hipotezo, da so kalčki živilo z večjo hranilno vrednostjo, pri čemer so med raziskovanima vrstama, kalčki tatarske ajde superiorni ([Pongrac s sod., poslano v recenzijo](#)).

V okviru raziskav lokalizacije elementov smo pokazali, da so v zrnju tatarske ajde vsi minerali razen Ca nakopičeni v osrednje ležečem kličnem listu, Ca pa je največ v luski. V kličnem listu so minerali (Mg, Mn, Cu, Zn in Fe) nakopičeni v zrnatih strukturah, kjer kolokalizirajo s P. Stopnje kolokalizacije med P in različnimi elementi, ki jo predstavljamo s Pearsonovim korelacijskim koeficientom (R), so sledeče: z Mg $R=0.915$, z Mn $R=0.578$, z Fe $R=0.736$, z Cu $R=0.783$ in z Zn $R=0.315$). To nakazuje na bolj ali manj močno vezavo elementov na fitinsko kislino, založno obliko P v zrnju, ki velja za glavno inhibitorno substanco pri dostopnosti mineralov med prebavo ([Pongrac s sod., 2013a](#)). V zrelih kalčkih tatarske ajde so stopnje kolokalizacije s P sledeče: z Mg $R=0.851$, z Mn $R=0.724$ in z Fe $R=0.373$; [Pongrac s sod., v pripravi](#)). Pri zrnju pšenice je tkivo z največjimi koncentracijami mineralov alevron, ki mu sledita skutelum in kalček ([Pongrac s sod. 2013b](#)). Predvsem v alevronu so prisotna zrnata telesca bogata z Mg, Fe, Zn in P. Pri pšeničnih kalčkih zrnata struktura ni več prepoznavna, elementi pa so nakopičeni predvsem v celičnih stenah listov. Raziskave lokalizacije smo izvedli v štiristranskem sodelovanju z raziskovalci na Oddelku za biologijo Biotehniške fakultete Univerze v Ljubljani, Inštitutu Jožef Stefan, sinhrotronu Elettra (žarkovna linija TwinMic) v

Trstu, Italija, in sinhrotronu ESRF (žarkovna linija ID21) v Grenoblu, Francija.

Na sinhrotronu ESRF (žarkovna linija BM23) v Grenoblu, Francija, smo s pomočjo analiz XANES pokazali, da je v kalčkih večji delež bolj dostopne oblike Fe, t.j. Fe^{2+} (32%) v primerjavi z zrnji (18%). Analizo XANES spektrov smo izvedli s pomočjo raziskovalcev iz Univerze v Novi Gorici in Inštitutu Jožef Stefan. Analize dostopnosti Fe kot tudi vrednotenja razmerja $\text{Fe}^{2+}/\text{Fe}^{3+}$ pri pšenici nismo mogli izvesti, ker so bile koncentracije Fe v pšeničnih kalčkih prenizke ($59.1 \pm 4.5 \text{ mg kg}^{-1}$) v primerjavi s koncentracijo Fe v kalčkih tatarske ajde ($98.9 \pm 14.9 \text{ mg kg}^{-1}$). Že koncentracije Fe v kalčkih tatarske ajde so bile na meji detekcije. Koncentracije fitinske kisline in dostopnost Fe v zrnju in kalčkih tatarske ajde smo analizirali v sodelovanju z raziskovalci z Department of Chemical and Biological Engineering, Chalmers University of Technology, Gotenburg, Švedska. Pokazali smo, da so koncentracije fitinske kisline v kalčkih ($0.14 \pm 0.02 \text{ } \mu\text{mol mL}^{-1}$) nižje kot v zrnju ($0.64 \pm 0.18 \text{ } \mu\text{mol mL}^{-1}$), vendar pa to ni bistveno vplivalo na dostopnost Fe ($4.1 \pm 1.3 \text{ ng mg}^{-1}$ v kalčkih in $3.4 \pm 1.8 \text{ ng mg}^{-1}$ v zrnju). Rezultat pripisujemo še vedno visokemu molskemu razmerju med fitinsko kislino in Fe. Kljub sproščanju Fe s fitinske kisline oz. drugih vezavnih oblik, ki najverjetneje poteka pri pH v želodcu, je fitinska kislina kot najmočnejši ligand za Fe tudi v tankem črevesu kjer kljub zmanjšani celokupni koncentraciji ostaja v pribitku in torej močno veže prej sproščeno Fe. Pridobljeni rezultati nam torej ne omogočajo zaključiti, da so kalčki živilo z bolj dostopnim Fe, ne glede na večjo koncentracijo Fe v kalčkih tatarske ajde ([Pongrac s sod., v pripravi](#)). V prihodnje bi se bilo potrebno za testiranje hipoteze, ali večje koncentracije Fe in večje vsebnosti bolj dostopne oblike Fe v kalčkih in hkratnega bistvenega zmanjšanja koncentracije fitinske kisline pomembno vpliva na povečanje dostopnosti Fe, uporabiti dodatne, bolj zanesljive oblike določanja dostopnosti mineralov. Nekatere študije sistema Caco-2 celic namreč kažejo, da so analize živil, ki vsebujejo večje količine polifenolov, problematične, saj polifenoli negativno vplivajo na metabolizem Caco-2 celic.

Celokupni FTIR analize smo izvedli v sodelovanju z raziskovalci na Kemijskem Inštitutu v Ljubljani, analize lokalizacije bioaktivnih substanc smo izvedli na sinhrotronu Elettra, Trst, Italija in na sinhrotronu ESRF, Grenoble, Francija. S celokupnimi analizami smo pokazali razgradnjo založnih sladkorjev, zmanjšanje lipidnega traku, dela proteinskega traku in tudi fitinske kisline iz zrna do kalčkov obeh rastlinskih vrst. Zaradi časovne obsežnosti obdelave podatkov analiz lokalizacije bioaktivnih substanc, so le-te še v teku.

Hipoteza 2: Kalčki biofortificirani z naravno bogato mineralno

vodo in tisti vzgojeni na svetlobi imajo večjo hranljivo vrednost

Izmed zunanjih dejavnikov v smo najprej testirali vpliv svetlobe na mineralno kakovost kalčkov. Koncentracije mineralov v kalčkih vzgojenih na naravni svetlobi se niso bistveno razlikovale od tistih, ki so bili vzgojeni v temi vendar nismo opazili statistično značilnih razlik med tretmajema (npr. koncentracije Mg v kalčkih vzgojenih na dnevni svetlobi so bile v povprečju $4200 \pm 299 \text{ mg kg}^{-1}$, v temi pa $4320 \pm 331 \text{ mg kg}^{-1}$). Ne moremo torej potrditi hipoteze, da so na naravni svetlobi vzgojeni kalčki večje hranilne vrednosti. Večjo vrednost pa ima njihov izgled, saj zaradi svoje temno zelene barve kličnih listov in rdečega stebela delujejo bolj privlačni.

