

UNIVERZA V MARIBORU  
FAKULTETA ZA KMETIJSTVO IN BIOSISTEMSKO VEDE

ČASOVNA DINAMIKA IN VARIACIJA KEMIJSKE SESTAVE  
POSAMEZNIH DELOV KORMA TARA  
(*COLOCASIA ESCULENTA*)

DOKTORSKA DISERTACIJA

TEMPORAL DYNAMICS AND CHEMICAL VARIATION OF  
DIFFERENT PARTS OF TARO (*COLOCASIA ESCULENTA*)  
CORMS

PH. D. THESIS

Maribor, 2016

Andrej MERGEDUŠ

UNIVERZA V MARIBORU  
FAKULTETA ZA KMETIJSTVO IN BIOSISTEMSKO VEDE  
KMETIJSTVO

ČASOVNA DINAMIKA IN VARIACIJA KEMIJSKE SESTAVE  
POSAMEZNIH DELOV KORMA TARA  
(*COLOCASIA ESCULENTA*)

DOKTORSKA DISERTACIJA

TEMPORAL DYNAMICS AND CHEMICAL VARIATION OF  
DIFFERENT PARTS OF TARO (*COLOCASIA ESCULENTA*)  
CORMS

PH. D. THESIS

Maribor, 2016

Andrej MERGEDUŠ

**Popravki:**

## Časovna dinamika in variacija kemijske sestave posameznih delov korma tara (*Colocasia esculenta*)

UDK: 633.4:543.384:549.751:547.458.61(043)=163.6

V disertaciji sta predstavljeni dve temi, povezani s procesom nalaganja hranilnih snovi v kormu tara. Prva tema se nanaša na nalaganje snovi v različnih delih korma, druga pa je povezana z dinamiko nalaganja tekom vegetacijske dobe. Poljski poskusi so bili postavljeni v državi Vanuatu na Tihem Oceanu. V poskus (s ciljem proučevanja vsebnosti različnih kemijskih substanc v štirih ključnih delih korma tara) smo vključili 8 kultivarjev iz nacionalne genske banke. Za analizo (povezano s časovno dinamiko razvoja rastlin) smo izbrali 13 kultivarjev. Liofilizirane vzorce smo analizirani na Fakulteti za kmetijstvo in biosistemske vede Univerze v Mariboru. Za analize mineralov smo najprej opravili kislinski razklop. Koncentracije Ca, Mg in Zn smo izmerili s plamensko atomsko absorpcijsko spektrometrijo (FAAS), medtem ko smo K izmerili s plamensko emisijsko spektrometrijo. Analizo Fe, Mn, Cu, Pb in Cd smo izvedli z elektrotermično atomsko absorpcijsko spektrometrijo (ETAAS), P pa smo izmerili po molibdat-vandatni metodi. Vsebnost škroba smo določili po postopku Megazyme in skupni dušik po Kjehldalovi metodi. Nitrate smo določili z ionsko kromatografijo. Rezultati naše raziskave kažejo, da so v zgornjem delu, ki ima ključno vlogo pri vegetativnem razmnoževanju, sorazmerno visoke koncentracije surovih proteinov, P, Mg, Zn, Fe, Mn, Cu in Cd. Za zgornji del so značilne tudi višje vsebnosti nitratov, ki niso zaželeni v prehrani ljudi. Osrednji del, ki je ključen v prehrani ljudi, vsebuje več škroba, K, Mg, Zn, Fe, Cu in Cd. Koncentracije proučevanih hranil v spodnjem delu so bile sorazmerno nizke, z izjemo Ca. Višje vsebnosti Ca in Zn so bile značilne za marginalni del, ki se običajno odstrani z lupljenjem. Globoko lupljenje najbolj vpliva le na vsebnost Ca, saj je Zn prisoten v večjih koncentracijah tudi v zgornjem in/ali centralnem delu. Vrednosti Cr in Pb so bile pod mejo določljivosti. Koncentracije posameznih hranilnih snovi so se zelo razlikovale med posameznimi kultivarji. Med vegetacijo je masa posameznih kormov ves čas naraščala. Vsebnost škroba je naraščala med 5. in 9. mesecem po sajenju (MPS), ko je dosegla maksimum, nato pa je začela padati. Vsebnosti surovih proteinov so bile najvišje v prvih mesecih, ki so bili zajeti z našo raziskavo. Maksimum je bil zabeležen 5. MPS in nato je vsebnost padla. Med posameznimi meseci niso bile evidentirane bistvene razlike v vsebnostih P, K, Mg, Cu in Ca. Glavni razlog so bile velike razlike med posameznimi kultivarji. Vsebnosti Zn so bile najvišje v prvih treh mesecih, vključenih v našo raziskavo (5., 6., 7. MPS), nato je vsebnost začela padati, najnižja vrednost pa je bila izmerjena 13. MPS. Vsebnost Mn je bila najvišja 6. MPS in se je signifikantno razlikovala glede na druge mesece. Sorazmerno visoke vsebnosti Mn so bile zaznane tudi 5., 7. in 8. MPS. Vsebnost Fe je bila najvišja 5. MPS. Vsebnost Cd je bila najvišja 5. MPS, nato je začela padati in je ponovno narasla 9. MPS. Glede na dejstvo, da so bili maksimalno izenačeni sadilni materiali in rastni pogoji (okolje), lahko domnevamo, da so bile razlike v rasti v glavnem posledica genetskih razlik med posameznimi kultivarji.

**Ključne besede:** Taro, *Colocasia esculenta*, korm, kemijska sestava, makroelementi, mikroelementi, škrob, surovi proteini, nitri

**Opombe:** XIII, 103 s., 6 pregl., 26 graf., 7 sl., 146 ref.

## **Temporal Dynamics and the Chemical Variation of Different Parts of Taro (*Colocasia esculenta*) Corms**

UDK: 633.4:543.384:549.751:547.458.61(043)=163.6

The main objective of the presented research was to expand the knowledge about the dynamics of major nutrient accumulation in taro corms. It involves two major topics: the first is associated with the concentration variations of the most important nutritional substances in four crucial parts of corm, and the second topic is associated with the accumulation dynamics of nutrients during the growth season. The trials were planted on one of the experimental fields of VARTC in Vanuatu in the South Pacific. Chemical substances in four corm parts of 8 taro cultivars were studied, and for the analysis associated with the temporal dynamics of accumulation of different nutrients during the growth season, 13 cultivars were selected. Freeze dried samples were sent to the Faculty of Agriculture and Life Sciences at the University of Maribor, Slovenia for further chemical analyses. The analysis of the minerals began with acid digestion. Concentrations of Ca, Mg and Zn were measured by flame atomic absorption spectrometry (FAAS), while K was determined by flame-emission spectrometry. The analyses of Fe, Mn, Cu, Pb and Cd were performed via electrothermal atomic absorption spectrometry (ETAAS), and P was determined by the molybdate-vanadate method. The starch content was analysed using the Megazyme method and the total nitrogen with the Kjeldahl method. For nitrate content testing we used ion chromatography. The results of our investigation suggest that the upper part, which plays one of the major roles in vegetative propagation, is characterized by relatively high concentrations of crude proteins, P, Mg, Zn, Fe, Mn, Cu and Cd. The upper part is also characterized by higher concentration of nitrates, which are not desirable in the human diet. The central part, which is crucial for human nutrition, is characterized by higher concentrations of starch, K, P, Mg, Zn, Fe, Cu and Cd. The concentrations of the studied nutrients were found to be relatively low in the lower part, with the exception of Ca. Ca and Zn were more concentrated in the marginal and lower parts, which are partly removed by peeling. Deep peeling can affect only Ca because Zn is also present in higher concentrations in the upper and/or central parts. The values of Cd and Pb were below the limit of quantification. The concentrations of the studied nutrients exhibited relatively high differences among cultivars. The weight of the taro corms was increasing throughout the vegetation period. The starch content was increasing from 5 to 9 months after planting (MAP) (when it reached the maximum value) and then it started to decrease. The crude protein content reached its peak during the first months included in our study. The maximum content was recorded at 5 MAP and decreased afterwards. The differences in content of P, K, Mg, Ca and Cu during the growth period were not significant due to the big differences among cultivars. The highest contents of Zn were determined during the first three months of our sampling (5, 6, 7 MAP), whereas the lowest value was determined at 13 MAP. The content of Mn reached its peak at 6 MAP, and was significantly different when compared to the values obtained during other months. A relatively high content of Mn was determined at 5, 7 and 8 of the MAP. The content of Fe reached its maximum at 5 MAP. At 6 MAP, its level decreased and increased again at 9 and 10 MAP. The level of Cd reached its peak at 5 MAP, then it decreased and increased again at 9 MAP. Considering the fact that the planting material and growth conditions were uniform, it can be assumed that the differences in growth were mainly due to the differences associated with the genetic structure of the studied cultivars.

**Keywords:** Taro, *Colocasia esculenta*, corm, chemical composition, macroelements, microelements, starch, crude proteins, nitrate

**Comments:** XIII, 103 P, 6 Tab., 26 Graphs, 7 Fig., 146 Ref.

Tema doktorske disertacije je bila potrjena na 39. redni seji Senata Univerze v Mariboru, dne 24. 2. 2015. Komisija za oceno doktorske disertacije je bila imenovana na 4. redni seji Senata Fakultete za kmetijstvo in biosistemske vede dne 28. 10. 2015. Poročilo Komisije za oceno doktorske disertacije je bilo obravnavano na 3. korespondenčni seji Senata Fakultete za kmetijstvo in biosistemske vede dne 26. 2. 2016, kjer je bila imenovana tudi Komisija za zagovor.

Komisijo za zagovor in oceno doktorske disertacije sestavljajo:

Predsednik: **Red. prof. dr. Branko Kramberger**

Mentorica: **Doc. dr. Janja Kristl**

Somentor/ član: **Red. prof. dr. Anton Ivančič**

Član: **Izr. prof. dr. Ludvik Rozman**

Lektorica: **Mojca Garantini, prof. slov. j. in knj.**

Datum zagovora: 30. 3. 2016

## KAZALO VSEBINE

<b>1</b>	<b>UVOD.....</b>	<b>1</b>
1.1	Opredelitev problema.....	2
1.2	Cilji doktorske disertacije.....	4
1.3	Hipoteze doktorske disertacije .....	5
<b>2.</b>	<b>PREGLED OBJAV .....</b>	<b>6</b>
2.1	Glavne botanične značilnosti in domestifikacija.....	6
2.2	Morfologija tara.....	8
2.3	Korm .....	10
2.4	Rastni cikel .....	12
2.5	Optimalne razmere za rast in razvoj .....	14
2.6	Pridelovalni sistemi.....	16
2.7	Kemijska sestava tara .....	17
2.7.1	Hranilne snovi .....	17
2.7.2	Antinutritivne snovi .....	18
2.8	Fiziologija rastlinskih hranil.....	19
2.8.1	Škrob .....	19
2.8.2	Nitrati .....	21
2.8.3	Proteni .....	22
2.8.4	Minerali .....	22
2.9	Pomen makro- in mikrohranil v prehrani ljudi in priporočeni dnevni vnosi.....	27
<b>3.</b>	<b>MATERIALI IN METODE .....</b>	<b>31</b>
3.1	Lokacija in značilnosti eksperimentalnega polja.....	31
3.2	Rastlinski material in eksperimentalni podatki.....	32
3.3	Vzorčenje .....	33
3.4	Aparature .....	35
3.5	Reagenti in raztopine.....	36
3.6	Analizni postopki .....	37
3.6.1	Določanje mineralov .....	37
3.6.2	Določanje skupnega dušika.....	40
3.6.3	Določanje škroba .....	40

3.6.4 Določanje nitratov .....	41
<b>3.7 Statistična obdelava podatkov .....</b>	<b>42</b>
<b>4.0 REZULTATI Z DISKUSIJO .....</b>	<b>43</b>
<b>4.1 Distribucija vlage v štirih analiziranih delih korma tara .....</b>	<b>43</b>
<b>4.2 Distribucija škroba v štirih analiziranih delih korma tara .....</b>	<b>44</b>
<b>4.3 Distribucija surovih proteinov v štirih analiziranih delih korma tara .....</b>	<b>46</b>
<b>4.4 Distribucija nitratov v štirih analiziranih delih korma tara .....</b>	<b>47</b>
<b>4.5 Distribucija mineralov v štirih analiziranih delih korma tara .....</b>	<b>51</b>
4.5.1 Kalij.....	52
4.5.2 Fosfor .....	54
4.5.3 Magnezij .....	56
4.5.4 Kalcij.....	57
4.5.5 Cink.....	60
4.5.6 Železo.....	61
4.5.7 Mangan .....	62
4.5.8 Baker .....	63
4.5.9 Kadmij, svinec, krom.....	64
4.5.10 Prispevek uživanja tara k dnevni vnosu nekaterih hranil.....	66
<b>4.6 Dinamika nalaganja substanc tekom vegetacijske dobe .....</b>	<b>69</b>
4.6.1 Masa kormov .....	69
4.6.2 Vlaga.....	70
4.6.3 Škrob.....	71
4.6.4 Surovi proteini .....	72
4.6.5 Minerali.....	73
4.6.6 Čas spravila.....	80
<b>5.0 SKLEPI .....</b>	<b>82</b>
<b>6.0 POVZETEK.....</b>	<b>84</b>
<b>6.1 Povzetek.....</b>	<b>84</b>
<b>6.2 Summary .....</b>	<b>86</b>
<b>LITERATURA .....</b>	<b>88</b>
<b>ZAHVALA</b>	
<b>PRILOGE</b>	



## KAZALO PREGLEDNIC

<b>Preglednica 1:</b> Priporočeni dnevni vnosi, zadostni dnevni vnosi in ocenjena vrednost za posamezna makro- in mikrohranila pri moških (19-50 let) in ženskah (19-50 let).....	30
<b>Preglednica 2:</b> Eksperimentalni pogoji za merjenje posameznih elementov z ETASS.....	39
<b>Preglednica 3:</b> Eksperimentalni pogoji za merjenje posameznih elementov z FAAS.....	39
<b>Preglednica 4:</b> Srednje vrednosti, standardne deviacije, mejne vrednosti vlage in koeficienti variabilnosti v štirih analiziranih delih korma tara.....	44
<b>Preglednica 5:</b> Koeficienti variabilnosti (%) za vsebnost nitratov v različnih delih korma tara pri različnih kultivarjih in Spearmanovi korelacijski koeficienti za koncentracijo nitratov.....	50
<b>Preglednica 6:</b> Odstotek prispevka 100 g svežega tara k priporočenemu, zadostnemu in ocenjenemu dnevnu vnosu za posamezna makro- in mikrohranila.....	67

## KAZALO GRAFIKONOV

<b>Grafikon 1:</b> A - povprečna vsebnost vlage v posameznih delih korma tara; B - povprečna vsebnost vlage pri posameznih analiziranih sortah; S, M, C, Z - deli korma (spodnji, marginalni, centralni, zgornji).....	43
<b>Grafikon 2:</b> A - povprečna vsebnost škroba v posameznih delih korma tara; B - povprečna vsebnost škroba pri posameznih analiziranih sortah; S, M, C, Z - deli korma (spodnji, marginalni, centralni, zgornji).....	45
<b>Grafikon 3:</b> A - povprečna vsebnost surovih proteinov v posameznih delih korma tara; B - povprečna vsebnost surovih proteinov pri posameznih analiziranih sortah; S, M, C, Z - deli korma (spodnji, marginalni, centralni, zgornji).....	47
<b>Grafikon 4:</b> A - povprečna vsebnost nitratov v posameznih delih korma tara; B - povprečna vsebnost nitratov pri posameznih analiziranih sortah; S, M, C, Z - deli korma (spodnji, marginalni, centralni, zgornji).....	49
<b>Grafikon 5:</b> A - povprečna vsebnost kalija v posameznih delih korma tara; B - povprečna vsebnost kalija pri posameznih analiziranih sortah; S, M, C, Z - deli korma (spodnji, marginalni, centralni, zgornji).....	53
<b>Grafikon 6:</b> A - povprečna vsebnost fosforja v posameznih delih korma tara; B - povprečna vsebnost fosforja pri posameznih analiziranih sortah; S, M, C, Z - deli korma (spodnji, marginalni, centralni, zgornji).....	55
<b>Grafikon 7:</b> A - povprečna vsebnost magnezija v posameznih delih korma tara; B - povprečna vsebnost magnezija pri posameznih analiziranih sortah; S, M, C, Z - deli korma (spodnji, marginalni, centralni, zgornji) .....	57
<b>Grafikon 8:</b> A - povprečna vsebnost kalcija v posameznih delih korma tara; B - povprečna vsebnost kalcija pri posameznih analiziranih sortah; S, M, C, Z - deli korma (spodnji, marginalni, centralni, zgornji).....	58
<b>Grafikon 9:</b> A - povprečna vsebnost cinka v posameznih delih korma tara; B - povprečna vsebnost cinka pri posameznih analiziranih sortah; S, M, C, Z - deli korma (spodnji, marginalni, centralni, zgornji).....	60
<b>Grafikon 10:</b> A - povprečna vsebnost železa v posameznih delih korma tara; B - povprečna vsebnost železa pri posameznih analiziranih sortah; S, M, C, Z - deli korma (spodnji, marginalni, centralni, zgornji).....	61