Vzgoja kalčkov v naravno bogati mineralni vodi je bila izvedljiva le z vodo Radenska Classic. Čeprav je zrnje tatarske ajde in pšenice dobro kalilo v obeh testnih vodah, je bila nadaljnja rast kalčkov v vodi Donat Mg[®] zavrta, verjetno zaradi rastlinam neugodnega, nizkega razmerja med Ca in Mg, ki je zelo izrazito v Donatu Mg[®] in tudi naraščajočega pH v kalilnih pladnjih. Pri biofortifikaciji z Radensko Classic so se koncentracije Na, Mg, K in Mn povečale v obeh rastlinskih vrstah, medtem ko sta se koncentraciji Ca in Zn zmanjšali ([Pongrac s sod., poslano v recenzijo](#)). Vsebnost celokupnih vlaknin (torej topnih, netopnih in lignina skupaj), vsebnost in profil topnih in netopnih vlaknin kot tudi ne vsebnost askorbinske kisline se v pšeničnih biofortificiranih kalčkih ni bistveno spremenilo. V biofortificiranih kalčkih tatarske ajde pa smo izmerili nižje vsebnosti celokupnih vlaknin, čemur je najbolj prispevalo zmanjšanje vsebnosti topnih vlaknin. Pri kalčkih tatarske ajde smo tudi pokazali, da so se koncentracije katehina v biofortificiranih kalčkih zmanjšale, koncentracije kvercetina so se povečale, koncentracije rutina pa so ostale nespremenjene ([Pongrac s sod., poslano v recenzijo](#)). Lokalizacija mineralov se v biofortificiranih kalčkih ni bistveno spremenila. V kalčkih tatarske ajde pa se je spremenila stopnja kolokalizacije P z Mg $R=0.520$, z Mn $R=0.162$ in z Fe $R=0.279$). Vsebnost Fe^{2+} v biofortificiranih kalčkih je bila rahlo povečana (35%), kot tudi dostopnost Fe (2.2%) pri čemer je bil koncentracija fitinske kisline v biofortificiranih kalčkih manjša ($4.0 \mu\text{mol/g}$) kot v kalčkih vzgojenih v vodovodni vodi ($5.21 \mu\text{mol/g}$) ([Pongrac s sod. v pripravi](#)). Rezultati pridobljeni v tem raziskovalnem sklopu torej kažejo na to, da je biofortifikacija s pomočjo naravno bogate mineralne vode mogoča, saj smo povečali koncentracije elementov v kalčkih, vendar je njen uspeh odvisen od same vode, rastlinske vrste kot tudi posameznega minerala. Pri vsaki biofortifikaciji z naravno bogato mineralno vodo pa je potrebno veliko pozornosti posvetiti morebitnim metabolnim spremembam, ki se lahko odražajo na kakovosti produkta. Večje vsebnosti lipidov in celokupnih sladkorjev smo določili tudi s pomočjo celokupnih FTIR analiz kalčkov. Podrobne analize lokalizacije bioaktivnih substanc so že v teku.

Pongrac, P., Vogel-Mikuš, K., Jeromel, L., Vavpetič, P., Pelicon, P., Kaulich, B., Gianoncelli, A., Regvar, M., Eichert, D., Kreft, I. (2013a): Spatial distribution of mineral elements in tartary buckwheat (*Fagopyrum tataricum*) grain as revealed by micro-imaging techniques. Food Research International 54 125-131.

Pongrac, P., Kreft, I., Vogel-Mikuš, K., Regvar, M., Germ, M., Vavpetič, P., Grlj, N., Jeromel, L., Eichert, D., Budič, B., Pelicon, P. (2013b): Relevance for food sciences of quantitative spatially resolved elemental profile investigations in wheat (*Triticum aestivum*) grain. Journal of the Royal Society Interface 10(84) 20130296.

Pongrac, P., Potisek, M., Fraš, A., Budič, B., Myszka, K., Boros, D., Nečemer, M., Likar, M., Vogel-Mikuš, K., Regvar, M., Kreft, I. Biofortification of tartary buckwheat (*Fagopyrum tataricum* Gaertn.) and wheat (*Triticum aestivum* L.) sprouts with mineral-rich spring waters is water, species, and mineral-and-trace-element specific. Poslano v recenzijo v revijo: Plant Foods for Human Nutrition

Pongrac, P., Scheers, N., Sandberg, A-S., Potisek, M., Arčon, I., Budič, B., Kreft, I., Kump, P., Pelicon, P., Vavpetič, P., Vogel-Mikuš, K. Iron localisation, local chemical environment and bioavailability in tartary buckwheat (*Fagopyrum tataricum* Gaertn.) grains, groats and sprouts. V pripravi

4. Ocena stopnje realizacije programa dela na raziskovalnem projektu in zastavljenih raziskovalnih ciljev³

Izpolnili smo vse cilje, razen dela v sklopu projekta, kjer smo načrtovali preučevanje vpliva zunanjih temperatur na mineralno kakovost kalčkov. Izpad analiz smo nadomestili s sklopom raziskav, ki se nanašajo na kemijske oblike in dostopnost Fe v zrnju in kalčkih.

Na rezultate analiz fagopirina, ki jih izvajamo v sodelovanju s prof. dr. Samom Kreftom s Fakultete za farmacijo Univerze v Ljubljani, pa še čakamo.

5. Utemeljitev morebitnih sprememb programa raziskovalnega projekta oziroma sprememb, povečanja ali zmanjšanja sestave projektne skupine⁴

Zaradi težav z opremo (predvsem natančnega vzdrževanja temperature rastnih komor) nismo mogli izpeljati dela projekta, v

katerem smo načrtovali preučevanje vpliva zunanje temperature na mineralno sestavo kalčkov. To spremembo smo utemeljili že v prvem (letnem) poročilu. Izpad raziskav smo nadomestili z dodatnimi analizami in sicer kvantifikacijo fitinske kisline in oceno dosegljivosti Fe v kalčkih v sistemu Caco2 celic (oboje v sodelovanju z Department of Chemical and Biological Engineering, Chalmers University of Technology, Gotenburg, Švedska). Dodatno smo izvedli še analizo kemijskih in vezavnih oblik Fe v zrnih in kalčkih (različne kemijske oblike Fe namreč bistveno vplivajo na dostopnost med prebavo) s tehniko XAS (X-ray Absorption Spectroscopy; rentgenska absorpcijska spektroskopija) v sodelovanju s prof. Iztokom Arčonom z Univerze v Novi Gorici in Ištita Jožef Stefan, Slovenija in s sodelovanjem na treh žarkovnih časih na dveh žarkovnih linijah (ID21 in BM23) na evropski sinhrotronski postaji (ESRF) v Grenoblu, Francija. Uporaba XAS tehnike v prehransko pomembnih rastlinah je eno izmed prvih na področju in kot tako gre pri tem za uvajanje novega znanstvenega področja v Sloveniji.

Naštete dodatne analize so bistveno izboljšale uporabno vrednost rezultatov in znanstveno odličnost projekta, saj samo povečanje koncentracije v živilu ne pomeni nujnega povečanja absorpcije elementov med prebavo. Zato smo šele z opisom kemijskih in vezavnih Fe in ovrednotenjem količine dostopnega Fe med samo prebavo ocenili v kolikšni meri je bil naš pristop biofortifikacije kalčkov z vzgojo v mineralnih vodah tudi uspešen z vidika Fe hranilne vrednosti kalčkov. Analize so bile izpeljane v drugi fazi projekta.

6. Najpomembnejši znanstveni rezultati projektne skupine⁵

Znanstveni dosežek			
1.	COBISS ID	7578745	Vir: COBISS.SI
	Naslov	<i>SLO</i>	Pomen kvantitativnih raziskav elementnih profilov v zrnu pšenice (<i>Triticum aestivum</i>) za prehrano
		<i>ANG</i>	Relevance for food sciences of quantitative spatially resolved element profile investigations in wheat (<i>Triticum aestivum</i>) grain
	Opis	<i>SLO</i>	Pomanjkanje Zn v prehrani v veliki meri izvira iz slabe napolnjenosti zrnja s Zn. V pšeničnem zrnu smo s kvantitativno tehniko protonsko induciranih rentgenskih žarkov s fokusiranim žarkom (mikro-PIXE) pokazali, da se Zn kopiči v kalčku in zunanji plasti zrna, alevronu. Ovrednotili smo tudi razlike v lokalizacij Zn pri kontrolni pšenici in pšenici, ki je bila dodatno gnojena z veliko količino Zn. Celokupno se je koncentracija Zn v zrnu povečala, z izrisom profila razporeditve Zn v obeh zrnih pa smo jasno prikazali prerazporeditev in spremembe v koncentraciji Zn v posameznih tkivih zrna. Rezultati kažejo na to, da z gnojenjem lahko pomembno vplivamo na razporejanje Zn (in drugih elementov), kar posledično lahko vpliva na mlevske frakcije in kvaliteto produktov.
			Element profiles within the wheat grain were determined and alterations in the relative repartitioning of the mineral elements that took place due to Zn

	ANG	fertilisation of wheat plants were defined. Zn fertilisation did not affect the grain yield, but did increase the grain Ca, Fe and Zn concentrations. The changes observed in bulk element concentrations were the reflection of tissue-specific variations within the grain, revealing that Zn application to soil can lead to considerable alterations in the element distributions within the grain, which might ultimately influence the quality of the milling fractions. Furthermore, as no chemical or mechanical disruption of the samples was required for this micro-PIXE analysis the results will help to explain the mode of grain filling for the various elements, which will foster advances in our understanding of the underlying processes involved.
Objavljeno v		The Royal Society; Journal of the Royal Society interface; 2013; Vol. 10, no. 84; str. 1742-5662; Impact Factor: 4.907; Srednja vrednost revije / Medium Category Impact Factor: 2.514; A'': 1; A': 1; WoS: RO; Avtorji / Authors: Pongrac Paula, Kreft Ivan, Vogel-Mikuš Katarina, Regvar Marjana, Germ Mateja, Vavpetič Primož, Grlj Nataša, Jeromel Luka, Eichert Diane, Budič Bojan, Pelicon Primož
Tipologija		1.01 Izvirni znanstveni članek

7. Najpomembnejši družbeno-ekonomski rezultati projektne skupine⁶

	Družbeno-ekonomski dosežek	
1.	COBISS ID	27581991 Vir: COBISS.SI
	Naslov	SLO Raziskave sestave zrn žitaric ANG Studies into the composition of cereals
	Opis	SLO V televizijski oddaji (RTV Slovenija 1, Dobra ura z Boštjanom) smo v prispevku o mineralni kakovosti žit in pseudožit predstavili raziskave razporejanja elementov v zrnu tatarske ajde in pšenice in govorili o pomenu močne vezave med s P bogato fitinsko kislino in minerali v sami prebavi in kako se dostopnost hranil s postopki predelave (npr. kuhanje, namakanje, kalitev) povečuje. ANG The television show (RTV Slovenia 1. An hour or more with Boštjan) focusing on the mineral quality of cereals and pseudo cereals we presented our contribution to understand spatial distribution of elements in minerals of tartary buckwheat and wheat. In addition, ways of how to increase availability of elements by various processes (e.g. cooking, soaking, germination) via disruption of strong bond between P rich phytic acid and elements.
	Šifra	F.18 Posredovanje novih znanj neposrednim uporabnikom (seminarji, forumi, konference)
	Objavljeno v	2014; Avtorji / Authors: Pelicon Primož, Pongrac Paula
	Tipologija	3.11 Radijski ali TV dogodek
2.	COBISS ID	2862159 Vir: COBISS.SI
	Naslov	SLO Razkrivanje skrivnosti iz življenja rastlin ANG Revealing the secret life of plants
	Opis	SLO Laboratorij za fiziologijo rastlin, Oddelka za Biologijo, Univerze v Ljubljani v Sloveniji je del mednarodnega konzorcija za raziskave sestave in razporejanja elementov v rastlinskih tkivih. V razpravi partnerji izpostavljajo najsodobnejše tehnologije, ki omogočajo napredek različnih znanstvenih področjih. S študijem strukture in sestave rastlin znanstveniki raziskujejo kako rastline delujejo. Z vrhunskimi slikovnimi tehnologijami odkrivajo prostorsko sestavo rastlin preko vizualizacije elementnih in molekularskih informacij, na vseh organizacijskih nivojih rastlin. Slikovne

	<p>tehnike za biološke vzorce, ki jih je razvij konzorcij, se uporabljajo v aplikativnih rastlinskih raziskavah in prispevajo k izboljšavam agronomskih, živilskih in bioremedijacijskih tehnologij. Sposobnost združevanja elementne, molekulske in morfološke informacije članom konzorcija omogoča svetovanje drugim znanstvenikom, študentom, pa tudi privatnim in javnim družbam pri njihovem aplikativnem delu. Organizirajo tudi izobraževanja o naj sodobnejših analiznih inštrumentih in raziskavah povezanih z mineralno prehrano rastlin.</p>
ANG	<p>The Laboratory of Plant Physiology, at The Department of Biology, University of Ljubljana, Slovenia is part of an international consortium which seeks to reveal the secrets behind the composition of elements in plant tissue. In this fascinating discussion, the partners outline the cutting-edge technology propelling this exciting field forward. By studying the structure and constitution of plants, scientists try to understand how they work. State-of-the-art imaging technologies reveal the spatial biochemical make-up of plants through visualising the elemental and molecular information present in plants at all levels of organisation. The bioimaging techniques developed by the consortium have applications in applied plant sciences, where it assists in the refinement of agricultural, food and bioremediation practices. Equipped with this ability to merge elemental, molecular and morphological information, the consortium is in a position to advise other scientists and students as well as public and private organisations about the applications of their work. As such, they hold regular multidisciplinary workshops to spread the latest news and information about cutting-edge instrumentation and plant nutrient related enquiries.</p>
Šifra	F.11 Razvoj nove storitve
Objavljeno v	Research Media; International innovation; 2013; str. 20-22; Avtorji / Authors: Regvar Marjana, Vogel-Mikuš Katarina, Pelicon Primož, Elteren Johannes Teun van, Gregoratti Luca, Pongrac Paula, Kreft Ivan, Eichert Diane
Tipologija	1.04 Strokovni članek