<b>Grafikon 11:</b> A - povprečna vsebnost mangana v posameznih delih korma tara; B - povprečna vsebnost mangana pri posameznih analiziranih sortah; S, M, C, Z - deli korma (spodnji, marginalni, centralni, zgornji) .....	63
<b>Grafikon 12:</b> A - povprečna vsebnost bakra v posameznih delih korma tara; B - povprečna vsebnost bakra pri posameznih analiziranih sortah; S, M, C, Z - deli korma (spodnji, marginalni, centralni, zgornji) .....	64
<b>Grafikon 13:</b> A - povprečna vsebnost kadmija v posameznih delih korma tara; B - povprečna vsebnost kadmija pri posameznih analiziranih sortah; S, M, C, Z - deli korma (spodnji, marginalni, centralni, zgornji) .....	66
<b>Grafikon 14:</b> Povprečna masa kormov od 5. do 13. MPS (mesecev po sajenju) .....	70
<b>Grafikon 15:</b> Povprečen delež vlage v kormu od 5. do 13. MPS.....	71
<b>Grafikon 16:</b> Povprečna vsebnost škroba v kormih tara od 5. do 13. MPS.....	72
<b>Grafikon 17:</b> Povprečna vsebnost surovih proteinov v kormih tara od 5. do 13. MPS .....	73
<b>Grafikon 18:</b> Povprečna vsebnost fosforja v kormih tara od 5. do 13. MPS.....	74
<b>Grafikon 19:</b> Povprečna vsebnost kalija v kormih tara od 5. do 13. MPS .....	75
<b>Grafikon 20:</b> Povprečna vsebnost magnezija v kormih tara od 5. do 13. MPS.....	76
<b>Grafikon 21:</b> Povprečna vsebnost kalcija v kormih tara od 5. do 13. MPS.....	77
<b>Grafikon 22:</b> Povprečna vsebnost cinka v kormih tara od 5. do 13. MPS.....	77
<b>Grafikon 23:</b> Povprečna vsebnost mangana v kormih tara od 5. do 13. MPS .....	78
<b>Grafikon 24:</b> Povprečna vsebnost železa v kormih tara od 5. do 13. MPS .....	79
<b>Grafikon 25:</b> Povprečna vsebnost bakra v kormih tara od 5. do 13. MPS .....	79
<b>Grafikon 26:</b> Povprečna vsebnost kadmija v kormih tara od 5. do 13. MPS .....	80

## KAZALO SLIK

<b>Slika 1:</b> Taro v genski kolekciji v raziskovalnem centru VARTC (Vanuatu Agricultural Research and Training Centre) na otoku Espiritu Santo (avtor: A. Mergeduš).....	9
<b>Slika 2:</b> Socvetja tara, uporabljena za prikaz križanja (avtor: A. Ivančič) .....	10
<b>Slika 3:</b> Korm tara z deli listnih pecljev (avtor: A. Mergeduš) .....	11
<b>Slika 4:</b> Prečni prerez korma tara (avtor: A. Mergeduš).....	11
<b>Slika 5:</b> Vršni deli tara, ki se uporabljajo za sajenje (avtor: A. Mergeduš).....	12
<b>Slika 6:</b> Posamezni stadiji razvoja korma tara (narisal: A. Ivančič).....	14
<b>Slika 7:</b> Glavni deli korma tara.....	35

## OKRAJŠAVE

AOAC	-	Uradne analitične metode zruženja kemikov (Association of Official Agricultural Chemists)
ADI	-	Sprejemljiv dnevni vnos (Acceptable daily intake)
ETAAS	-	Elektrotermična atomska absorpcijska spektrometrija (Electrotermic atomic absorption spectrometry)
FAAS	-	Plamenska atomska absorpcijska spektrometrija (Flame atomic absorption spectrometry)
FAO	-	Organizacija združenih narodov za prehrano in kmetijstvo (Food and agriculture organization)
JECFA	-	Skupni strokovni odbor FAO/WHO za aditive v živilih (Joint FAO/WHO expert committee on food additives)
MPS	-	Mesec po sajenju
PTWI	-	Začasni dopustni tedenski vnos (Provisional tolerable weekly intake)
RDA	-	Priporočen dnevni vnos (Recommended daily allowance)
VARTC	-	Center za kmetijske raziskave in izobraževanje države Vanuatu (Vanuatu agricultural research and training centre)
WHO	-	Svetovna zdravstvena organizacija (World Health Organization)

## 1 UVOD

Korenovke in gomoljevke spadajo med pomembne kmetijske rastline in so pomembne v prehrani ljudi po vsem svetu. Te rastline znatno prispevajo k samooskrbi s hrano, ustvarjanju dohodka in trajnostnemu razvoju posameznih regij. Zlasti v državah v razvoju in v tistih z nizkimi dohodki korenovke in gomoljevke redno uporabljajo za prehrano ljudi. Veliko teh držav v razvoju se nahaja v tropskih regijah. Tropske korenovke in gomoljevke kot so kasava (*Manihot esculenta*), sladki krompir (*Ipomoea batatas*), jam (*Dioscorea* spp.) in nekatere aroidne vrste (družina Araceae), so zelo pomembne, saj v nekaterih tropskih državah veljajo kot osnovna hrana (Onwueme 1978). Zaradi specifičnosti gojenja se te korenovke in gomoljevke zelo dobro obnesejo tako v tradicionalni pridelavi (gojenje v tradicionalnih gozdno-kmetijskih sistemih) kot v bolj intenzivno pridelovalnih okoljih.

Užitne aroidne vrste tvorijo gomolje ali korme, bogate po vsebnosti ogljikovih hidratov, in so pomemben vir energije v prehrani ljudi. Med že omenjeno kasavo, jamom in sladkim krompirjem aroidne vrste zavzemajo zadnje mesto po količini pridelave (FAOSTAT 2013). Dve najpogostejši gojeni aroidni vrsti sta "pravi" taro (*Colocasia esculenta* (L.) Schott) in tanija (*Xanthosoma sagittifolium* (L.) Schott).

Taro (*Colocasia esculenta* (L.) Schott) je ena najstarejših kultiviranih rastlinskih vrst. V prehrano ga vključuje približno 500 milijonov ljudi. Gojijo ga na skoraj vseh vlažnih tropskih in subtropskih območjih po svetu, gospodarsko zelo pomemben pa je predvsem v JV Aziji in na Tihomorskih otokih. Taro prav tako pridelujejo tudi na bolj zmernih območjih, kot so Kitajska, Japonska, Nepal, nekatere dežele ob sredozemskem morju in Nova Zelandija. Taro je stara poljščina v Egiptu, Turčiji, na Cipru in v Libanonu (Ramanatha Rao in sod. 2010). V svetovnem merilu se taro uvršča na štirinajsto mesto med poljščinami in peto med korenovkami/gomoljevkami, s povprečnim pridelkom 6,5 t/ha (FAOSTAT 2013). Dejansko velikost proizvodnje je zelo težko oceniti, saj se taro po večini goji predvsem v tradicionalnih vrtovih, kjer dejanska proizvodnja ni znana.

V prehrani uporabljamo podzemne korenaste tvorbe, podobne gomoljem, imenovane kormi. Prav tako lahko za prehrano uporabljamo tudi liste in socvetja. Korm v prehrani pripravljamo na različne načine. Večinoma ga kuhamo, pečemo, cvremo, ali pa ga pripravljamo kot puding iz naribane paste korma (Matthews 2010).

Taro gojijo predvsem za vsakodnevno uporabo in prehrano. Običajno mislimo, da je taro poljščina revnih ljudi. Čeprav ga gojijo večinoma za samooskrbo, mnogi izmed manjših kmetov, presežke pridelave prodajo na lokalnih trgih, kar je pomembno pri zmanjševanju revščine malih kmetov. Zadnje raziskave kažejo, da je taro zanimiv tudi za gojenje v industrijske namene. Priljubljen postaja čips iz tara, moka iz tara lahko nadomesti sojino moko. Uporabljamo ga lahko tudi v proizvodnji piva. Zaradi majhnosti škrobnih zrn je zanimiv tudi v industriji lepil (Pérez in sod. 2005). Med zelo pomembne proizvajalce tara spadajo Havaji, ki pridelke izvažajo v različne države celinske Amerike, tako v Združene države kot v države južne Amerike. Države, kot so Fidži, Tonga, Cookovi otoki in Samoa, so nekdaj veljale za večje proizvajalce tara, danes pa taro v veliki meri nadomeščata sladki krompir in kasava. V zadnjih letih, predvsem po letu 2010, se proizvodnja tara zaradi novih odpornih sort ponovno zvišuje (Ivančič, osebna komunikacija). Največji uvozniki tara so predvsem ZDA, Avstralija, Nova Zelandija, Japonska in Malezija (Onwueme 1999).

Kot starodavna kultura taro še vedno ohranja svoj družbeno-kulturni pomen za ljudi. Kormi tara veljajo kot cenjeno darilo na različnih tradicionalnih slavjih, kot so npr. poroke (Matthews 2004). Različne dele rastline lahko uporabljamo tudi v medicinske namene. Brown in sod. (2000) omenjajo uporabo ekstraktov iz različnih delov rastline pri zdravljenju rakastih obolenj.

## **1.1 Opredelitev problema**

Mnoge rastline tvorijo podzemne organe predvsem zato, da v njih kopičijo energetsko bogate ogljikove hidrate in druge hranilne snovi ter vodo. To jim omogoča, da lažje preživijo neugodna podnebna nihanja, kot so npr. sušna obdobja, hkrati pa zaloga hranilnih snovi v njih omogoča ponovno rast in hitrejši zgoden razvoj. Primer takšnega podzemnega organa je tudi korm tara.

Razvoj rastline, njena rast in nalaganje hranilnih snovi je kompleksen proces. Dinamika procesov nalaganja hranilnih snovi v posameznih organih je odvisna od zapletenega vzajemnega delovanja sklopa dejavnikov, kot so razvojna anatomija, struktura in razvoj floema in ksilema, mobilnost posameznih hranilnih snovi, podnebni dejavniki, količina dostopnih hranilnih snovi in razvitost ter delovanje koreninskega sistema (Subramanian in sod. 2011). Da bi razumeli akumulacijo hranilnih snovi v posameznih rastlinskih organih, moramo ob fiziologiji dobro poznati tudi anatomijo teh organov in njihovo vlogo pri rasti in razvoju rastline.

V disertaciji sta predstavljeni dve temi, povezani s procesom nalaganja hranilnih snovi v kormu tara. Prva tema se nanaša na nalaganje snovi v različnih delih korma, druga tema pa je povezana z dinamiko nalaganja tekom rastne dobe.

Čeprav literatura ponuja številna poročila in študije o hranilnih snoveh tara, se jih le malo posveča samemu kopičenju in distribuciji znotraj posameznih tkiv. Korm tara vključuje dva ontogenetsko različna dela: (1) tkivo iz prejšnjega vegetacijskega cikla in (2) tkivo iz tekočega cikla. Tara se v proizvodnji vegetativno razmnožuje in za sadilni material se uporablja predvsem zgornji apikalni del že dozorelega korma, skupaj s spodnjim delom listnih pecljev. Vemo, da je zgornji del najmlajši del korma, iz katerega kmalu po sajenju izrastejo korenine in na ta način se omogoči prehrana v zgornjih stadijih razvoja rastline. Z razvojem oz. z rastjo novega korma ta del postopoma postane spodnji del, t.j. najstarejši del korma. Domačini ga po večini odstranijo in za prehrano uporabljajo zgolj centralni ali osrednji del korma. Proučitev kemijske sestave posameznih delov korma je smiselna iz agro-morfološkega in proizvodno-tehnološkega vidika ter vidika prehranske kakovosti. Tako lahko npr. debelina (globina) lupljenja močno vpliva na končno hranilno vrednost. Če prevladujejo pomembni minerali in druge hranilne snovi v perifernem delu, bi bilo smiselno lupiti tanjše. Zelo koristni bi bili tudi podatki o distribuciji nezaželenih snovi, kot so nitrati ali težke kovine. Zgornji (apikalni) del vsebuje snovi, potrebne za razvoj listne mase. Med njimi so zelo pomembni nitrati, ki veljajo v prehrani za potencialno toksične. Na osnovi podatkov o vsebnosti nitratov v zgornjem delu korma, v primerjavi z drugimi deli, bi bilo možno dati smernice glede uporabe tega dela v prehrani. Zelo pomembni so podatki o kemijski sestavi osrednjega dela. Ta del je v prehrani ključen, vendar morda prehransko ni najbogatejši. Podatki o variacijah vsebnosti posameznih substanc v kormu imajo lahko tudi praktično aplikacijo, kot je na



primer priljubljena proizvodnja čipsa iz tara. Če obstajajo precejšnje razlike med spodnjim in zgornjim delom, je treba rezanje prilagoditi tako, da bodo zelene kemične snovi čim bolj homogeno razporejene po posameznih delih, neželene substance pa v čim večji meri odstranjene.

Raziskava obsega analizo dinamike razvoja suhe snovi in hranilnih snovi korma v različnih časovnih obdobjih rasti: pred, med in po obdobju polne zrelosti. Kemijsko sestavo korma so že proučevali, vendar samo do polne zrelosti rastline. V literaturi ni podatkov o raziskavah, povezanih s kemijsko sestavo korma po obdobju polne zrelosti. Za rast tara je značilno, da se v prvih mesecih po sajenju hitro razvijajo predvsem nadzemni organi. Rastlina doseže maksimalno višino približno pet mesecev po sajenju (ko ima tudi največ in največje liste), kar pa je zelo odvisno od genotipa in številnih okoljskih dejavnikov. Nato se število listov začne postopno zmanjševati, listni peclji postajajo krajši, listna površina pa manjša. V tem času se začne intenzivna rast korma. Ta je na začetku zelo počasna in se pospeši približno tretji mesec po sajenju. Pri šestih mesecih, ko se rast zelenih delov upočasni, se rast korma še bolj pospeši. Korm dozori med šestim in enajstim mesecem, odvisno od sorte oz. genotipa. V času hitre rasti korma pride do translokacije hranilnih snovi in vode iz nadzemnih organov proti podzemnemu kormu. Rastlina kopiči vodo in hranilne snovi z namenom, da preživi sušno obdobje (to na južnem Pacifiku nastopi meseca julija in traja do konca oktobra). V naši raziskavi bo poudarek predvsem na tem, kaj se dogaja po polni zrelosti in kako dolgo lahko taro še ostane na polju, oziroma kdaj je zadnji čas, da ga izkopljemo. Lokalni pridelovalci pustijo taro še kar nekaj časa na polju, tudi ko je že zrel. Predpostavljamo, da je čas spravila omejen, sicer korm ne bo več uporaben, ali pa bo njegova kakovost mnogo slabša.

## **1.2 Cilji doktorske disertacije**

Osnovni cilj disertacije je razširitev in poglobitev znanja o variaciji vsebnosti prehranskih snovi v kormih tara (variacije glede na posamezne dele korma in variacije v teku razvoja korma) in dinamiki akumulacije posameznih hranilnih snovi tekom vegetacijskega obdobja. Na osnovi rezultatov bodo lahko predstavljene nekatere smernice za učinkovitejšo uporabo tara v prehrani.

Cilji doktorske disertacije:

- Določitev vlage, škroba, skupnega N, makroelementov, mikroelementov in nitratov po posameznih delih korma (zgornji, spodnji, marginalni in osrednji/centralni).
- Pojasniti, kako debelina lupljenja vpliva na prehransko kakovost upoštevajoč vsebnosti škroba, surovih proteinov, makroelementov in mikroelementov ter nitratov.
- Analizirati in razložiti časovno dinamiko akumuliranja hranilnih snovi tekom vegetacijskega obdobja.
- Določiti, ali pri proučevanih lastnostih obstajajo razlike med genotipi oz. sortami ali hibridi.