8. Drugi pomembni rezultati projektne skupine⁷

V spletni reviji Vrt, str. 21-24 (http://www.okrasnivrt.com/pov_zab/novice.php) smo v prispevku z naslovom »Kalčki – več kot le vzklita hrana« predstavili prednosti uživanja kalčkov. Podrobneje smo predstavili kalčke tatarske ajde, ki do sedaj še niso bili javno predstavljeni v slovenskem prostoru, kot tudi pšenične kalčke, ki pa se ponekod že uporabljajo za pripravo sokov.

9. Pomen raziskovalnih rezultatov projektne skupine⁸

9.1. Pomen za razvoj znanosti⁹

SLO

Za kalčke je bilo pokazano, da so bogati z minerali in vsebujejo učinkovine, ki pozitivno vplivajo na zdravje ljudi. Zato se tudi v državah, kjer njihovo uživanje ni tradicionalno, zanimanje za njihovo uživanje hitro povečuje. Znanstvene raziskave se osredotočajo na bioaktivne substance s pozitivnimi učinki na zdravje, medtem ko poznavanje mineralne sestave kalčkov ni podrobno raziskano. Poleg tega pa še ni podatkov o lokalizaciji mineralov v kalčkih, kar je ključnega pomena za razumevanje mehanizmov, ki sodelujejo pri regulaciji, prerazporejanju, kopičenju in dosegljivosti mineralov. S projektom smo pomembno prispevali k razumevanju teh procesov pri kalčkih tatarske ajde in pšenice. Za pridobivanje rezultatov smo uporabili tehnike, ki se na področju raziskav hrane in prehranskih produktov šele uveljavljajo. Do sedaj so npr. analitske tehnike za lokalizacijo mineralov običajno vključevale kemijske in destruktivne postopke kot je

ekstrakcija in ločevanje metabolitov, kar pa ruši izvorna razmerja med njimi in vodi v spremenjeno stanje na celičnem in sub-celičnem nivoju. V naših analizah smo uporabili postopke, pri katerih do opisanih procesov ne pride in so kot takšni zelo primerni za analize lokalizacije mineralov in bioaktivnih substanc. Uporaba fizikalnih tehnik kot so s protoni inducirana emisija rentgenskih žarkov s fokusiranim žarkom, rentgenska fluorescenčna spektroskopija s fokusiranim žarkom, absorpcijska rentgenska spektroskopija v okviru projekta nam je omogočila promocijo omenjenih prednosti tehnik in odprlo nove možnosti za raziskave na področju prehrane. Z njimi nam je uspelo podati celovito sliko lokalizacije mineralov in kemijskih oblik Fe kot tudi prostorsko razporeditev bioaktivnih substanc pri izbranih kalčkih. Na tem področju opisanih raziskav še ni bilo.

ANG

Sprouts have been shown to be mineral rich and to have health-promoting effects in humans thus the interest in their consumption in countries where this is not a tradition is rapidly increasing. Scientific studies focus mainly on bioactive compounds that have health promoting effects; however there is no complete information on the mineral quality of sprouts. Furthermore there is no data on localization of essential minerals in sprouts which is essential information for understanding mechanisms involved in mineral regulation, allocation, accumulation and bioavailability. With the project we contributed to basic understanding of these processes. We employed techniques that are novel in the field of food science and food technology studies. Sample preparation and localisation analyses used do not require chemically destructive procedures such as extraction and separation of metabolites and with that degrade the original relationships between them, and causing metabolite relocation at the cellular and sub-cellular levels. This is in contrast to conventional analytical techniques for localization of minerals. Analytical techniques used were micro-Proton Induced X-ray Emission, micro-X-Ray Fluorescence, X-ray Absorption Spectroscopy and Fourier Transform Infra Red. The application of these techniques within the project has and will promote their advantages and may open entirely new possibilities of research in the field of food science and food technology. Using these complementary techniques we were able to generate complete maps of mineral localization and chemical forms of Fe in tartary buckwheat and wheat sprouts, not available so far.

9.2. Pomen za razvoj Slovenije¹⁰

SLO

Zaradi klimatskih sprememb, pričakovanega dviga cen hrane v prihajajočih letih in spremenjene usmeritve kmetijstva k bolj učinkovitemu pridelovanju živil je izjemnega pomena razviti tehnologije za pridobivanje cenovno ugodnih in hranljivih živil, ki so dostopna za vse. K temu cilju lahko deloma prispevamo s promocijo uživanja kalčkov pri nas. Popularizacija kalčkov lahko vodi v razvoj komercialne produkcije, kar bi izkoriščalo nezasedeno nišo, saj kalčki v Sloveniji in drugih evropskih državah niso tradicionalno živilo. To bi bil dober primer sodelovanja med znanostjo in gospodarstvom, ki v mnogih državah, kot tudi v Sloveniji, ostaja slabo izkoriščeno. Splošno sprejetje funkcionalnih živil v vsakdanjem življenju kot moto bi lahko poskrbelo za promocijo Slovenije v Evropi in v svetu.

Vzgoja kalčkov ne zahteva uporabe anorganskih gnojil, pesticidov in herbicidov, kar dela sistem sonaraven in posledično znižuje breme teh snovi na okolje. Z minimalnim vložkom si lahko posamezno gospodinjstvo zagotovi svežo zelenjavo v zimskem času, kar vodi v znižanje stroškov za nakup drage zimske zelenjave. Vzgoja in prodaja kalčkov pa bi kmetom lahko zagotovila dodaten prihodek v zimskem času, saj nova sofisticirana infrastruktura ni potrebna in ker so stroški pridelave minimalni.

Med številnimi kalčki, ki so na voljo, so ajdovi kalčki zelo bogati z minerali in učinkovinami, ki pozitivno vplivajo na zdravje. Ajda sodi v skupino rastlin s kratko rastno sezono z relativno nizkimi zahtevami po gnojilih in pesticidih in jo kot tako lahko uspešno gojimo v skrajnih območjih (mineralno revna tla in pri višji nadmorski višini) z majhnim vložkom. Primerna je za organsko kmetijstvo in za »bio« pridelavo. Vzgoja ajde je torej odgovor na potrebe po povečanju obdelave obrobni tal.

ANG

Due to climate changes, the expected price rise for healthy food in the forthcoming years and the re-orientation of agro-industry towards the more efficiently acquired food reserves establishing easily available food that is cheap and nutritionally rich is of great importance. This

goal could easily be achieved by promoting sprout consumption. The popularization of sprout consumption may lead to development of commercial production exploring the unoccupied niche as sprouts are not traditionally consumed in Slovenia or in other European countries. This would be a demonstration of good collaboration of scientists and technology that is still unsatisfactory in Slovenia. The broad acceptance of functional food in everyday life as a motto could also ensure the promotion of Slovenia in Europe and in the World.

The sprout production does not require the application of inorganic fertilizers, pesticides or herbicides making the system sustainable and consequently decreasing the burden by these compounds on the environment. Production of sprouts can be performed with minimal costs in individual households ensuring fresh vegetables all year long resulting in lowering the total costs for expensive winter vegetable shopping. The sprout production would offer additional income for farmers in winter time as the production does not require new sophisticated infrastructures and requires only minimal cost for production.

Among several sprouts buckwheat sprouts are especially rich in minerals and health promoting compounds. Buckwheat belongs to the group of a short season crops with relatively lower demand on fertilizers and pesticides, which can be successfully grown in low-input systems and less favourable areas such as marginal, non-productive land and at higher altitudes. Moreover, it is a crop convenient for organic agriculture and a base for bio-food product. The culture of buckwheat thus responds to the need to increase the cultivated area to marginal soil.

**10. Samo za aplikativne projekte in podoktorske projekte iz gospodarstva!
Označite, katerega od navedenih ciljev ste si zastavili pri projektu, katere konkretne rezultate ste dosegli in v kakšni meri so doseženi rezultati uporabljeni**

Cilj		
F.01	Pridobitev novih praktičnih znanj, informacij in veščin	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input type="radio"/> NE
	Rezultat	<input type="text"/>
	Uporaba rezultatov	<input type="text"/>
F.02	Pridobitev novih znanstvenih spoznanj	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input type="radio"/> NE
	Rezultat	<input type="text"/>
	Uporaba rezultatov	<input type="text"/>
F.03	Večja usposobljenost raziskovalno-razvojnega osebja	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input type="radio"/> NE
	Rezultat	<input type="text"/>
	Uporaba rezultatov	<input type="text"/>
F.04	Dvig tehnološke ravni	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input type="radio"/> NE
	Rezultat	<input type="text"/>
	Uporaba rezultatov	<input type="text"/>
F.05	Sposobnost za začetek novega tehnološkega razvoja	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input type="radio"/> NE
	Rezultat	<input type="text"/>
	Uporaba rezultatov	<input type="text"/>

F.06	Razvoj novega izdelka	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input type="radio"/> NE
	Rezultat	<input type="text"/>
	Uporaba rezultatov	<input type="text"/>
F.07	Izboljšanje obstoječega izdelka	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input type="radio"/> NE
	Rezultat	<input type="text"/>
	Uporaba rezultatov	<input type="text"/>
F.08	Razvoj in izdelava prototipa	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input type="radio"/> NE
	Rezultat	<input type="text"/>
	Uporaba rezultatov	<input type="text"/>
F.09	Razvoj novega tehnološkega procesa oz. tehnologije	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input type="radio"/> NE
	Rezultat	<input type="text"/>
	Uporaba rezultatov	<input type="text"/>
F.10	Izboljšanje obstoječega tehnološkega procesa oz. tehnologije	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input type="radio"/> NE
	Rezultat	<input type="text"/>
	Uporaba rezultatov	<input type="text"/>
F.11	Razvoj nove storitve	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input type="radio"/> NE
	Rezultat	<input type="text"/>
	Uporaba rezultatov	<input type="text"/>
F.12	Izboljšanje obstoječe storitve	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input type="radio"/> NE
	Rezultat	<input type="text"/>
	Uporaba rezultatov	<input type="text"/>
F.13	Razvoj novih proizvodnih metod in instrumentov oz. proizvodnih procesov	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input type="radio"/> NE
	Rezultat	<input type="text"/>
	Uporaba rezultatov	<input type="text"/>
F.14	Izboljšanje obstoječih proizvodnih metod in instrumentov oz. proizvodnih procesov	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input type="radio"/> NE
	Rezultat	<input type="text"/>

	Uporaba rezultatov	<input type="text"/>
F.15	Razvoj novega informacijskega sistema/podatkovnih baz	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input type="radio"/> NE
	Rezultat	<input type="text"/>
	Uporaba rezultatov	<input type="text"/>
F.16	Izboljšanje obstoječega informacijskega sistema/podatkovnih baz	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input type="radio"/> NE
	Rezultat	<input type="text"/>
	Uporaba rezultatov	<input type="text"/>
F.17	Prenos obstoječih tehnologij, znanj, metod in postopkov v prakso	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input type="radio"/> NE
	Rezultat	<input type="text"/>
	Uporaba rezultatov	<input type="text"/>
F.18	Posredovanje novih znanj neposrednim uporabnikom (seminarji, forumi, konference)	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input type="radio"/> NE
	Rezultat	<input type="text"/>
	Uporaba rezultatov	<input type="text"/>
F.19	Znanje, ki vodi k ustanovitvi novega podjetja ("spin off")	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input type="radio"/> NE
	Rezultat	<input type="text"/>
	Uporaba rezultatov	<input type="text"/>
F.20	Ustanovitev novega podjetja ("spin off")	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input type="radio"/> NE
	Rezultat	<input type="text"/>
	Uporaba rezultatov	<input type="text"/>
F.21	Razvoj novih zdravstvenih/diagnostičnih metod/postopkov	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input type="radio"/> NE
	Rezultat	<input type="text"/>
	Uporaba rezultatov	<input type="text"/>
F.22	Izboljšanje obstoječih zdravstvenih/diagnostičnih metod/postopkov	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input type="radio"/> NE
	Rezultat	<input type="text"/>
	Uporaba rezultatov	<input type="text"/>
F.23	Razvoj novih sistemskih, normativnih, programskih in metodoloških rešitev	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input type="radio"/> NE

	Rezultat	<input type="text"/>
	Uporaba rezultatov	<input type="text"/>
F.24	Izboljšanje obstoječih sistemskih, normativnih, programskih in metodoloških rešitev	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input type="radio"/> NE
	Rezultat	<input type="text"/>
	Uporaba rezultatov	<input type="text"/>
F.25	Razvoj novih organizacijskih in upravljavskih rešitev	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input type="radio"/> NE
	Rezultat	<input type="text"/>
	Uporaba rezultatov	<input type="text"/>
F.26	Izboljšanje obstoječih organizacijskih in upravljavskih rešitev	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input type="radio"/> NE
	Rezultat	<input type="text"/>
	Uporaba rezultatov	<input type="text"/>
F.27	Prispevek k ohranjanju/varovanju naravne in kulturne dediščine	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input type="radio"/> NE
	Rezultat	<input type="text"/>
	Uporaba rezultatov	<input type="text"/>
F.28	Priprava/organizacija razstave	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input type="radio"/> NE
	Rezultat	<input type="text"/>
	Uporaba rezultatov	<input type="text"/>
F.29	Prispevek k razvoju nacionalne kulturne identitete	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input type="radio"/> NE
	Rezultat	<input type="text"/>
	Uporaba rezultatov	<input type="text"/>
F.30	Strokovna ocena stanja	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input type="radio"/> NE
	Rezultat	<input type="text"/>
	Uporaba rezultatov	<input type="text"/>
F.31	Razvoj standardov	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input type="radio"/> NE
	Rezultat	<input type="text"/>
	Uporaba rezultatov	<input type="text"/>