### 1.3 Hipoteze doktorske disertacije

Glavna hipoteza disertacije je, da je kemijska sestava tara različna pri posameznih sortah ter v posameznih delih korma in da se spreminja tekom rasti in razvoja. Prehranska kakovost ni enaka v vseh delih, spreminja pa se tudi glede na stadij razvoja.

Hipoteze doktorske disertacije:

- Vsebnost posameznih hranilnih snovi (škrob, surovi proteini, ključna mineralna hranila) je različna v posameznih delih korma.
- Največ potencialno toksičnih snovi (nitrati, težke kovine) se nahaja v zgornjem in marginalnem (lateralnem) delu korma.
- Kemijska sestava je različna pri posameznih sortah.
- Kemijska sestava korma se spreminja tekom vegetacijskega obdobja (oz. med obdobjem rasti in razvoja rastlin). Krivulja nalaganja v kormu je pri različnih snoveh (škrob, surovi proteini, mineralna hranila) različna. Obstaja optimalno časovno obdobje, ko korm vsebuje največ ključnih snovi in ko lahko trdimo, da kakovost dosega najvišjo raven. Obstaja pa tudi obdobje, ko kakovost korma pade.
- S pravilnim načinom odstranjevanja (lupljenja) marginalnega in odstranjevanja zgornjega ter spodnjega dela lahko vsaj delno reguliramo prehransko kakovost korma.

## 2. PREGLED OBJAV

V preteklosti so ljudje uporabljali širši spekter rastlinskih vrst. Rastline je človek uporabljal v prehranske, medicinske in obredne namene, iz njih je izdeloval tudi bivališča in orodje. Pojav zelene revolucije je spremenil potrebe ljudi in diverziteteta se je znižala na račun kultiviranih in višje produktivnih rastlin. Prevelika odvisnost od majhnega števila rastlinskih vrst predstavlja tveganje svetovni populaciji in njeni preskrbi s hrano. Podnebne spremembe, razni nemiri, nihanja cen surovin in energentov zelo majejo kmetijsko proizvodnjo. Nenehno naraščanje prebivalstva sili moderno kmetijstvo do skrajnih meja proizvodnje. Svoj prispevek k raznolikosti in stabilnosti proizvodnje ter prehrane lahko dajo prav "zapostavljene" poljščine. Vrste s premalo izkoriščenim potencialom lahko zmanjšajo tveganje v preskrbi s hrano, in to predvsem na področjih, ki so manj primerna za pridelovanje ostalih visoko produktivnih poljščin (Williams in Haq 2002, Global forum for underutilised species 2009). Taro je vsekakor ena izmed njih.

Taro je bil tako kot mnoge druge avtohtone tropske korenovke v veliki meri zapostavljen in premalo cenjen. Kljub svoji sorazmerno dobri prilagodljivosti, njegovi tržni vrednosti in priljubljenosti, je bil deležen le malo pozornosti s strani raziskovalcev (Ekwe in sod. 2009). To se vidi tudi po tem, da še vedno ni mednarodno organizirane in celovite genske banke. Šele zadnja leta je bilo taru namenjenih nekaj večjih raziskovalnih projektov. Dejstvo, da lahko uspeva na poplavljenih parcelah, slabše rodovitnih tleh, težje dostopnih terenih ali v gozdovih pod krošnjami dreves, ga dela zanimivega za pridelavo. Zadnja leta se raziskave osredotočajo predvsem na povečanje mase pridelka, prehranske kakovost ter odpornosti na bolezni, škodljivce in sušo.

### 2.1 Glavne botanične značilnosti in domestifikacija

Taro (*Colocasia esculenta*) so v tropski JV Aziji na poplavljenih parcelah gojili že pred 10.000 leti. Domnevajo, da so riž najprej opazili kot plevel v poplavljenih parcelah tara (Plucknett 1984). V pradavnini je bil taro razširjen le na Pacifiku in JV Aziji. Okoli leta 500 pr. Kr. so taro preko antičnega Egipta prenesli v Afriko. Najprej se je po delti reke Nil razširil po vzhodni Afriki, nato še v druge dele te celine. Kot prehrana se je uporabljal tudi v

antičnem Rimu. Pozneje se je širjenje nadaljevalo še na tropska območja Amerike (Kuruvilla in Singh 1981, Onwueme 1999).

Taro gojijo na skoraj vseh vlažnih tropskih in subtropskih območjih po svetu. Gospodarsko zelo pomemben je predvsem v JV Aziji in na Tihomorskih otokih (Onwueme 1999). Natančno količino proizvodnje je težko oceniti, saj ga veliko gojijo v tradicionalnih kmetijskih sistemih in v kombinaciji z drugimi kulturami. Proizvodnja še vedno temelji predvsem na tradicionalnih kultivarjih, vendar zadnje čase postajajo vse pomembnejši tudi požlahtnjeni materiali.

Taro kot enokaličnica pripada družini Araceae (kačnikovke), poddružini *Colocasioideae* in rodu *Colocasia*. Zaradi velike genetske in morfološke raznolikosti obstaja precej nejasnosti v taksonomiji tega rodu. Družino Araceae sestavlja približno 100 rodov in več kot 1500 vrst. Pripadniki te družine so večinoma tropske in subtropske rastline. Večina aroidnih vrst raste predvsem na vlažnih in senčnih rastiščih (Purseglove 1972).

Taro je heterogena rastlinska vrsta, ki obsega dve botanični varieteti: *Colocasia esculenta* (L.) Schott var. *esculenta*, s tradicionalnim imenom 'dasheen' in *Colocasia esculenta* (L.) Schott var. *antiquorum* (Schott) Hubbard & Rehder, za katero uporabljamo naziv 'eddoe'. Za taro varietetne skupine 'dasheen' je značilen en velik osrednji korenasti gomolj, za katerega uporabljamo naziv korm (angl. *corm*), lahko pa so prisotni tudi manjši stranski gomolji (angl. *side cormels*). Glavna značilnost skupine 'eddoe' pa je sorazmerno majhen osrednji korm okroglaste oz. tipične gomoljaste oblike in večje število stranskih gomoljev, ki so približno enako razviti in izraščajo iz osrednjega gomolja (Purseglove 1972). Naše raziskave bodo omejene na taro tipa 'dasheen', ki je v svetovnem merilu najpomembnejši.

Najnovejši podatki o domestifikaciji in izvoru kažejo, da obstajata dva različna genska bazena oz. centra izvora tara (Lebot in sod. 2004), eden v jugovzhodni Aziji in eden v Melaneziji. To hipotezo podpira več avtorjev z analizo izoencimskih variacij in molekularnih markerjev (Lebot in Aradhya 1991, Kreike in sod. 2004, Lebot in sod. 2004). V Melanezijskem bazenu je genska osnova tara razmeroma ozka. Tam je bil taro od nekdaj ena od osnovnih poljščin in zato je bila odbira v času domestifikacije usmerjena predvsem na večji pridelek in manjšo vsebnost kalcijevega oksalata. JV azijski bazen je mnogo bolj raznolik, kar pomeni da odbira

ni bila tako močno usmerjena na en tip rastline. Fenotipska in genotipska pestrost je zaradi tega mnogo večja.

V literaturi lahko ugotovimo, da ima taro lahko različno število kromosomov:  $2n = 22, 26, 28,$  in  $42$  (Plucknett in sod. 1983). Večina gojenih in prav tako divjih genotipov je diploidnih ( $2n = 28$ ), ki po večini cvetijo in razvijejo seme. Osnovno število kromosomov tara je  $x = 14$ . Obstajajo tudi triploidi ( $3n = 42$ ) in tetraploidi ( $4n = 56$ ). V Aziji in Oceaniji so kultivarji tipa 'dasheen' običajno diploidi ( $2n = 28$ ), medtem ko so kultivarji tipa 'eddoe' večinoma triploidi ( $3n = 42$ ) (Ivančič in Lebot 2000).

## 2.2 Morfologija tara

Taro je trajnica enokaličnica, visoka približno 0,5–1,5 m (Slika 1). Rastlina se deli na osrednji oz. centralni korenasti gomolj (zaradi specifične zgradbe običajno uporabljamo naziv korm), ki najpogosteje leži tik pod površino zemlje, korenine, ki izraščajo iz korenastega gomolja, in liste, ki rastejo iz vršnega dela korma. Korenine izraščajo lateralno (izjema so sejanci, rastline, ki se razvijejo neposredno iz semen). Listni peclji so lahko različno dolgi in različnih barv. Listne ploskve imajo srčasto ali ščitasto obliko. Dolge so od 30 do 80 cm in široke do 50 cm. Listi se nenehno obnavljajo. Novi listi se neprestano pojavljajo v osrednjem delu, medtem ko starejši listi na obrobju odmirajo. Listi so maksimalno razviti, ko rastlina zacveti. Ko se taro približuje zrelosti, listni peclji postajajo krajši in listne ploskve manjše. Barva listov se lahko giblje od svetlo zelene, rumene, rdeče, do temno vijoličaste, ki daje rastlinam videz 'črne' barve. Barva je genetsko kontrolirana, vsaj delno pa je odvisna tudi od starosti rastline in okolja (Ivančič in Lebot 2000, Deo in sod. 2009).

Za opisovanje in ločevanje različnih genotipov se uporabljajo mednarodno uveljavljeni deskriptorji. Na zunaj taro najlažje razlikujemo po velikosti rastline, barvi listnih pecljev in listnih ploskev, številu in obliki stranskih poganjkov in stolonov ter obliki in nagibu listov. Zelo pomembne pri prepoznavanju genotipov so tudi lastnosti korma (oblika, velikost in barva 'mesnatega dela' (parenhima), število in barva vlaken, izražen dražeč okus oz. vsebnost kalcijevega oksalata, okus in vsebnost suhe snovi v polni zrelosti (IPGRI 1999).



**Slika 1:** Taro v genski kolekciji v raziskovalnem centru VARTC (Vanuatu Agricultural Research and Training Centre) na otoku Espiritu Santo (avtor: A. Mergeduš)

**Figure 1:** Taro in the genetic collection in VARTC (Vanuatu Agricultural Research and Training Centre) on the Island of Espiritu Santo (Photo: A. Mergeduš)

V proizvodnji se taro razmnožuje le vegetativno. Razmnoževanje s semeni je v naravi praviloma zelo redko. Uporablja se le v žlahtnjenju. Cvetovi so združeni v betičasto socvetje (spadiks, spadix), ki ga obdaja ovojni list ali spatha (Slika 2). Spadix je razdeljen na ženski, osrednji (sterilni) in moški del ter sterilni vrh (sterilni podaljšek ali apendiks). Spatha je na spodnjem delu zelena ali purpurno-zelena, na zgornjem delu pa je rumena ali rdeče-rumena. Taro je izrazita tujeprašnica. Cvetni prah razširjajo različne majhne žuželke. Plodovi so jagode, ki imajo v notranjosti majhna semena (Ivančič in Lebot 2000).



**Slika 2:** Socvetja tara, uporabljena za prikaz križanja (avtor: A. Ivančič)

**Figure 2:** Taro inflorescences used for demonstration of hybridisation (Photo: A. Ivačič)

### 2.3 Korm

Rastlina ima karakteristični osrednji oz. centralni korenasti gomolj (Slika 3), korenine, ki izraščajo iz njegovega perifernega dela, in liste, ki se pojavljajo na vrhu. Korm je v večini primerov podolgovato elipsaste oblike in njegov vršni del je običajno nad površino zemlje. Sestavljen je iz treh glavnih delov: zunanjega periderma, korteksa in notranjega parenhimskega tkiva (Slika 4). Zunanji peridermalni del je običajno rjavkaste barve in je lahko bolj ali manj gladek, luskast ali vlaknast. Na njem so vidni ostanki izraščanja listov mesečaste oblike. Iz števila teh ostankov je možno določiti starost korma. Korteks je del med peridermalno plastjo in regijo, iz katere izraščajo korenine. Med korteksom in peridermom leži feloderm, ki je širok ena do dve plasti celic. Med korteksom in felodermom ni natančne razmejitve. Centralni del korma sestoji iz celic, ki so večje od celic ostalih delov. Tako korteks kot tudi osrednji del korma sta sestavljena iz parenhimskega tkiva, napolnjenega s škrobom. Za korteks so značilni večji medcelični prostori (aerenhim), medtem ko je za centralni del značilno, da so celice po obsegu večje in s tanko celično steno. V osrednjem delu in korteksu so razpršene žile, ki so lahko različno obarvane. Večina celic tara ima tanke celične stene, pri ksilemu pa so olesenele. Debelejše celične stene so značilne tudi za korteks (Harris in sod. 1992). Barva parenhima korma je lahko zelo različna (Slika 5), odvisno od kultivarja: od bele, rumene, oranžne, rožnate, rdeče do purpurno-rjave, lahko pa je istočasno prisotnih tudi več barv. Zreli korm je lahko različnih velikosti in je največkrat težak okoli dva kilograma.



**Slika 3:** Korm tara z deli listnih pecljev (avtor: A. Mergeduš)

**Figure 3:** Taro corm with parts of petioles (Photo: A. Mergeduš)



**Slika 4:** Prečni prerez korma tara (avtor: A. Mergeduš)

**Figure 4:** Cross-section of a taro corm (Photo: A. Mergeduš)





**Slika 5:** Vršni deli tara, ki se uporabljajo za sajenje (avtor: A. Mergeduš)

**Figure 5:** The upper parts of taro corms and corresponding petioles, used for planting  
 (Photo: A. Mergeduš)

## 2.4 Rastni cikel

Rastni cikel in čas dozorevanja (Slika 6) sta odvisna od genotipa oz. kultivarja, okolja in interakcije med genotipom in okoljem. Za sadilni material se uporablja predvsem zgornji apikalni del že dozorelega korma, skupaj s spodnjim delom listnih pecljev. Za sajenje se uporabljajo tudi stranski poganjki, majhni stranski gomolji, ali pa deli korma (mikropropagacija) in deli stranskih gomoljev (Ivančič in Lebot 2000). Kot je bilo že omenjeno, se taro lahko razmnožuje tudi s semenom, vendar je ta način razmnoževanja zelo redek.

Po Lebotu (2009) pri taru obstaja šest glavnih faz razvoja: (1) vzpostavitev rasti, (2) pospešena rast korenin, razvoj poganjkov in iniciacija korma, (3) maksimalen razvoj korenin in poganjkov ter rast korma, (4) hitro kopičenje suhe snovi v nadzemnih delih, (5) staranje rastline, upočasnitev rasti korenin in poganjkov in (6) dormantnost in redukcija mase korma zaradi novega vegetativnega razvoja.

Za prvo fazo je značilna hitra rast. Eden do dva dni po sajenju, oz. po tistem, ko je bil vegetativni del rastline, namenjene za razmnoževanje (zgornji apikalni del že dozorelega korma ali stranski poganjek), posajen, se začne pospešena rast. Na začetno rast močno vplivata predvsem količina vlage ter kakovost sadilnega materiala. V tej fazi rastlina za hitro rast korenin uporablja lastno rezervo vode in hranilnih snovi, ki se nahajajo v apikalnem delu, ki je bil uporabljen za razmnoževanje. Večji kot je volumen tega dela, hitrejši je zgodnji razvoj in boljša je ukoreninjenost poganjka. Ta faza traja od 1 do 3 tednov po sajenju in se konča, ko so korenine zmožne same prehraniti rastlino.

V drugi fazi rastlina poveča listno maso. Rastlina ima v tem času tri do pet popolnoma razvitih in funkcionalnih listov.

Tretja faza traja od 10. do 20. tedna po sajenju. V tem času taro doseže maksimalen razvoj korenin in poganjkov. Rastlina proizvaja lepo razvejan, a plitek koreninski sistem, ki se razprostira en do dva metra okrog rastline. Ves čas se pojavljajo novi listi, ki zamenjujejo odmrle. Nenehno odmiranje starejših listov in pojavljanje novih je tipična značilnost aroidnih vrst. Skupno število listov se bistveno ne spreminja. Taro tipa dasheen ima ves čas približno 6 listov, odvisno od stanja odmirajočih in novorazvitih listov. V tem času se začne ravijati tudi korm.