F.32	Mednarodni patent	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input type="radio"/> NE
	Rezultat	<input type="text"/>
	Uporaba rezultatov	<input type="text"/>
F.33	Patent v Sloveniji	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input type="radio"/> NE
	Rezultat	<input type="text"/>
	Uporaba rezultatov	<input type="text"/>
F.34	Svetovalna dejavnost	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input type="radio"/> NE
	Rezultat	<input type="text"/>
	Uporaba rezultatov	<input type="text"/>
F.35	Drugo	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input type="radio"/> NE
	Rezultat	<input type="text"/>
	Uporaba rezultatov	<input type="text"/>

Komentar

11. Samo za aplikativne projekte in podoktorske projekte iz gospodarstva!
Označite potencialne vplive oziroma učinke vaših rezultatov na navedena področja

	Vpliv	Ni vpliva	Majhen vpliv	Srednji vpliv	Velik vpliv	
G.01	Razvoj visokošolskega izobraževanja					
G.01.01.	Razvoj dodiplomskega izobraževanja	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.01.02.	Razvoj podiplomskega izobraževanja	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.01.03.	Drugo:	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.02	Gospodarski razvoj					
G.02.01	Razširitev ponudbe novih izdelkov/storitev na trgu	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.02.02.	Širitev obstoječih trgov	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.02.03.	Znižanje stroškov proizvodnje	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.02.04.	Zmanjšanje porabe materialov in energije	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.02.05.	Razširitev področja dejavnosti	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.02.06.	Večja konkurenčna sposobnost	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.02.07.	Večji delež izvoza	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.02.08.	Povečanje dobička	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.02.09.	Nova delovna mesta	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	

G.02.10.	Dvig izobrazbene strukture zaposlenih	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.02.11.	Nov investicijski zagon	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.02.12.	Drugo:	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.03	Tehnološki razvoj					
G.03.01.	Tehnološka razširitev/posodobitev dejavnosti	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.03.02.	Tehnološko prestrukturiranje dejavnosti	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.03.03.	Uvajanje novih tehnologij	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.03.04.	Drugo:	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.04	Družbeni razvoj					
G.04.01	Dvig kvalitete življenja	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.04.02.	Izboljšanje vodenja in upravljanja	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.04.03.	Izboljšanje delovanja administracije in javne uprave	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.04.04.	Razvoj socialnih dejavnosti	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.04.05.	Razvoj civilne družbe	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.04.06.	Drugo:	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.05.	Ohranjanje in razvoj nacionalne naravne in kulturne dediščine in identitete					
G.06.	Varovanje okolja in trajnostni razvoj					
G.07	Razvoj družbene infrastrukture					
G.07.01.	Informacijsko-komunikacijska infrastruktura	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.07.02.	Prometna infrastruktura	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.07.03.	Energetska infrastruktura	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.07.04.	Drugo:	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.08.	Varovanje zdravja in razvoj zdravstvenega varstva					
G.09.	Drugo:					

Komentar

--

12.Pomen raziskovanja za sofinancerje¹¹

Sofinancer		
1.	Naziv	
	Naslov	
	Vrednost sofinanciranja za celotno obdobje trajanja projekta je znašala:	EUR
	Odstotek od utemeljenih stroškov projekta:	%

Najpomembnejši rezultati raziskovanja za sofinancerja		Šifra
1.		
2.		
3.		
4.		
5.		
Komentar		
Ocena		

13. Izjemni dosežek v letu 2013¹²

13.1. Izjemni znanstveni dosežek

PONGRAC, Paula, VOGEL-MIKUŠ, Katarina, JEROMEL, Luka, VAVPETIČ, Primož, PELICON, Primož, KAULICH, Burkhard, GIANONCELLI, Alessandra, EICHERT, Diane, REGVAR, Marjana, KREFT, Ivan. Spatially resolved distributions of the mineral elements in the grain of tartary buckwheat (*Fagopyrum tataricum*). *Food research international*, ISSN 0963-9969, 2013, vol. 54, issue 1, str. 125-131, doi: 0.1016/j.foodres.2013.06.020. [COBISS.SI-ID 26863911], [JCR, SNIP, WoS do 24. 3. 2014: št. citatov (TC): 1, čistih citatov (CI): 1, čistih citatov na avtorja (CIAu): 0.10, normirano št. čistih citatov (NC): 1, Scopus do 24. 3. 2014: št. citatov (TC): 0, čistih citatov (CI): 0, čistih citatov na avtorja (CIAu): 0, normirano št. čistih citatov (NC): 0] kategorija: 1A1 (Z1, A', A1/2); uvrstitev: SCI, Scopus, MBP; tipologijo je verificiral OSICN točke: 11.86, št. avtorjev: 10

13.2. Izjemni družbeno-ekonomski dosežek

REGVAR, Marjana, VOGEL-MIKUŠ, Katarina, PELICON, Primož, ELTEREN, Johannes Teun van, GREGORATTI, Luca, PONGRAC, Paula, KREFT, Ivan, EICHERT, Diane. Revealing the secret life of plants : detecting the elements in plant tissue. *International innovation, Environment*, ISSN 2051-8544, Aug. 2013, str. 20-22. [COBISS.SI-ID 2862159] kategorija: SU (S) točke: 0.63, št. avtorjev: 8

C. IZJAVE

Podpisani izjavljam/o, da:

- so vsi podatki, ki jih navajamo v poročilu, resnični in točni
- se strinjamo z obdelavo podatkov v skladu z zakonodajo o varstvu osebnih podatkov za potrebe ocenjevanja ter obdelavo teh podatkov za evidence ARRS
- so vsi podatki v obrazcu v elektronski obliki identični podatkom v obrazcu v pisni obliki
- so z vsebino zaključnega poročila seznanjeni in se strinjajo vsi soizvajalci projekta

Podpisi:

*zastopnik oz. pooblaščen oseba
raziskovalne organizacije:*

in

vodja raziskovalnega projekta:

Univerza v Ljubljani, Biotehniška
fakulteta

Paula Pongrac

ŽIG

Kraj in datum: Bayreuth 13.4.2014

Oznaka prijave: ARRS-RPROJ-ZP-2014/82

- ¹ Napišite povzetek raziskovalnega projekta (največ 3.000 znakov v slovenskem in angleškem jeziku) [Nazaj](#)
- ² Napišite kratko vsebinsko poročilo, kjer boste predstavili raziskovalno hipotezo in opis raziskovanja. Navedite ključne ugotovitve, znanstvena spoznanja, rezultate in učinke raziskovalnega projekta in njihovo uporabo ter sodelovanje s tujimi partnerji. Največ 12.000 znakov vključno s presledki (približno dve strani, velikost pisave 11). [Nazaj](#)
- ³ Realizacija raziskovalne hipoteze. Največ 3.000 znakov vključno s presledki (približno pol strani, velikost pisave 11) [Nazaj](#)
- ⁴ V primeru bistvenih odstopanj in sprememb od predvidenega programa raziskovalnega projekta, kot je bil zapisan v predlogu raziskovalnega projekta oziroma v primeru sprememb, povečanja ali zmanjšanja sestave projektne skupine v zadnjem letu izvajanja projekta, napišite obrazložitev. V primeru, da sprememb ni bilo, to navedite. Največ 6.000 znakov vključno s presledki (približno ena stran, velikost pisave 11). [Nazaj](#)
- ⁵ Navedite znanstvene dosežke, ki so nastali v okviru tega projekta. Raziskovalni dosežek iz obdobja izvajanja projekta (do oddaje zaključnega poročila) vpišete tako, da izpolnite COBISS kodo dosežka – sistem nato sam izpolni naslov objave, naziv, IF in srednjo vrednost revije, naziv FOS področja ter podatek, ali je dosežek uvrščen v A'' ali A'. [Nazaj](#)
- ⁶ Navedite družbeno-ekonomske dosežke, ki so nastali v okviru tega projekta. Družbeno-ekonomski rezultat iz obdobja izvajanja projekta (do oddaje zaključnega poročila) vpišete tako, da izpolnite COBISS kodo dosežka – sistem nato sam izpolni naslov objave, naziv, IF in srednjo vrednost revije, naziv FOS področja ter podatek, ali je dosežek uvrščen v A'' ali A'.
- Družbeno-ekonomski dosežek je po svoji strukturi drugačen kot znanstveni dosežek. Povzetek znanstvenega dosežka je praviloma povzetek bibliografske enote (članka, knjige), v kateri je dosežek objavljen.
- Povzetek družbeno-ekonomskega dosežka praviloma ni povzetek bibliografske enote, ki ta dosežek dokumentira, ker je dosežek sklop več rezultatov raziskovanja, ki je lahko dokumentiran v različnih bibliografskih enotah. COBISS ID zato ni enoznačen, izjemoma pa ga lahko tudi ni (npr. prehod mlajših sodelavcev v gospodarstvo na pomembnih raziskovalnih nalogah, ali ustanovitev podjetja kot rezultat projekta ... - v obeh primerih ni COBISS ID). [Nazaj](#)
- ⁷ Navedite rezultate raziskovalnega projekta iz obdobja izvajanja projekta (do oddaje zaključnega poročila) v primeru, da katerega od rezultatov ni mogoče navesti v točkah 6 in 7 (npr. ni voden v sistemu COBISS). Največ 2.000 znakov, vključno s presledki. [Nazaj](#)
- ⁸ Pomen raziskovalnih rezultatov za razvoj znanosti in za razvoj Slovenije bo objavljen na spletni strani: <http://sicris.izum.si/> za posamezen projekt, ki je predmet poročanja [Nazaj](#)
- ⁹ Največ 4.000 znakov, vključno s presledki [Nazaj](#)
- ¹⁰ Največ 4.000 znakov, vključno s presledki [Nazaj](#)
- ¹¹ Rubrike izpolnite / prepisite skladno z obrazcem "izjava sofinancerja" <http://www.arrs.gov.si/sl/progproj/rproj/gradivo/>, ki ga mora izpolniti sofinancer. Podpisan obrazec "Izjava sofinancerja" pridobi in hrani nosilna raziskovalna organizacija – izvajalka projekta. [Nazaj](#)
- ¹² Navedite en izjemni znanstveni dosežek in/ali en izjemni družbeno-ekonomski dosežek raziskovalnega projekta v letu 2013 (največ 1000 znakov, vključno s presledki). Za dosežek pripravite diapozitiv, ki vsebuje sliko ali drugo slikovno gradivo v zvezi z izjemnim dosežkom (velikost pisave najmanj 16, približno pol strani) in opis izjemnega dosežka (velikost pisave 12, približno pol strani). Diapozitiv/-a priložite kot priponko/-i k temu poročilu. Vzorec diapozitiva je objavljen na spletni strani ARRS <http://www.arrs.gov.si/sl/gradivo/>, predstavitev dosežkov za pretekla leta pa so objavljena na spletni strani <http://www.arrs.gov.si/sl/analize/dosez/>. [Nazaj](#)

Obrazec: ARRS-RPROJ-ZP/2014 v1.03

86-DC-72-3E-86-60-C2-FD-4C-FC-2F-FE-5E-73-4E-3F-E7-0B-B9-9A

Priloga 1

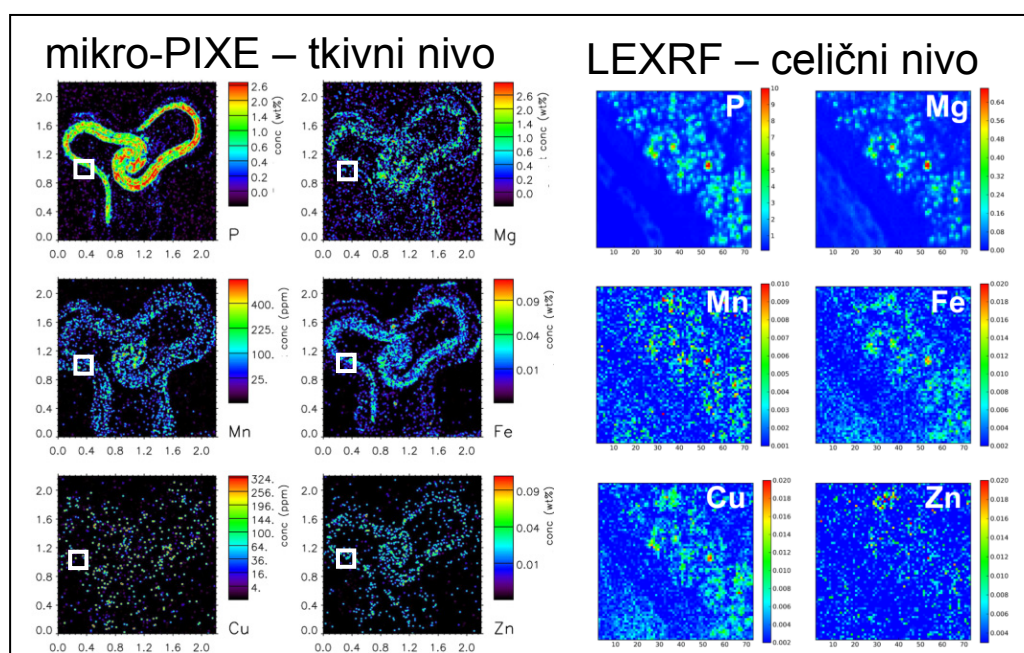
VEDA 4 BIOTEHNIKA

Področje: 4.03 Rastlinska produkcija in predelava

Dosežek 1: Študija razporeditve elementov v zrnju tatarske ajde

Vir: PONGRAC, P, VOGEL-MIKUŠ, K, JEROMEL, L, VAVPETIČ, P, PELICON, P, KAULICH, B, GIANONCELLI, A, EICHERT, D, REGVAR, M, KREFT, I. Spatially resolved distributions of the mineral elements in the grain of tartary buckwheat (*Fagopyrum tataricum*). Food Research International, 2013, 54, 125-131.