V četrti fazi, med 20. in 30. tednom po sajenju, rastlina doseže svojo maksimalno višino. V tem času prihaja do velike akumulacije suhe snovi v vseh delih listov. Listne ploskve postajajo bolj čvrste in 'usnjate'.

Po 25. tednu začne višina rastlin upadati. Dolžina listnih pecljev se začne krajšati, prav tako pa se manjša površina novonastalih listnih ploskev. Korm in stranski poganjki začnejo pospešeno rasti in začne se akumulirati suha snov, dokler rastlina ne doseže stanja polne dozorelosti. Čas dozorelosti je pri različnih kultivarjih različen in se giblje med 30. in 40. tednom po sajenju.

V zadnji fazi, t.j. po 40. tednu po sajenju, rastlina običajno začne prehajati v dobo mirovanja, ki lahko traja mesec ali dva, odvisno od podnebja. Po določenem času mirovanja se začne nova vegetativna rast, kar pomeni, da rastlina ponovno požene. V tem času kakovost korma

močno pade, saj rastlina črpa lastne rezerve za ponovno rast. Korm zaradi tega izgubi kakovost in ga praviloma ni mogoče uporabljati v prehrani ljudi.

Za zaključek bi lahko navedli, da hitrejša rast nastopi okoli tretjega meseca po sajenju. Pri šestih mesecih, ko se rast zelenih delov upočasni, se pospeši rast korma. Kormi dozoriijo med šestim in enajstim mesecem, odvisno od kultivarja in podnebnih razmer (Manner in Taylor 2011). Nekateri avtorji omenjajo 9. mesec, ko naj bi večina kultivarjev dozorela (Onwueme 1999, Ivančič in Lebot 2000, Deo in sod. 2009). Na rast močno vplivata kakovost in velikost sadilnega materiala. V kolikor je sadilni material dober, rastlina raste hitreje in korm doseže večjo maso in velikost. Ker je sadilni material zelo redko izenačen, je tudi dozorevanje praviloma neenakomerno. Na čas dozorevanja vplivata tudi osončenost in nadmorska višina (Ivančič in Lebot 2000).



**Slika 6:** Posamezni stadiji razvoja korma tara (narisal: A. Ivančič)

**Figure 6:** Individual development stages of a taro corm (Drawing: A. Ivančič)

## 2.5 Optimalne razmere za rast in razvoj

Taro najbolje uspeva na območjih tropskih deževnih gozdov in na območjih s subtropskim podnebjem, kjer so padavine razporejene bolj ali manj enakomerno tekom celega leta. Za normalen razvoj rastlina potrebuje 1500–2000 mm padavin. Količina padavin oz. vode je še posebej pomembna prve mesece, ko rastlina intenzivno raste in se listna površina hitro povečuje. Kasneje, ko rastlina razvije dovolj velik korm, lahko preživi tudi krajša obdobja brez dežja. Vplivom sušnih obdobj se najlažje izognemo z namakanjem. Taro dobro uspeva tudi na trajno poplavljenih površinah. Nekatere sorte so posebej prilagojene na stalno prisotnost vode. Pomanjkanje vode med vsemi dejavniki okolja najbolj negativno učinkuje na končno razvitost rastline in korma (Manner in Taylor 2011).

Za optimalno rast potrebuje taro sorazmerno visoke temperature (nad 20 °C). Optimalne temperature so med 25 in 35 °C. Nizke temperature podaljšajo čas do zrelosti in negativno vplivajo na velikost korma (Prasad in Singh 1991).

Taro lahko raste na različnih tipih tal. Najugodnejša so tla, ki lahko zadržijo visoko vlago. Raste lahko na vlažnih in delno vlažnih tleh s pH vrednostjo med 5,5 in 7,8. Tolerira tudi težja tla, ki so zmožna zadrževati vodo. Za normalen razvoj potrebuje veliko hranilnih snovi. Taro je zelo občutljiv na pomanjkanje mineralov in se dobro odzove na gnojenje (Lebot 2009).

Večina pridelovalcev tara, še posebej v JV Aziji in Oceaniji, ne uporablja gnojil. To velja še posebej za tiste, ki gojijo taro za vsakodnevno prehrano. Nekateri celo menijo, da gnojila zmanjšujejo kakovost in ustreznost za skladiščenje. Ugotovljeno je bilo, da se taro dobro odziva na gnojenje tako z mineralnimi kot naravnimi gnojili, predvsem pa se dobro odziva na živalski gnoj in kompost (Manner in Taylor 2011). Potreba po gnojenju je lahko zelo različna in je odvisna predvsem od tipa tal. Če gnojimo, je odmerke priporočljivo razdeliti na vsaj dva dela. Prvi del se uporabi tik pred sajenjem in je po možnosti vključen v pripravo tal za sajenje. Hranila v tem primeru spodbujajo zgodnjo rast rastlin, še posebej listov. Drugi odmerek apliciramo tri ali štiri mesece po sajenju, ko se kormi začnejo debeliti. To je povezano z dejstvom, da taro najbolje raste na območjih z močnim deževjem in se hranila (predvsem nekatera mineralna gnojila) hitro izperejo. Razporeditev gnojenja na več časovnih obdobjih zmanjšuje učinek izpiranja. Omeniti moramo, da taro tradicionalno sadijo na površine sredi posekanih gozdov. Obdelovalne površine vsakih nekaj let selijo in tako omogočijo bolj ali manj optimalne rastne razmere. Mineralna gnojila za večino pridelovalcev tudi danes niso dostopna ali pa so predraga.

Pri pridelovanju tara so velika težava pleveli, še posebej, če površine niso stalno poplavljene. Zaradi obilja dežja (taro gojijo na območjih z veliko padavinami) pleveli hitro rastejo in pridelovalci le stežka ohranjajo njive brez plevela. Odsotnost plevela je pomembna predvsem v prvih mesecih, ko so rastline majhne. Zapleveljenost takoj po sajenju močno vpliva na poznejši razvoj in končni pridelek. Pozneje, ko je taro večji (ko listi zasenčijo površino), pleveli običajno ne predstavljajo težav in ne vplivajo zelo na rast in razvoj kormov. Okopavanje je v večini primerov še vedno glavni način kontrole plevela. Mehanizirano

odstranjevanje plevelov je pogosto lahko problematično, ker se velik del koreninskega sistema nahaja dokaj blizu površine tal.

## 2.6 Pridelovalni sistemi

Taro lahko gojimo na več načinov. Najpomembnejša sta dva: prvi je na stalno poplavljenih površinah (paddy fields), drugi na običajnih (nepoplavljenih) površinah (upland conditions). Gojenje tara na poplavljenih površinah je dokaj podobno gojenju riža. Višina vode je praviloma ves čas nekaj centimetrov visoka in tako so korm in spodnji deli listnih pecljev vedno pod vodo. Pomembno je tudi, da voda ves čas kroži, saj se le tako rastline oskrbijo s kisikom in se prepreči razvoj škodljivih vodnih organizmov ter preveliko segrevanje vode in rastlin. Kormi pri takšnem načinu gojenja so običajno bolj podolgovate oblike. Poplavljene površine so lahko zelo velike (npr. na Havajih), ali pa so razmeroma zelo majhne (npr. zahodni del otoka Espiritu Santo, Vanuatu). Površine so običajno obdane z majhnimi nasipi, skozi katere je usmerjen vodni tok. Na enem mestu voda prihaja na površino, na drugem pa odteka. Prednost takšne pridelave je, da ni tako velikih težav s pleveli, pridelek je praviloma večji in sušna obdobja ne predstavljajo problema.

Gojenje na "suhih" površinah je možno na območjih, kjer je dovolj padavin in so le-te bolj ali manj enakomerno razporejene tekom celotnega obdobja vegetacije. Taro, ki je prilagojen takšnemu načinu gojenja pravimo 'dryland' ali 'upland' taro. Ta dva izraza nikakor nista najprimernejša, saj nekatere sorte, ki dobro uspevajo na 'suhih', dobro uspevajo tudi na stalno poplavljenih površinah. Obstajajo pa tudi zelo ozko prilagojene sorte, ki so vezane le na eno pridelovalno okolje. Oskrba z vodo je v večini primerov odvisna od padavin. Zelo pomemben je čas sajenja. Najbolje je, da se sadi nekoliko pred začetkom deževne dobe, tako da so mlade rastline, ki potrebujejo veliko vode, ves čas oskrbovane z vodo. Pri tem načinu pridelave so pogosto velike težave s pleveli, ki lahko močno vplivajo na rast in razvoj rastlin in na koncu tudi na pridelek. Še večji problem so lahko daljša sušna obdobja, ki lahko povzročijo celo, da rastline propadejo. Prednost takšne pridelave je, da imajo kormi več suhe snovi in se lažje skladiščijo za dalj časa.

## 2.7 Kemijska sestava tara

Delež suhe snovi (SS) je zelo odvisen od podnebnih dejavnikov in starosti rastlin in se po večini med rastjo povečuje (Pardales 1985, Lebot in sod. 2011). Takoj ko začne delež vlage v listih in listnih pecljih padati, to je okoli tretjega meseca po sajenju, začne delež SS v kormu rasti. Delež se nato povečuje do šestega meseca po sajenju, nato pa začne padati. To je verjetno zaradi tega, ker v tem obdobju nastopi suša in korm služi kot zbiralnik vlage, da rastlina lahko preživi suho obdobje. V polni zrelosti je povprečna vsebnost SS med 28 in 31 % (Bradbury in Holloway 1988). Razlike obstajajo tudi med posameznimi kultivarji. Delež SS je tesno povezan s kakovostjo. Večji delež SS snovi v kormu pomeni boljšo kakovost (Lebot in sod. 2011).

### 2.7.1 Hranilne snovi

Taro je odličen vir ogljikovih hidratov, še posebej škroba. Njegov delež v SS tara variira med 70 in 80 % (Bradbury in Holloway 1988). Amiloza predstavlja 17–28 % škroba, preostanek je amilopektin (Oke 1990). Škrobna zrna tara so poligonalnih in nepravilnih oblik, velikosti med 0,5–5,0  $\mu\text{m}$ . Prav zaradi majhnosti zrn, je tekstura škrobnega gela zelo fina in visoko prebavljiva (Aboubakar in sod. 2008). Na obliko škrobnih zrn vlivajo predvsem različni genetski dejavniki in rastni pogoji, razlikujejo pa se tudi po različnih delih korma (Manners 1974, Sefa-Dedeh in Agyir-Sackey 2002). Pri preučevanju fizikalnih lastnosti škroba v taru so ugotovili, da ima škrob visoko temperaturo gelatinizacije, visoko viskoznost in nizko temperaturo lepljenja (Pérez in sod. 2005). Zaradi visoke viskoznosti, visoke zgoščevalne moči in majhnih zrn je zelo uporaben v živilskopredelovalni industriji (Aprianita in sod. 2009).

Skupni enostavni sladkorji predstavljajo med 0,6 in 1,2 % glede na suho snov. Največ je saharoze, med ostalimi velja omeniti še glukozo, fruktozo, manozo in ksilozo (Maga 1992, Bradbury in Holloway 1988). Kormi tara so zmeroma dober vir vlaknin. Vsebnost surovih vlaknin se v povprečju giblje med 0,39 in 0,61 % v sveži snovi (Bradbury in Holloway 1988).

Taro vsebuje razmeroma nizek delež proteinov od 4,5 % do 7,0 % v suhi snovi. Kljub temu je to več, kot jih vsebuje kasava (1–2 %) ali jam (1–3 %) (Clowes in sod. 1995, Coursey 1995). Med aminokislinami so najbolj zastopane levcin, treonin in fenilalanin. V manjšem

deležu so prisotni še histidin, lizin, izolevcin, triptofan in metionin. Na splošno so esencialne aminokisliline v kormih prisotne v razmeroma visokih koncentracijah, kar pomeni, da so kormi tara bolj zaželeni v prehrani kot druge tropske gomoljevke (Maga 1992, Huang in sod. 2007). Bradbury in Holloway (1988) poročata, da vrednosti padajo od periferije proti centru korma.

Študije mineralne sestave tara kažejo, da vsebuje vrsto pomembnih makro- in mikrohranilnih elementov. V skoraj vseh raziskavah je kalij (K) najbolj zastopan mineral (2251–4143 mg/100g SS). Prav tako so dokaj zastopani še magnezij (Mg) (118–219 mg/100g SS), fosfor (P) (158–2153 mg/100g SS), in kalcij (Ca) (41–47 mg/100g SS) (Bradbury in Holloway 1988, Huang in sod. 2007, Lewu in sod. 2010, Mwenye in sod. 2011). Podatki iz literature kažejo, da so vsebnosti cinka (Zn) dokaj visoke (0,3–6,3 mg/100g SS). Iz prehranskega vidika taro vsebuje relativno malo železa (Fe) (0,6–1,8 mg/100g SS) in mangana (Mn) (7,2–11,3 mg/100g SS) (Lewu in sod. 2010, Mwenye in sod. 2011).

Vsebnost posameznih karotenoidov v kormih tara so do sedaj raziskovali le Englberger in sod. (2003) ter Champagne in sod. (2010). Drugi navajajo, da med karotenoidi (lutein,  $\alpha$ -karoten, 13-cis- $\beta$ -karoten, trans- $\beta$ -karoten) prevladuje  $\beta$ -karoten (74,4–93,6  $\mu$ g/100g SS), medtem ko je lutein prisoten v znatno nižjih koncentracijah. Kormi tara, ki so rumeno obarvani (rumeni parenhim), imajo višje vsebnosti karotenov, kot tisti, ki so bele barve (Englberger in sod. 2003).

Huang in sod. (2007) navajajo, da imajo kormi tara dokaj visoke koncentracije vitaminov, predvsem tiamina, riboflavina in askorbinske kisline. Že omenjeni Champagne in sod. (2011) so proučevali antocianine v kormih različnih pigmentacij in ugotovili, da jih je največ v rožnato obarvanih kormih. Med ostalimi polifenolnimi spojinami so identificirali 20 različnih flavonolov, kar kaže, da je taro bogat s flavonoli. Enako velja za flavanole.

### 2.7.2 Antinutritivne snovi

Antinutritivne snovi so spojine, ki so toksične, delno toksične ali neprijetne za prehrano ljudi. Zmanjšujejo ali inhibirajo absorpcijo mineralov, beljakovin in vitaminov ter posledično zmanjšujejo hranilno vrednost živil (Ugwu in Oranye 2006). V rastlinah nastajajo kot proizvod rastlinskega sekundarnega metabolizma in so vključene v naravni obrambni sistem

rastline. Antinutritivne snovi, ki so v taru, so oksalati, tanini, fitinska kislina, lektini, inhibitorji proteaz in  $\alpha$ -amilaze.

Vsi deli tara vsebujejo iglicam podobne kristale kalcijevega oksalata, ki se v procesu kuhanja raztopijo (Noonan in Savage 1999). Kadar je koncentracija kalcijevih oksalatov visoka, povzročajo abrazije sluznice in neprijetno dražečo bolečino v ustih (Lebot 2009). Vsebnosti oksalatov v nekuhanih kormih se gibljejo med 265–552 mg/100g SS (Huang in sod. 2007). Veliki razpon kaže, da obstajajo razlike v kakovosti tara med posameznimi kultivarji. Številne raziskave dokazujejo, da dražeč okus ni odvisen le od vsebnosti kalcijevega oksalata. Dokazano je, da nekatere nadvse dražeče sorte vsebujejo nizke deleže kalcijevega oksalata (Lebot 2009). Paull in sod. 1999 dokazujejo, da draženje sluznice povzroča cisteinska proteaza, ki je aktivna na površini kristalov kalcijevega oksalata. Kristali kalcijevega oksalata predrejo sluznico, medtem ko protein povzroča dejansko neprijetno draženje. Kalcijev oksalat je pomembna naravna obramba rastline pred pašnimi živalmi in ostalimi škodljivci (Bradbury in Holloway 1988).

V literaturi lahko najdemo veliko raziskav, povezanih z vsebnostjo nitratov v zelenjavi in drugih prehranskih artiklih. Ugotovljeno je bilo, da hrana rastlinskega izvora prispeva med 80 in 95 % dnevnega vnosa nitratov v človeški organizem. Kar se tiče raziskav, povezanih z nitrati v tropskih rastlinah, pa se le malo teh posveča omenjeni tematiki. V preliminarni raziskavi so Ogunmodede in sod. (2012) merili koncentracije nitratov, nitritov in nitrozaminov v gomoljih, žitih in govejem mesu. Vsebnosti nitratov v surovem jamu in kokojamu so se gibale med 60 in 108 mg/kg. Pri pečenju teh dveh gomoljev so se vsebnosti nitratov in nitritov v vseh vzorcih povišale. Med posameznimi koreni in gomolji na Fidžiju (korenje, sladki, krompir, krompir in taro) je bila vsebnost nitratov najvišja v taru. Kuhanje je močno znižalo vsebnost nitratov, pečenje pa je povečalo vsebnosti za dvakrat (Chetty in Prasad 2009).

## **2.8 Fiziologija rastlinskih hranil**

### **2.8.1 Škrob**

Škrob je najbolj razširjen rezervni polisaharid in najpomembnejši vir ogljikovih hidratov oz. asimilatov. Zgrajen je iz velikega števila glukoznih enot. V rastlinah se nahaja v



obliki škrobnih zrn, ki so poligonalnih, okroglih ali nepravilnih oblik. Zrna se lahko pojavljajo samostojno ali pa so združena v skupke. Amiloza in amilopektin predstavljata 98-99 % suhe snovi škroba, ostalo so proteini (encimi, ki sodelujejo pri biosintezi škroba), lipidi (1 % žita, 0,1 % gomolji krompirja) in minerali (predvsem P) (Shannon in sod. 1984, Martin in Smith 1995).

Škrob se razlikuje glede na obliko škrobnih zrn in po funkcionalnosti med posameznimi botaničnimi vrstami, znotraj vrst, in celo med rastlinami iste sorte, ki rastejo v različnih rastnih razmerah. Ta variabilnost zagotavlja škrobu različne funkcionalne lastnosti, ki pa lahko povzročajo težave predvsem pri industrijski predelavi (Tang in Copeland 2007).

Sinteza ogljikovih hidratov je povezana s fotosintezo. Fotosinteza neposredno ali posredno priskrbi gradnike za celoten razvoj biomase rastline, tako za rast korenin, nadzemnih delov in založnih organov. Večina sinteze ogljikovih hidratov poteka podnevi, v velikih polno razvitih zelenih listih. V listih se shranjujejo kot škrob, v druge dele rastline pa potujejo v obliki saharoze. Od 80 do 90 % vseh asimilatov, ki potujejo po rastlini, je v obliki sladkorjev. V založnih tkivih prav tako prihaja do sinteze škroba (Kladnik 1999).

Aktivna tkiva porabljajo asimilate najprej za lastne potrebe, hkrati pa oskrbujejo tkiva in organe, ki ne fotoasimilirajo. Asimilati se iz mezofilnih celic, v organih izvora, prenašajo v floem prek simplasta skozi plazmodezme, ali pa preko apoplasta, kjer fotoasimilati iz celic floemskega parenhima, preidejo v apoplast (žitarice, sladkorna pesa, krompir). Od tu se s sekundarnim aktivnim transportom iz apoplasta prenesejo skozi plazmaleme v celice spremljevalke, od tod pa v celice sitastih cevi. Praznjenje floema na mestu ponora poteka tudi simplastno ali apoplastno. V založnih tkivih je pogostejši apoplastni način odlaganja, kjer spojine preidejo iz celic sitastih cevi najprej v ekstracelularni prostor, od tam pa jih privzamejo celice porabniškega tkiva. Po floemski tekočini se ob sladkorju prenašajo tudi aminokisliline, amidi, organske kisline, mineralna hranila in proteini (Martin in Smith 1995, Kladnik 1999). V založnih organih, kot so gomolji krompirja ali kormi tara, poteka sinteza založnega škroba. Saharoza, ki prispe do založnega tkiva, se lahko naloži v celičnih organih (vakuolah) ali pa se s pomočjo encima invertaza razcepi do fruktoze in glukoze (heksozi). Heksozi se lahko uporabita za izgradnjo novih celic in celičnih organov (celična stena) ter prispevata potrebno energijo za celično dihanje. Predvsem v mladih, razvijajočih se tkivih, se

heksozi uporabljata za izgradnjo tkiv, kar potrjuje dejstvo, da je v mlajših tkivih večji delež heksoz (Bihmidine in sod. 2013). Ob izgradnji celičnih organelov se glukoza porablja tudi za izgradnjo škroba, kar lahko ključno vpliva na porazdelitev asimilatov v posameznih organih (Turesson 2014).

Biosinteza škroba ne vključuje le nastanka različnih glukoznih polimerov, temveč zajema tudi pravilno razporeditev le-teh v organizirane strukture znotraj zrna škroba. Biosinteza škroba zelo variira v času razvoja rastline in še posebej v formaciji založnih organov. Tako so nekatere izoforme biosinteznih encimov aktivne v zgodnji dobi razvoja organa in druge v poznejšem času razvoja (Shannon in sod. 1984, Martin in Smith 1995).

V listih se škrob nalaga v kloroplastu. Zrna škroba v kloroplastih so manjša od tistih v rezervnih tkivih. Sinteza škroba in njegova razgradnja sta v listu mnogo bolj dinamična kot v založnih organih. V založnih organih se škrobna zrna nahajajo v amiloplastih. Za nekatere založne organe, kot so krompir ali taro, škrob predstavlja tudi do 80 % celotne suhe snovi (Taiz in Zaiger 2010).

### 2.8.2 Nitrati

Dušik je esencialno hranilo, pomembno za rast in razvoj rastlin. Sodeluje v vrsti presnovnih procesov in je eden pomembnejših gradnikov klorofila, nukleinskih kislin, aminokislin, proteinov, hormonov ter primarnih in sekundarnih metabolitov (Marschner 1995).

Višje rastline sprejemajo dušik predvsem v nitratni ( $\text{NO}_3^-$ ) in amonijski obliki ( $\text{NH}_4^+$ ). Absorpcija nitratne oblike prevladuje pri rastlinah, ki rastejo v dobro prezračenih tleh. Korenine sprejmejo  $\text{NO}_3^-$  s sekundarnim aktivnim transportom. Po sprejemu v celico se nitrat lahko reducira v amonijev ion, akumulira v vakuoli, ali pa se po ksilemu s transpiracijskim tokom transportira v nadzemne dele rastlin. Akumulacija  $\text{NO}_3^-$  v vakuolah pomembno vpliva na kationsko/anionsko ravnovesje, na osmoregulacijo in na kakovost rastlin za prehranske namene (Forde 2002, Miller in sod. 2007, Vodnik 2012).

Redukcija  $\text{NO}_3^-$  lahko poteka v koreninah ali v nadzemnih delih rastlin. V prvi fazi poteče redukcija  $\text{NO}_3^-$  s pomočjo encima nitrat reduktaze do nitrita ( $\text{NO}_2^-$ ). V drugi fazi se  $\text{NO}_2^-$  s

pomočjo nitrit reduktatze reducira v  $\text{NH}_4^+$ , ki je za rastlinske celice toksičen in zato ga celice takoj vgradijo v organske molekule. Kadar je sprejem  $\text{NO}_3^-$  v rastlino večji, kot je njegova asimilacija, pride do kopičenja nitratov v rastlinskih tkivih (Kronzucker in sod. 1999, Masclaux-Daubresse in sod. 2010, Vodnik 2012).

Na vsebnost nitratov v rastlinah vplivajo okoljski (osvetlitev, dolžina dneva, količina in oblika dušika v tleh) in genetski dejavniki. Vsebnost nitratov se razlikuje med rastlinskimi vrstami, genotipi (kultivarji) iste vrste, genotipi različnih ploidnosti, starostjo rastline in med posameznimi deli rastline. V listih, steblih in listnih pecljih je vsebnost nitratov višja kot v gomoljih, kormih, sadežih in semenih (Santamaria in sod. 1999).

### 2.8.3 Proteini

Proteini so biološke polimerne spojine, zgrajene iz aminokislin. So najpomembnejše sestavine vsake celice in so esencialni za življenje. Sinteza proteinov poteka na ribosomih v citoplazmi, pri evkariontih pa se lahko proteini sintetizirajo tudi na citoplazemski strani endoplazemskega retikuluma. Aminokislina se do plodov pretežno prenašajo po floemu. Med njimi so v večji meri prisotni glutamin, asparagin ter glutamat in aspartat. Značilna sestava in zaporedje (sekvenca) aminokislin omogočata proteinu, da se zvije v določeno tridimenzionalno strukturo, ki jo potrebuje za natančno določeno delovanje (Tegeder in Rentsch 2010, Okumoto in Pilot 2011, Vodnik 2012). Proteini se nahajajo v vseh tkivih rastlin. Višje vsebnosti najdemo v semenih in leguminozah, medtem ko so vsebnosti v gomoljih nižje (Shewry 2003).

### 2.8.4 Minerali

Vse rastline potrebujejo za normalno rast in razvoj mineralna hranila, ki imajo v rastlinah različne funkcije. Dušik in S sta pomembna gradnika makromolekul, P sodeluje pri energetskih pretvorbah, Ca, B in Si so pomembni za sestavo celične stene, nekatera hranila pa so sestavni deli encimov. Elemente, ki so nujno potrebni, da lahko rastlina popolnoma zaključi svoj rastni cikel, imenujemo esencialni in jih delimo na makrohranila in mikrohranila (Marschner 1995, Vodnik 2012).

Rast in razvoj rastlin sta odvisna od razpoložljivosti hranil v tleh in od njihovega sprejema v rastlino. V tleh so rastlinam neposredno dostopna tista hranila, ki so raztopljena v talni raztopini, in tista, ki so sorpcijsko vezana na talne delce. Sprejem hranil v rastlino je kompleksen proces, odvisen od številnih dejavnikov, kot so npr. koncentracija hranil v talni raztopini rizosfere, masni tok v tleh in površina koreninskega sistema (Marschner 1995). Iz rizosfere prehajajo hranila skozi plazmalemo koreninskih celic in se nato premestijo v druga tkiva. Subramanian in sod. (2011) navajajo, da na porazdelitev posameznega hranila v gomoljih krompirja vplivajo razvojna anatomija gomolja, polnjenje in praznjenje ksilema in floema, gibanje ionov po peridermu ter mehanizmi transporta in skladiščenja znotraj gomolja. Gomolji in kormi, zaradi nizke transpiracijske aktivnosti, dobivajo hranila po floemu s premestitvijo iz nadzemnih delov. Mineralna hranila, ki so v floemu dobro mobilna, so v teh organih zastopana v višjih koncentracijah kot slabo mobilna (Ca, Mn) (White in Brown 2010).

#### Kalij

Rastlinske celice imajo zelo visoke potrebe po K. Sprejem K v rastlino poteka delno pasivno, pri nizkih koncentracijah K v talni raztopini pa aktivno (Marschner 1995). Kalij sodeluje v procesu fotosinteze, aktiviranju encimov, sintezi beljakovin, vzdrževanju celičnega turgorja, delovanju stomatalnega aparata in ionski homeostazi. Sodeluje tudi pri metabolizmu ogljika (proizvodnja ogljikovih hidratov), tako da aktivira encime piruvat kinaza, fosfofruktokinaza in škrob sintaza.

#### Fosfor

Fosfor je pomembno rastlinsko makrohranilo in predstavlja od 0,15 do 0,5 % suhe mase rastlin. Ima pomembno vlogo pri vseh metabolitih, udeleženih v pridobivanju, sproščanju in shranjevanju energije. Sodeluje pri sintezi adenozin trifosfata (ATP), fosfolipidov, fosfoproteinov, fosforiliranih matabolnih intermediatov in nukleinskih kislin DNA ter RNA. Vzdrževanje stabilne koncentracije anorganskega P v celicah je pomembno za potek številnih encimskih reakcij, saj se lahko encimi s fosforilacijo oziroma defosforilacijo (odcepitev fosfatne skupine) aktivirajo ali deaktivirajo (Schachtman in sod. 1998, Vodnik 2012).

Kadar je rastlina dobro preskrbljena s P, ga lahko kopiči v obliki polifosfata in fitata. Fitati se nahajajo zlasti v semenih, v gomoljih, korenih in tudi v kormih tara (Schlemmer in sod.

2009). Vrednosti v nekuhanem taru so po poročanju Lewu in sod. (2010) med 36,8 in 70,7 mg/100g suhe snovi.

V rastlini prihaja pri pomanjkanju P do translokacije P iz poganjkov in do premeščanja ogljikovih hidratov v korenine, ki postanejo glavni ponor za asimilate (Marschner 1995, Schachtman in sod. 1998, Hammond in White 2008). Na zunaj se pomanjkanje kaže predvsem v omejenem razvoju listov, ki so majhni, stebela rastlin pa so vitka. Ker pomanjkanje ne vpliva na sintezo klorofila, so listi temno zelene ali škrlatne barve (Vodnik 2012, Hammond in White 2008).

### Magnezij

Mg sodeluje v energetskem metabolizmu rastlinskih celic, pomemben je za delovanje nekaterih encimov (npr. fosfataza, ATP-aze, karboksilaze) in igra ključno vlogo v svetlobnih procesih fotosinteze. V molekuli klorofila predstavlja Mg centralni ion, ki je hidrofilni del molekule (Marschner 1995). Precejšnji del Mg v rastlinski celici sodeluje pri uravnavanju celične pH vrednosti in razmerja med kationi in anioni. Pomemben je pri prepisovanju DNA (delovanje RNA polimeraze), sodeluje pa tudi pri povezovanju manjše in večje podenote ribosomov pri sintezi proteinov (Vodnik 2012).

Pomanjkanje Mg se odraža kot kloroza, ki se najprej pojavi na starejših listih, saj je Mg dobro mobilni element. Mg se najprej porabi iz celic medžilnih tkiv, zato je značilen znak bolj ali manj zelen vzorec žil na porumeneli podlagi (Vodnik 2012).

### Kalcij

V rastlinskih celicah obstajajo področja z visoko (vakuola, endoplazmatski retikulum, celična stena) in nizko (citosol) koncentracijo prostih Ca ionov. Takšna razporeditev je posledica aktivnega premeščanja Ca iz celice v celične organele in celično steno. V osrednji lameli se Ca izmenljivo veže na karboksilne skupine poligalakturonske kisline (pektini) in prispeva k utrjevanju celične stene in tkiv. Pomemben je za vzdrževanje razmerja med kationi in anioni (Vodnik 2012). Dokazano je, da enokaličnice potrebujejo znatno manj Ca kot dvokaličnice, kar je posledica manjše izmenjevalne kapacitete na celičnih stenah pri enokaličnicah (Marschner 1995). Rastline Ca ne morejo mobilizirati iz starejših delov, ker je

slabo floemsko mobilen in se transportira večinoma po ksilemu (Marschner 1995, Busse in Palta 2006).

### Železo

Fe hitro spreminja oksidacijsko stanje iz  $\text{Fe}^{3+}$  v  $\text{Fe}^{2+}$ , zato so njegove glavne funkcije povezane z redoks reakcijami. Kot sestavni del hem-proteinov in Fe-S-proteinov Fe sodeluje pri prenosu elektronov v dihalni verigi, fotosintezi, asimilaciji dušika, biosintezi hormonov (npr. etilena, giberelinske kisline, jasmonske kisline), redukciji  $\text{N}_2$ , nitrita in sulfita ter varuje rastline pred različnimi patogeni (Vodnik 2012). Zadostna količina Fe je potrebna za normalno sintezo proteinov in klorofila. Zaradi pomembne funkcije pri fotosintezi se velik delež Fe nahaja v zelenih delih rastline. Do 80 % celičnega Fe je lokaliziranega v kloroplastu v hitro razvijajočih se listih, ostali del pa se kopiči v stomi plastidov kot fitoferitin (Cohen in sod. 1998, Hänsch in Mendel 2009).

Pomanjkanje Fe se kaže kot kloroza listov, slabša rast poganjkov in listov ter slabša rodnost. V listih pride do inhibicije razvoja kloroplastov, pri koreninah pa nastopijo morfološke spremembe. Prihaja do slabše rasti korenin v dolžini apikalne cone in izostanka tvorjenja koreninskih laskov (Puig in Peñarrubia 2009).