[COBISS.SI-ID [26863911](#)]



Poznavanje razporejanja elementov in njihove vezavne oblike znotraj zrnja žit in psevdžit postaja vse pomembnejše za optimizacijo postopkov mletja zrnja za pridobivanje najbolj kakovostnih frakcij. Na simpoziju smo s posterjem promovirali mineralno kakovost zrnja tatarske ajde, ki predstavlja pomemben vir mineralov predvsem za ljudi s celiakijo, saj zrnje ne vsebuje glutena. Razporejanje elementov smo na tkivnem nivoju preučili z mikro-PIXE, na celičnem nivoju v kotiledonih pa z LEXRF. Pokazali smo, da se Mg, P, S, K, Mn, Fe, Cu in Zn kopičijo v kotiledonih, Ca pa večinoma v luski. Znotraj kotiledonov (na mikro-PIXE mapah označeno z belim kvadratom) se lateralni distribuciji P (v zrnju in semenih osnovni gradnik fitinske kisline) in Mg zelo ujemata, kar nakazuje na njuno vezavo. Korelacija distribucije P in preostalih preučevanih elementov pa je bila po velikosti naslednja Cu>Fe>Mn>Zn. Rezultati kažejo na to, da se precejšen del Cu, Fe, Mn, predvsem pa Zn v kotiledonih tatarske ajde veže tudi na druge komponente (npr. proteine). Revija, v kateri je bil članek sprejet sodi v vrh področja „Food research and technology“. Z omenjeno objavo smo tudi odločno stopili na pot promocije tehnik mapiranja elementov tudi na prehranskem področju.

Priloga 2

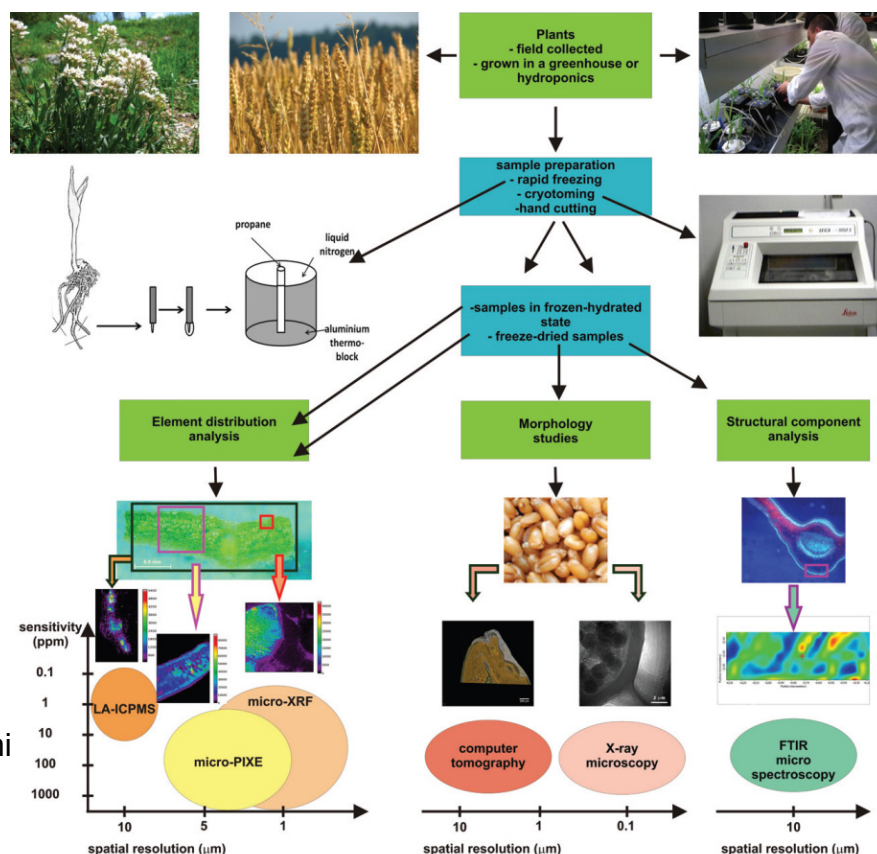
VEDA: BIOLOGIJA

Področje: 1.03.04 Fiziologija rastlin

Dosežek 2: Razkrivanje skrivnosti iz življenja rastlin

Vir: REGVAR, M, VOGEL-MIKUŠ, K, PELICON, P, ELTEREN, JT van, GREGORATTI, L, PONGRAC, P, KREFT, I, EICHERT, D. Revealing the secret life of plants: detecting the elements in plant tissue. *International innovation, Environment*, 2013, 20-22. [COBISS.SI-ID [2862159](#)]

Razumevanje mehanizmov privzema in razporejanja elementov v rastlinah je relativno omejeno. Po zaslugi naglega razvoja tehnologij namenjenih raziskavam elementne in molekulske sestave rastlinskih tkiv pa je to področje v zadnjem času doživelo izjemen napredek. Raziskovalci Laboratorija za fiziologijo rastlin na Oddelku za biologijo UL, Mikroanalitskega centra na Inštitutu Jožef Stefan, Laboratorija za analizo kemijo na Kemijskem inštitutu, in žarkovnih linij na Sinhrotronu Elettra v Trstu so se povezali v konzorcij za slikovnih analize organizmov. Razvili in prilagodili so tudi postopke priprave rastlinskih tkiv, ki omogočajo kar najboljšo ohranitev rastlinskih mikrostruktur. S svojim delom dokazujejo uporabnost posameznih slikovnih tehnik za bazične raziskave elementne in makromolekulske sestave rastlin, ter ugotavljajo, kaj nam to pove o njihovem delovanju. Opremljeni z možnostjo povezovanja morfologije rastlinskih struktur in njihove biokemijske sestave lahko znanstveniki svetujejo raziskovalcem, javnim in zasebnim partnerjem pri reševanju bazičnih in aplikativnih problemov na področju biologije rastlin, agronomije in okoljskih in živilskih znanosti.



Shematska predstavitev postopkov za pripravo vzorcev v povezavi z najnaprednejšimi slikovnimi tehnikami