### Cink

Cink je pomemben kofaktor več kot 300 encimov in je običajno drugi najbolj pogost prehodni element v organizmih, takoj za Fe (Broadley in sod. 2007). Rastlinski encimi, ki jih aktivira Zn, sodelujejo pri metabolizmu ogljikovih hidratov, vzdrževanju integritete celičnih membran, sintezi proteinov in nastanku cvetnega prahu (Marschner 1995). Ker je Zn potreben za sintezo triptofana, ki je prekurzor pri sintezi indol 3-ocetne kisline (IAA), ima aktivno vlogo pri nastajanju najpogostejšega avksina (Brennan 2005). Pomemben je za vzdrževanje integritete celičnih membran, saj ohranja strukturno orientacijo makromolekul in transportne sisteme ionov. Veže se na fosfolipide in sulfhidrilne skupine membranskih proteinov in prispeva k večji stabilnosti membran.

Pomanjkanje vpliva na razvoj koreninskega sistema, absorpcijo vode in hranil iz tal, kar se odraža na slabši rasti in zmanjšanju pridelka (Hänsch in Mendel 2009).

## Baker

Cu sodeluje v dihalni verigi pri prenosu elektronov in je pomemben anorganski del encimov oksidaz. Več kot 50 % Cu se nahaja v kloroplastih, kjer je vezan na plastocianin. Cu ima podobne lastnosti kot Fe. V rastlinah je prisoten v dveh oksidacijskih stanjih ( $\text{Cu}^+$  in  $\text{Cu}^{2+}$ ) in lahko deluje kot oksidacijsko ali redukcijsko sredstvo. Zaradi te lastnosti je lahko Cu tudi potencialno toksičen, ker katalizira nastanek prostih radikalov. Prosti radikali povzročajo poškodbe proteinov, DNA in drugih biomolekul. Prav zato se, takoj po sprejemu v rastlino, večina Cu ionov veže na proteine (metaloproteini), ki preprečujejo akumulacijo in posledično toksičnost (Marschner 1995, Hänsch in Mendel 2009, Vodnik 2012).

## Mangan

Mn ima pomembno vlogo v redoks reakcijah in je kofaktor okoli 35 encimov, ki katalizirajo redoks reakcije, hidrolitične reakcije in reakcije dekarboksilacije. Sodeluje pri redukciji nitratov, biosintezi giberelinske kisline in maščobnih kislin ter aktivaciji RNA polimeraze. Vgrajen je v encim fotosistema II (PS II) in je bistven v procesu fotosinteze, saj sodeluje pri fotolizi (oksidaciji) vode (Marschner 1995).

V rastlini je relativno slabo mobilen in je prednostno prenesen v tkivo meristema. Mladi organi so bogati z Mn. Pri encimskih in biokemijskih funkcijah sta si Mn in Mg v rastlinah podobna (Marschner 1995).

## Kadmij

Za rastline je Cd neesencialen element. Zaradi dobre mobilnosti in ker lahko že v nizkih koncentracijah moti rast in razvoj rastlin, je eden nevarnejših elementov. V rastlinskih organih je neenakomerno porazdeljen. Vsebnosti se zmanjšujejo v naslednjem vrstnem redu: korenine > vršički > listi > sadeži > semena. Vzrok takšne razporeditve je prilagoditev rastlin, ki zavirajo transport Cd od korenin do drugih tkiv in organov (Marschner 1995). Študije preučevanja težkih kovin in toksičnosti so pokazale, da ob visokih vsebnostih Cd v rastlinah prihaja do zmanjšanja fotosintetske aktivnosti, zaradi zmanjšane sinteze sladkorjev (Weigel 1985). Vsebnost sladkorjev in škroba v sladkorni pesi, ki ima podobno nalaganje substanc kot

taro, je bila nižja pri treniranju z višjimi koncentracijami Cd. Živila, ki vsebujejo največ Cd so žita, zelenjava ter s škrobom bogate korenovke (Cadmium in food 2009).

## **2.9 Pomen makro- in mikrohranil v prehrani ljudi in priporočeni dnevni vnosi**

Škrob v prehrani ljudi predstavlja makrohranilo. Njegove lastnosti in interakcije z drugimi sestavinami (voda, lipidi) so pomembne pri pravilnem načrtovanju prehrane in v prehranski industriji. Škrob prispeva med 50 in 70 % celotne energije v prehrani ljudi in zagotavlja neposreden vir glukoze. Zagotavlja vir metabolne energije, pomembne za pravilno delovanje možganov in rdečih krvnih celic (Perry in sod. 2007).

Proteini so osnovni gradniki celic in sodelujejo v vseh bioloških procesih. Proteini so gradniki hormonov, so sestavni del protiteles, imajo transportno funkcijo. So vir telesu nujno potrebnih esencialnih aminokislin, ki jih človeško telo ne more sintetizirati samo in vir drugih dušikovih spojin, ki so potrebne za proizvodnjo telesu lastnih proteinov in drugih metabolično aktivnih substanc. Potrebe po proteinih se v teku razvoja in s starostjo sicer spreminjajo, klub vsemu so nujno potrebni tekom celotnega človeškega življenja (Young in Pellett 1994).

V prehrani ljudi predstavljajo minerali anorganske hranilne snovi. Potrebni dnevni vnosi v telo se gibljejo od 1 do 2500 mg, odvisno od minerala. Kot pri vitaminih in drugih hranilih, se potrebe po mineralih razlikujejo glede na spol in starost. Prekomerni vnosi nekaterih mineralov lahko porušijo homeostatično ravnovesje in povzročijo toksične stranske učinke. V državah v razvoju je posebej problematično znatno pomanjkanje Fe, Zn in vitamina A v prehrani ljudi. Posledice so običajno resne pri nosečnicah, dojenčkih in otrocih, saj onemogočajo normalno rast in razvoj (Soetan in sod. 2010).

Kalij je glavni celični ion, potreben za ohranjanje elektrolitne homeostaze in rast celične mase. Sodeluje pri sintezi proteinov, metabolizmu ogljikovih hidratov, prenosu živčnih signalov in krčenju mišic. Ob tem ima pomembno vlogo pri vzdrževanju normalnega krvnega tlaka. Pomankanje se kaže v obliki mišičnih krčev, neenakomernem bitju srca in apatičnosti (Haas in Forbush 2000).



Fosfor je za Ca drugi najpogostejši mineral v našem telesu. S Ca tvori hidroksiapatit, ki je pomembna sestavina kosti in jih ohranja zdrave in trdne. Sodeluje pri sintezi fosfolipidov in fosfoproteinov ter shranjevanju energije. Absorpcija P poteka v tankem črevesu. Iz različnih prehranskih virov se absorbira 60–70 % P. V telesu se velik delež P nahaja v fosfolipidih, ki gradijo celične membrane, pa tudi v kosteh in zobeh. Delež P v krvi je odvisen predvsem od resorpcije v ledvicah. Pomankanje se kaže v osteoporozi, krhkosti mišic in mišičnih krčih (Hays in Swenson 1985, Malhotra 1998, Murray in sod. 2000).

Mg deluje kot kofaktor nekaterih hormonov in encimov. Uravnava živčne funkcije, kontrakcijo mišic in izgradnjo proteinov. Približno 50 % vsega Mg se nahaja v kosteh. Na vsebnost Mg v telesu vplivata stanje prebavnega trakta in delovanje ledvic. Pomankanje se kaže v oslABLjenosti mišic, utrujenosti, apatičnosti in mišičnih krčih (Vormann 2012).

Najpomembnejša vloga Ca je gradnja kosti in zob. Nadzoruje delovanje živčnega sistema in mišic ter aktivira večje število encimov. Potreben je za zagotovitev membranske permabilnosti in delovanje imunskega sistema. Pomanjkanje Ca povzroča rahitis, osteoporozo in izgubo zob (Shapses in sod. 2012).

Fe je potrebno za tvorbo hemoglobina, mioglobina, presnovo vitamina B in delovanje nekaterih encimov. Najpomembnejša vloga Fe v telesu je oskrba s kisikom. Pomanjkanje Fe povzroča slabšo fizično zmogljivost in slabši imunski odziv, vpliva na sintezo proteinov in spremembe metabolnih procesov, ki se lahko neposredno odražajo na delovanje možganov (Malhotra 1998, Batra in Seth 2002).

Pomen Zn (podobno kot Fe) v prehrani ljudi je zelo velik. Njegova primarna naloga je sodelovanje v celičnih replikacijah ter genski ekspresiji. Od statusa Zn je odvisen metabolizem vitamina A in E (Tapiero in Tew 2003). Potreben je za optimalno delovanje inzulina, popravilo tkiv in ran, ter igra pomembno vlogo v presnovi proteinov, maščob in ogljikovih hidratov. Pomankanje se kaže kot slaba telesna rast, počasno celjenje ran in anoreksija (Malhotra 1998, Murray in sod. 2000).

Cu je sestavni del encimov, kot so na primer: citokrom oksidaza, amino oksidaza, katalaza, peroksidaza, askorbat oksidaza ter mnoge druge. Cu je esencialno mikrohranilo, potrebno za

hematološki in živčni sistem. Potreben je za rast in formacijo kosti, formacijo mielinskih ovojníc v živčnem sistemu, pomaga pri absorpciji Fe iz prebavnega trakta in pri prenosu Fe v plazmi. Pomankanje se kaže v anemiji in oslabileni odpornosti (Soetan in sod. 2010).

Mn je sestavni del mnogih encimov. Sodeluje pri sintezi glikoproteinov in proteoglikanov. Koncentriran je v mitohondrijih. Absorpcija Mn je inhibirana ob prisotnosti višjih koncentracij Ca in P v prehrani. Večje količine žensko telo absorbira v času nosečnosti. Pomankanje se kaže v zaostajanju v rasti, okvarah skeleta in nevroloških motnjah (Soetan in sod. 2010).

Cd je toksičen že v zelo nizkih koncentracijah. Absorpcija v telo je odvisna od topnosti spojin ter od vsebnosti beljakovin, Ca in Fe v hrani. Primarno se akumulira v ledvicah in jetrih in se zelo počasi izloča iz telesa. V 10-35 letih ga telo izloči le polovico. Raziskave sicer potrjujejo kancerogenost Cd za dihalne poti, ni pa potrjenih dokazov o kancerogenosti pri zauživanju s hrano in nobenih odkritih dokazov o njegovem vplivu na genski sistem (Cadmium in food 2009).

Za posamezna makro- in mikrohranila obstajajo priporočeni dnevni vnosi, zadostni dnevni vnosi in ocenjene vrednosti, ki opisujejo potrebo po teh hranilih pri posameznih starostnih skupinah in spolih (Preglednica 1) (Institute of Medicine of The Nacional Academies 2006).

Pomemben ni samo dnevni vnos posameznih mineralov in drugih nutrientov, ampak njihova biološka razpoložljivost, torej delež, ki se v telesu absorbira. Biološka razpoložljivost posameznih mineralov je odvisna od kemijske oblike in prisotnosti antinutritivnih snovi, ki zavirajo sprejem mineralov (Soetan in sod 2010).

**Preglednica 1:** Priporočeni dnevni vnosi, zadostni dnevni vnosi in ocenjena vrednost za posamezna makro- in mikrohranila pri moških (19-50 let) in ženskah (19-50 let)

**Table 1:** Recommended daily allowance, adequate requirement and estimated requirement for macro- and micronutrients for men (19-50 years) and woman (19-50 years)

	<b>Škrob</b>	<b>Proteini</b>	<b>K</b>	<b>P</b>	<b>Mg</b>	<b>Ca</b>	<b>Zn</b>	<b>Fe</b>	<b>Mn</b>	<b>Cu</b>
	g/ dan	g/kg/ dan	mg/ dan	mg/ dan	mg/ dan	mg/ dan	mg/ dan	mg/ dan	mg/ kg	mg/ dan
<b>Moški</b> 19-50 let	130	0,80	2000**	700	420	1000*	11	8	2,3*	0,9
<b>Ženske</b> 19-50 let	130	0,80	2000**	700	320	1000*	8	18	1,8*	0,9

RDA = Recommended daily allowance (priporočen dnevni vnos): Priporočila oblikovali na Food and Nutritional Board, Institute of Medicine of the National Academy (2000, 2001, 2004, 2006)

\* adequate requirement (zadosten dnevni vnos)

\*\* estimated requirement (ocenjena vrednost)

### 3. MATERIALI IN METODE

#### 3.1 Lokacija in značilnosti eksperimentalnega polja

Poljski poskusi so bili postavljeni v centru VARTC (Vanuatu Agricultural Research and Training Centre), ki se nahaja na otoku Espiritu Santo v državi Vanuatu na Tihem Oceanu. Koordinate eksperimentalnega polja so: 15°26.7'S in 167°11.5'E.

Podnebje na otoku Espiritu Santo je tropsko-oceansko, s povprečno letno količino padavin okoli 2745 mm. Leto se deli na dve različni vremenski obdobji: (1) vlažno in vroče poletje (december – april) in (2) bolj suho in hladnejše obdobje (julij – september). V prvem obdobju je povprečje padavin okoli 335 mm na mesec v drugem pa okoli 117 mm na mesec. Povprečna letna temperatura je 24,7 °C. Najvišja je januarja (26,9 °C), najnižja pa avgusta (21,9 °C). Ob omenjenih obdobjih obstajata tudi dve prehodni obdobji, ki običajno trajata od 1,5 do 2,5 meseca.

Eksperimentalno polje se nahaja 2,8 km od skrajne JV točke otoka, na platoju na nadmorski višini med 80 in 85 metri. Tla so tropska-rjava (brown tropical soil), vulkanskega izvora, z zelo bogato mineralno sestavo, veliko organske snovi in ugodno teksturo. Zgornja plast vsebuje 48 % gline, 30 % melja in 5 % organske snovi, 11,0 mg/kg P, 0,32 % skupnega N in 4,3 mg/kg NH<sub>4</sub><sup>+</sup> – N (interni podatki VARTC za 2011-2013). Eksperimentalne površine so bile skrbno načrtovane, tako v velikosti kot tudi obliki ter funkcionalnosti. Med posameznimi površinami je zasajena gliricidija (*Gliricidia sepium* - hitro rastoče leguminozno drevo nižje rasti, ki se razmnožuje s potaknjenci). Pasovi gliricidije med posameznimi površinami preprečujejo prekomerno izsuševanje tal in rastlin zaradi suhih vetrov, bogatijo tla z organskimi snovmi in dušikom ter senčijo rastline v času, ko je sončna svetloba najmočnejša. V kolobar je vključena prekrivna stročnica mukuna (*Mucuna pruriens*), ki ostane na neki površini tri leta, nato pa posadijo ali posejejo izbrano poljščino (npr. kasavo, sladki krompir, taro, tanijo ali veliko alokazijo).

V raziskovalnem centru je manjši vendar dokaj funkcionalen laboratorij. V njem se nahajajo sušilniki in dva liofilizatorja. Liofilizator, ki smo ga uporabljali, je španske znamke TELSTAR Cryodos - 50 (Terrassa, Spain).

### **3.2 Rastlinski material in eksperimentalni podatki**

Vzorci za kemijske analize različnih delov korma tara izvirajo iz večnamenskega poskusa, posajenega po shemi naključnega blok sistema z 8 kultivarji in 7 ponovitvami. Da bi zmanjšali razlike v zrelosti, smo izbrali kultivarje z enako dolžino vegetacije, poskus pa smo posadili na isti dan (15. decembra 2011). Vsak kultivar je bil v vsaki ponovitvi zastopan s tremi rastlinami. Večje število rastlin po kultivarju ni bilo možno zaradi zelo počasnega razmnoževalnega cikla te kulture. Razmiki med vrstami in med rastlinami znotraj vrst so bili 1 m. Vsi kultivarji, vključeni v raziskavo, so bili izbrani v Nacionalni genski banki Republike Vanuatu, ki se vzdržuje v centru VARTC. Ta genska banka je 2013 obsegala približno 300 domačih sort in nekaj več kot 30 sort iz drugih tihomorskih držav. Slednje izvirajo iz programa TANSO (Taro Network for South East Asia and Oceania), ki je potekal okoli leta 2000. Naša raziskava je obsegala le sorte, ki izvirajo iz različnih otokov Vanuata: VU 105 ('Peta ni Bankis' iz otoka Banks), VU 360 ('Maewo' iz otoka Maewo), VU 372 ('Noholihopoe' iz otoka Espiritu Santo), VU 384 ('Analick' iz otoka Ambrym), VU 468 ('Pentsecost' iz otoka Tanna), VU 1654 ('Akale' iz otoka Ambrym), VU 1765 ('Bwel Tememe' iz otoka Pentecost) in VU 1822 ('Vouvou' iz otoka Ambae). Pri vsaki vključeni sorti smo za kemijske analize izbrali tri enako razvite, dozorele rastline (oz. njihove korme), preostale rastline pa so bile uporabljene za agronomske študije. Vsi vzorci so bili izkopani na isti dan (9. MPS, 15. avgusta 2012). Po pranju in lupljenju smo vsak korm razrezali na 4 dele (Slika 7). Če upoštevamo 4 dele po kormu in 3 rastline, smo imeli 12 vzorcev vsakega kultivarja, kar pomeni, da smo analizirali skupaj 96 vzorcev.

Za sajenje smo uporabili vršni del korma, t.j. 'glavo' s pripadajočimi deli listnih pecljev. Ta del korma se najpogosteje uporablja pri razmnoževanju in predstavlja glavni vzrok počasnosti razmnoževanja. Včasih se uporabljajo tudi stoloni in stranski poganjki, kar povzroča zelo neizenačeno rast. Ves sadilni material v obeh poskusih je bil maksimalno izenačen glede na maso in volumen. Vse smo natančno označili, da ne bi prišlo do kakšne napake.

Sadili smo tik pred deževno dobo (v decembru), saj taro v začetku rasti nujno potrebuje večjo količino padavin. Pred sajenjem smo odstranili ves plevel. Ker smo sadili na površinah, kjer je prej rasla mukuna, ni bilo potrebno uporabiti nobenih mineralnih ali organskih gnojil.

V raziskavo dinamike kemijske sestave kormov tekom vegetacijskega obdobja smo vključili 13 akcesij oz. kultivarjev, vzorce pa smo jemali neposredno iz Nacionalne genske banke Republike Vanuatu (v centru VARTC). Da bi zmanjšali razlike v rasti, je bila celotna kolekcija kultivarjev, vključenih v raziskavo, posajena v obdobju treh dni: med 12 in 15. decembrom 2011. Vsak kultivar je bil zastopan z 10 rastlinami, ki smo jih nato izkopavali enkrat na mesec. Razmik med posameznimi vrstami in rastlinami znotraj vrst je znašal 1 m. Glavni kriteriji izbire kultivarja so bili bujnost rasti, izenačenost rastlin znotraj kultivarja, dolžina vegetacije in odpornost na bolezni in škodljivce.

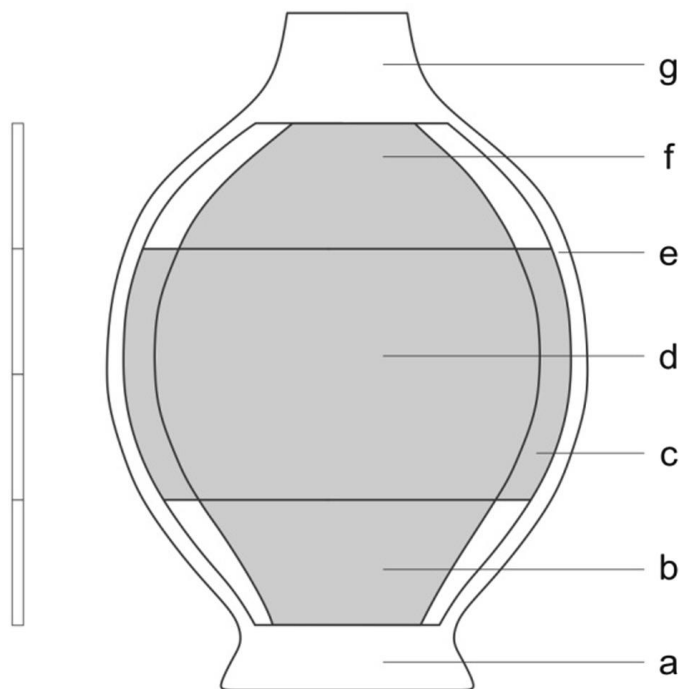
### 3.3 Vzorčenje

Priprava vzorcev za analizo časovne dinamike se je začela z izkopavanjem kormov (vse predvidene korme smo izkopali istočasno). To je bilo vedno 15. dne v mesecu, saj je bila kolekcija posajena 15. decembra. Izkopane korme smo najprej grobo očistili in nato označili. Označen material smo prenesli v laboratorij, kjer je sledilo pranje in ostali postopki. Po pranju so vsa opravila potekala v hladnih in temnih prostorih.

Vzorce smo na grobo olupili s pomočjo navadnega kovinskega noža, nato še dodatno s keramičnim nožem. Keramični nož smo uporabili zato, da ne bi prišlo do kontaminacije s kovinskimi ioni. Korme smo narezali na tanke, čipsu podobne rezine in vsak posamezen vzorec stehali. Na osnovi preliminarnih raziskav smo se odločili, da bomo za analize potrebovali približno 250 g sveže snovi. Rezine smo zamrznili in liofilizirali tri dni. Vzorce smo nato dali v vrečke za vakuumsko pakiranje in jih vakuumsko zaprli. Na ta način smo vzorce pripravili za daljše shranjevanje in pošiljanje v Slovenijo, kjer so potekale nadaljnje raziskave.

Za določitev vlage smo odvzeli ustrezen alikvot vzorca, ga stehali in posušili v sušilniku pri 102 °C do konstantne mase. Na podlagi razlike med maso svežega in suhega vzorca smo izračunali delež vlage.

Vzorci za raziskavo variacije kemijske sestave v različnih delih korma smo izkopalni 9 mesecev po sajenju, t.j. avgusta 2012. Izkopali smo jih vse istočasno. Osnovni vzorec vsakega kultivarja je obsegal tri korme. Takoj po tem, ko smo korme izkopalni, smo jih oprali in jih pustili kratek čas, da se posušijo. Nato smo s keramičnim nožem, odstranili zunanjo plast (periderm) in korteks. Lupljenje je bilo tanko. Olupljen korm smo razrezali na štiri dele: spodnji, centralni (osrednji), marginalni (zunanji) ter zgornji del. Razmerje med posameznimi deli je bilo vedno enako. Zgodnji del je zajemal četrtino višine, centralni del dve četrtini in spodnji del ponovno eno četrtino (Slika 7). Marginalni del je vseboval 1 cm zunanjega dela. Vsi kormi so bili pripravljani na enak način. Nato smo razdeljene dele razrezali na tanke, čipsu podobne rezine in vzorce stehali. Za določitev vlage smo iz vsakega pripravljenega vzorca vzeli ustrezen alikvot, ga stehali in posušili v sušilniku pri 102 °C do konstantne mase. Preostale rezine smo zamrznili in liofilizirali tri dni pri temperaturi -50 °C in tlaku 0,2 mBar, kot smo že omenili. Vzorce smo nato dali v vrečke za vakuumsko pakiranje in jih pripravili za pošiljanje v Slovenijo, kjer so potekale nadaljnje raziskave.



**Slika 7:** Glavni deli korma tara: a – baza korma (ostanek sadilnega materiala), b – spodnji del, c – marginalni del, d – centralni del, e – periderm, f – zgornji del in g – glava korma. Analize so obsegale b, c, d, in f. Dela b in f sta obsegala vsak eno  $\frac{1}{4}$  višine (izključujoč bazo in glavo korma), d pa je obsegal  $\frac{1}{2}$  višine. Debelina dela c je bila 1 cm. Deli, uporabljeni za analizo, so temneje obarvani.

**Figure 7:** The principal parts of a taro corm: a – corm base, b – lower part, c – marginal part, d – central part, e – skin (periderm), f – upper part, and g – corm head. The analysis involved b, c, d, and f. The heights of portions b and f are  $\frac{1}{4}$  each, and the height of portion d is  $\frac{1}{2}$  of the total part used for the analysis (after the removal of portions a and g). The thickness of the marginal part (e) was 1 cm. Parts used for analysis are marked with darker colour.

### 3.4 Aparature

Pri analizah smo uporabljali naslednje aparature:

- elektronsko tehtnico Metler Toledo (tip AT 261 Delta Range)
- Ultra-Turrax T25 basic, IKA-WERKE
- mikrovalovno pečico CEM (tip MDS 200) za kislinski razklop
- atomski absorpcijski spektrometer Varian SpectraAA-10 za določanje K, Ca, Mg in Zn



- elektrotermični atomski absorpcijski spektrometer Varian SpectrAA-640Z za določanje Cu, Fe, Cd, Mn in Pb
- spektrofotometer Varian Cary UV-Vis za določanje škroba in P
- sistem za pripravo demineralizirane vode Milli – Q (Milipore ZDA)
- grelni blok Gerhard tip Kjeldaltherm KBL 20, za kislinski razklop vorcev
- destilacijsko enoto Gerhard Vapodest 10s
- ionski kromatograf ProStar (Varian)
- konduktivni detektor CD20 Dionex
- anionski supresor ASRS - ULTRA II 4-mm, Dionex.

### 3.5 Reagenti in raztopine

Uporabljali smo naslednje reagente in raztopine:

- HNO<sub>3</sub> (Suprapur, 65 %, Fluka)
- HCl (Suprapur, 30 %, Merck)
- HF (Suprapur, 40 %, Merck)
- H<sub>3</sub>BO<sub>3</sub> (Certipur, Merck)
- CsCl (Carl Roth GmbH)
- raztopino amonijevega heptamolibdata ( $[(\text{NH}_4)_6\text{Mo}_7\text{O}_{24} \cdot 4 \text{H}_2\text{O}]$ )
- osnovne standardne raztopine Ca, K, Mg, Fe, Mn, Zn, Cu, PO<sub>4</sub><sup>3-</sup> in NO<sub>3</sub><sup>-</sup> s koncentracijo 1 g/l (Certipur, Merck)
- katalizator, pripravljen v obliki tablet s sestavo: 3,5 g K<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>, 0,105 g CuSO<sub>4</sub>·5 H<sub>2</sub>O in 0,105 g TiO<sub>2</sub> (BÜCHI)
- H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> (p.a., 98 %, Sigma-Aldrich)
- NaOH (p.a., Sigma-Aldrich)
- L-fenilalanin (Sigma-Aldrich)
- 0,1 M NaOH fiksanal (Fluka)
- Tashiro indikator (Fluka)
- NaHCO<sub>3</sub> (p.a., Kemika)
- Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> (p.a., Kemika)
- Megazyme kit (Megazyme International, Ireland Ltd.)
- molibdat/vanadat reagent, ki smo ga pripravili iz treh raztopin. Prva raztopina: 83,3 mL HNO<sub>3</sub> (65 %) smo z vodo razredčili na 50 ml. Druga raztopina: 0,625 g

amonijevega vanadata smo raztopili v vroči vodi, ohladili, dodali 5 ml  $\text{HNO}_3$  (65 %) in razredčili z vodo do 100 ml. Tretja raztopina: 12,5 g amonijevega heptamolibdata smo raztopili v vroči vodi in razredčili do 200 ml. Vse tri raztopine smo zmešali skupaj v volumskem razmerju 1 : 1 : 1.

Pri pripravi raztopin smo uporabili ultra čisto vodo (Milli-Q) z upornostjo  $18,2 \text{ M}\Omega \cdot \text{cm}$

### 3.6 Analizni postopki

#### 3.6.1 Določanje mineralov

##### Kislinski razkroj vzorcev

Kislinski razkroj vzorcev z mikrovalovi smo izvedli po postopku, ki so ga razvili Kristl in sod. (2002). Vzorce liofiliziranega in zmletega tara smo najprej stehali v politetrafluoro etilenske (PTFE) posodice za mikrovalovni razklop ( $0,4000 \pm 0,0001 \text{ g}$ ). Dodali smo 5 ml 65 %  $\text{HNO}_3$ , 1 ml 30 %  $\text{HCl}$  in 150  $\mu\text{l}$  40 %  $\text{HF}$ . Posodice smo zaprli z zamaški in jih postavili v mikrovalovno pečico. Kislinski razklop je potekal v štirih stopnjah, kjer smo postopno zviševali moč mikrovalovne pečice. Med tretjo in četrto stopnjo smo raztopine ohladili in dodali 150  $\mu\text{l}$   $\text{H}_3\text{BO}_3$  za odstranitev presežne  $\text{HF}$ . Po končanem razklopu smo vzorce ohladili do sobne temperature, raztopine prelili v 25 ml merilne bučke in dopolnili do oznake z vodo. Vsi vzorci so bili pripravljani v dveh ponovitvah. Z vsako serijo vzorcev smo pripravili tudi slepi vzorec, in kontrolni vzorec s katerim smo preverjali pravilnost analiznega postopka. Kontrolni vzorci so bili certificirani referenčni materiali: zrnje koruze (NIST 8433), listi jablan (NIST 1515), borove iglice (NIST 1575) in listi breskev (NIST 1547).

##### Določanje K

Kalij smo določali v raztopinah vzorcev s plamensko emisijsko spektrometrijo. Merili smo intenziteto emitirane svetlobe pri valovni dolžini 776,5 nm. V 25 ml merilno bučko smo odpipetirali 2,5 ml raztopine K s koncentracijo 1 g/l in dopolnili do oznake. Z nadaljnjim redčenjem smo pripravili pet raztopin s koncentracijami K v območju od 0,50  $\mu\text{g/ml}$  do 2,50

$\mu\text{g/ml}$ . Vzorci smo redčili v 50 ml bučkah tako, da smo odpipetirali 0,4 ml raztopine vzorca, dodali 1 ml raztopine CsCl in dopolnili do oznake z vodo.

### Določanje P

Koncentracijo P v raztopinah po mikrovalovnem razklopu vzorcev tara smo izmerili z merjenjem absorpcije rumeno obarvanega kompleksa, ki nastane po dodatku amonijevega molibdat/vandata.

En ml standardne raztopine fosfata (1 g/l) smo odpipetirali v 50 ml bučko in dopolnili do oznake. Iz te raztopine smo nato pripravili raztopine s koncentracijami P 0,734  $\mu\text{g/ml}$ , 0,979  $\mu\text{g/ml}$ , 1,958  $\mu\text{g/ml}$ , 2,937  $\mu\text{g/ml}$  in 3,916  $\mu\text{g/ml}$ . K raztopinam z različnimi koncentracijami P in k raztopinam vzorcev (1 ml) smo dodali 3,5 ml amonijevega molibdat/vandat reagenta, dopolnili z vodo do 10 ml in dobro premešali. Raztopine smo pustili stati 60 minut na sobni temperaturi, da se je razvila rumena barva. Absorbance standardnih raztopin in raztopin vzorcev smo izmerili pri valovni dolžini 406 nm.

### Določanje Cu, Fe, Mn, Cd in Pb

Merjenje koncentracij Cu, Fe, Mn, Cd in Pb v raztopinah po razklopu vzorcev smo izvedli z elektrotermično atomsko absorpcijsko spektrometrijo (ETAAS). Atomizacija Cu, Mn, Fe je potekala v grafitni cevki, prevlečeni s pirolitskim grafitom, atomizacija Cd in Pb pa na grafitni platformi, vstavljeni v grafitno cevko. Pred merjenjem smo pripravili slepo raztopino in standardno raztopino z znano koncentracijo analita. Po izmerjenih površinah absorpcijskega signala slepe raztopine in raztopin z znano koncentracijo analita je računalniški program instrumenta pripravil umeritveno krivuljo. Raztopine vzorcev smo redčili z vodo v 10 ml bučkah, jih prelili v polietilenske posodice ter vstavili v avtomatski podajalnik vzorcev. Pri meritvah posameznih elementov smo uporabljali eksperimentalne pogoje, ki so navedeni v preglednici 2.

**Preglednica 2:** Eksperimentalni pogoji za merjenje posameznih elementov z ETASS

**Table 2:** Experimental conditions for determination of individual elements by ETASS

Element	Valovna dolžina (nm)	Koncentracija standardne raztopine (ng/ml)	Območje umeritvene krivulje (ng/ml)	Temperatura vročega injiciranja vzorca (°C)	Volumen vzorca (µl)	Redčenje vzorca (ml/ml)
Cu	324,8	20	4 - 24	40	15	1/10
Fe	248,3	20	2 - 10	10	10	0,3/10
Mn	279,5	5	1 - 4	40	10	0,1/10
Cd	228,8	1	0,1 - 0,5	40	10	1/5
Pb	236,8	10	5 - 20	100	15	/

/- vzorca nismo redčili

Določanje Ca, Mg in Zn

Koncentracije Ca, Mg in Zn v raztopinah po razklopu vzorca smo izmerili s plamensko atomsko absorpcijsko spektrometrijo (FAAS). Eksperimentalni pogoji, ki smo jih uporabili pri meritvah, so navedeni v preglednici 3.

**Preglednica 3:** Eksperimentalni pogoji za merjenje posameznih elementov z FAAS

**Table 3:** Experimental conditions for determination of individual elements by FAAS

Element	Valovna dolžina (nm)	Območje umeritvene krivulje (µg/ml)	Redčenje vzorca (mL/ml)
Ca	422,7	0,50 - 3,0	1/10
Mg	285,2	0,1 - 1,2	1/50
Zn	213,9	0,2 - 1,2	/

/- vzorca nismo redčili

### 3.6.2 Določanje skupnega dušika

Dušik smo določili po standardnem postopku AOAC (1995), ki smo ga prilagodili za naše vzorce. Dušik, vezan v organskih spojinah, smo s kislinskim razklopom pretvorili v  $\text{NH}_3$ , ki je s  $\text{H}_2\text{SO}_4$  tvoril amonijevo sol  $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ . Iz amonijeve soli smo z dodatkom močne baze (NaOH) izpodrinili  $\text{NH}_3$  in ga uvajali v predložko z znano množino  $\text{H}_2\text{SO}_4$ .

V steklene epruvete smo natehtali  $1.0000 \pm 0,0010$  g vzorca, dodali dve tableti katalizatorja in 20 ml 98 %  $\text{H}_2\text{SO}_4$ . Epruvete smo postavili v grelni blok ( $360^\circ\text{C}$ , 3 ure). Po končanem razklopu smo raztopine ohladili. Pred destilacijo smo epruvete sprali z 20 ml vode in dodali 32 % raztopino NaOH. Amoniak smo uvajali v znano množino  $\text{H}_2\text{SO}_4$  in prebitno kislino titrirali z 0,1 M raztopino NaOH. Istočasno smo pripravili slepo raztopino in fenilalanin, s katerim smo kontrolirali pravilnost analiznega postopka. Vsebnost surovih proteinov smo izračunali tako, da smo % N pomnožili s 6,25 ( $\text{N} (\%) \times 6,25$ ).

### 3.6.3 Določanje škroba

Vsebnost škroba smo določili po postopku, ki je priložen h kitu za določanje celokupnega škroba (Megazyme, Total Starch Assay Procedure). Metoda je preprosta, kvantitativna ter zanesljiva in je bila sprejeta s strani AOAC (2005).

V 50 ml cetrifugirke smo odtehtali 100 mg vzorca. Dodali smo 15 ml 80 % etanola. Suspenzijo smo postavili v vodno kopel pri  $85^\circ\text{C}$  za 5 minut in jo nato centrifugirali (7500 rpm, 15 minut). Supernatant smo previdno odlili in ga zavrgli. Tako smo odstranili glukozo in maltodekstrine, ki so lahko prisotni v vzorcu. K trdemu preostanku smo dodali termostabilno  $\alpha$ -amilazo, suspenzijo premešali na vibracijskem stresalniku in jo inkubirali na vreli vodni kopeli 6 minut. Vsaki 2 minuti smo suspenzijo premešali. Nato smo suspenzijo ohladili na  $50^\circ\text{C}$ , dodali 0,1 ml amiloglukozidaze, premešali in inkubirali 30 min v vodni kopeli pri  $50^\circ\text{C}$ . Suspenzije smo kvantitativno prelili v 100 ml bučko in dopolnili do oznake z vodo. Alikvot te raztopine smo centrifugirali 10 min pri 11000 rpm. Bistro raztopino (0,1 ml) smo prenesli v epruveto, dodali 3,0 ml GOPOD reagenta in inkubirali 20 minut pri  $50^\circ\text{C}$ . Po istem postopku smo pripravili kontrolni vzorec (koruzni škrob z vsebnostjo škroba 89 %). Slepo raztopino in

standardno raztopino D-glukoze smo pripravili tako, da smo k 0,1 ml vode oziroma standardne raztopine D-glukoze (1 mg/l) dodali 3 ml GOPOD reagenta. Absorbance standardne raztopine in raztopin vzorcev smo izmerili pri valovni dolžini 510 nm. Vsak vzorec smo analizirali v treh ponovitvah.

#### 3.6.4 Določanje nitratov

Nitrate smo ekstrahirali iz liofiliziranih vzorcev tara po postopku, ki so ga uporabili Kobayashi in sod. (2011). Metodo smo nekoliko modificirali. Zmlete vzorce (0,5000 g) smo stehali v 50 ml centrifugirke in dolili približno 20 ml vode, ki smo jo predhodno segreti na 90 °C. Suspenzijo smo premešali in jo kvantitativno prelili v 50 ml steklene bučke ter dolili vodo (90 °C) do volumna približno 45 ml. Bučke smo postavili za 30 min v vodno kopel pri 90 °C in jih vsakih 10 minut premešali. Suspenzije smo ohladili na sobno temperaturo in bučke dopolnili do oznake z vodo. Alikvot te raztopine smo centrifugirali pri 7500 rpm 20 minut. Supernatant smo odpipetirali v mikrocentrifugirke in ga centrifugirali na 11500 rpm 15 minut. Bistre raztopine smo prefiltrirali skozi 0,45 µm filtre in jih do analize zamrznili na -20 °C. Vsak vzorec smo ekstrahirali v dveh ponovitvah.

Koncentracije nitrata v ekstraktih smo merili z ionsko kromatografijo (IC) na Fakulteti za kemijo in kemijsko tehnologijo Univerze v Mariboru. Ločevanje ionov je potekalo na koloni IonPac AS12A (4 mm x 200 mm, Dionex) opremljeni s predkolono Ion Pac CG15 (4 mm (10 – 32), Dionex ), pri pretoku mobilne faze 1,5 mg/l. Merili smo električno prevodnost eluiranih ionov. Posamezne ione v ekstraktih vzorcev smo identificirali s primerjavo retencijskih časov s standardnimi raztopinami. Koncentracijo nitratnih inov v ekstraktih vzorcev smo dobili s primerjavo površine kromatografskih vrhov ionov v ekstraktih s površinami vrhov standardnih raztopin. Umeritveno krivuljo smo pripravili v koncentracijskem območju nitrata od 1,00 mg/l do 40,00 mg/l. Zajemanje in obdelava podatkov je bilo vodeno z računalniškim programom Star Chromatography, Varian Version 4,5.

### 3.7 Statistična obdelava podatkov

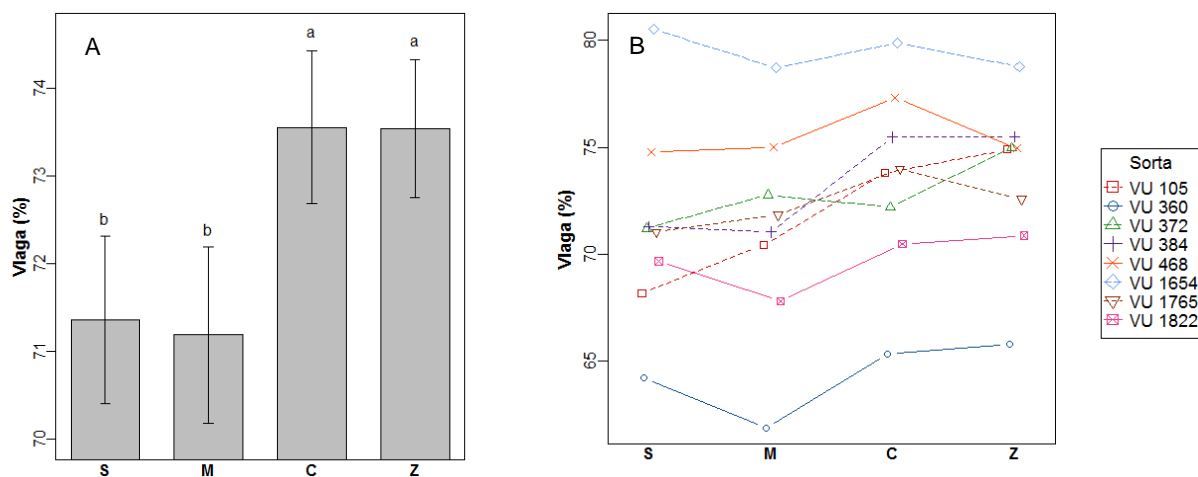
Statistično analizo rezultatov, ki smo jih dobili za različne dele kormov tara, smo opravili s pomočjo statističnega programskega paketa R (Team R Core, 2014). Povprečne vrednosti, standardni odkloni in koeficienti variabilnosti so bili izračunani za vsak korm posebej. Vsakega od parametrov (vsebnost škroba, proteinov, mineralov in nitratov), merjenih v različnih delih korma, smo kot odvisne spremenljivke vključili v svoj linearni mešani model, ki smo ga izračunali s pomočjo funkcije *lmer* iz knjižnice *lme4* (Bates in sod. 2014). Pri analizi vsebnosti nitratov smo odvisno spremenljivko logaritemsko transformirali, da so bile izpolnjene predpostavke o normalnosti in homoskedastičnosti. Posamezen del korma je bil definiran kot fiksni faktor, medtem ko sta bila posamezna rastlina in kultivar definirana kot naključna dejavnika. S tem smo upoštevali odvisnost med posameznimi deli iste rastline in med posameznimi rastlinami istega kultivarja. Pri tem smo predpostavili, da je osem naključno izbranih kultivarjev vključenih v študijo predstavljalo reprezentativni vzorec sort tara, ki rastejo na otokih države Vanuatu; *kultivar* je zato predstavljal naključni dejavnik. Za parne primerjave posameznih delov korma smo uporabili Tukeyev test (Hothorn in sod. 2008).

Statistična analiza rezultatov kemijskih analiz, ki smo jih dobili pri spremljanju nalaganja substanc tekom vegetacijske dobe, je bila izvedena s pomočjo statističnega programskega paketa R (Team R Core, 2014). Povprečne vrednosti, standardne deviacije in ekstremne vrednosti (maksimumi, minimum) smo izračunali za vsak MPS posebej. Za analizo razlik med vsebnostmi posameznih substanc v različnih MPS je bil uporabljen linearni mešan model, s pomočjo *lmer* funkcije iz knjižnice *lme4* (Bates in sod. 2014). Vsebnosti posameznih substanc so bile opredeljene kot odvisne spremenljivke. Odvisne spremenljivke (vsebnosti K, Ca, Cu, Cd in Fe) smo logaritemsko transformirali, da smo izpolnili predpostavki o normalnosti in homoskedastičnosti. Spremenljivke *MPS* so bile opredeljene kot fiksni faktor, medtem ko je bila spremenljivka *kultivar* opredeljena kot naključni faktor, tako smo upoštevali odvisnost med rastlinami istega kultivarja. Pri tem smo predpostavili, da je trinajst naključno izbranih kultivarjev, vključenih v študijo, predstavljalo reprezentativni vzorec večine sort, ki rastejo na otokih države Vanuatu; *kultivar* je zato predstavljal naključni dejavnik. Za parne primerjave smo uporabili Tukeyev test, pri tem smo uporabili funkcijo *cdi* iz knjižnice *lsmeans* (Hothorn in sod. 2008; Lenth in Hervé 2014).

## 4.0 REZULTATI Z DISKUSIJO

### 4.1 Distribucija vlage v štirih analiziranih delih korma tara

Deleži vlage so bili podobni med spodnjim in marginalnim delom ter med centralnim in zgornjim delom (Grafikon 1 A, Preglednica 4). Študija je pokazala, da je bila vsebnost vlage pri kultivarjih VU 105, VU 384, VU 1765 in VU 1822 najvišja v centralnem in zgornjem delu (Grafikon 1 B). Pri kultivarju VU 468 je bila najvišja vrednost določena v centralnem delu, pri kultivarju VU 1654 pa v spodnjem delu. Poudariti je treba, da razlike med posameznimi deli niso bile velike (spodnji 71,3 %; zgornji 73,6 %) in so bile verjetno posledica razlike v času dozorevanja in velikosti samih kormov. Podatki raziskave o vsebnosti vlage iz literature so pokazali, da je bila vsebnost vlage močno povezana s prehransko kakovostjo korma. Kormi z nižjo vsebnostjo vlage oz. z višjo vsebnostjo suhe snovi, so bili bolj zaželeni v prehrani in so bili ocenjeni kot boljši, medtem ko so kormi z višjo vsebnostjo vlage veljali za manj zaželene (Lebot in sod. 2004).



**Grafikon 1:** A - povprečna vsebnost vlage v posameznih delih korma tara; B - povprečna vsebnost vlage pri posameznih analiziranih sortah; S, M, C, Z - deli korma (spodnji, marginalni, centralni, zgornji)

**Graph 1:** A - averages of moisture content in four analysed parts of taro corms; B - averages of moisture content in four analysed corm parts of the studied taro varieties (S, M, C, Z - lower, marginal, central and upper part, respectively)



**Preglednica 4:** Srednje vrednosti, standardne deviacije, mejne vrednosti vlage in koeficienti variabilnosti v štirih analiziranih delih korma tara

**Table 4:** Mean values, standard deviations, extreme values of the moisture content and coefficients of variation of the 4 analysed corm parts

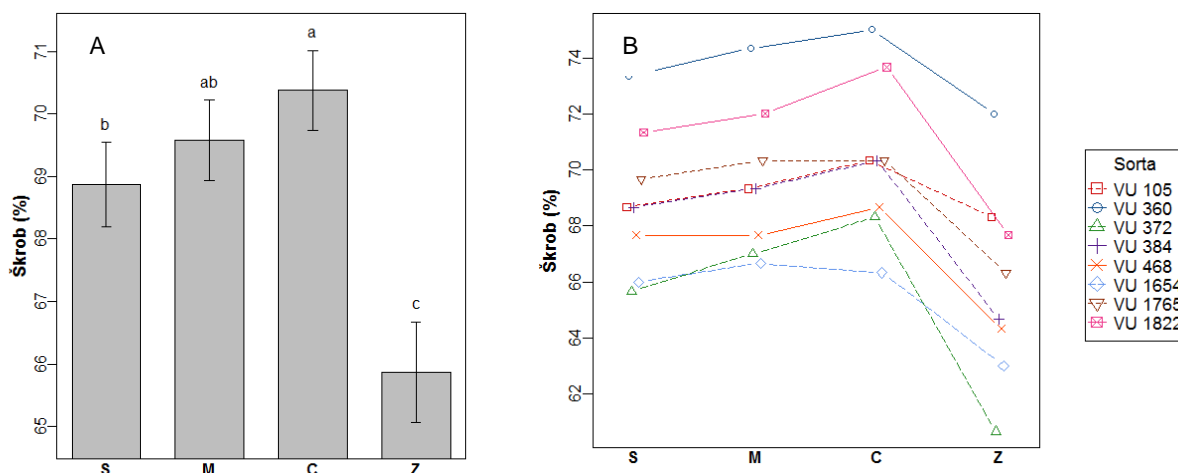
<b>Del korma</b>	<b>N</b>	<b>Povprečje (%)</b>	<b>St. Dev. (%)</b>	<b>Min. (%)</b>	<b>Max. (%)</b>	<b>CV (%)</b>
Spodnji	24	71,4	4,7	63,6	81,2	6,6
Marginalni	24	71,2	4,9	61,0	80,0	6,9
Centralni	24	73,6	4,3	64,8	80,6	5,8
Zgornji	24	73,5	3,8	65,3	79,6	5,2

#### 4.2 Distribucija škroba v štirih analiziranih delih korma tara

Najvišjo vsebnost škroba smo določili v centralnem delu (70,4 %). Nekoliko nižji vrednosti sta bili v marginalnem (69,5 %) in spodnjem delu (68,8 %). Značilno najnižjo vrednost smo izmerili v zgornjem delu (65,8 %) (Grafikon 2 A). V vseh delih korma je bila najvišja vsebnost škroba izmerjena pri kultivarju VU 360. Kultivarja z najnižjo vrednostjo škroba sta bila VU 372 in VU 1654 (Grafikon 2 B).

Premeščanje ogljikovih hidratov v celotni rastlini je proces, kjer se produkti asimilacije atmosferskega CO<sub>2</sub> transportirajo iz listov (organov nastanka), preko floemskega dela žil do tkiv in organov, ki niso fotosintezno aktivni (organi ponora), ali pa je njihova lastna asimilacija ogljika nezadostna (Bihmidine in sod. 2013). Aktivna tkiva porabljajo asimilate za lastne potrebe, hkrati pa z njimi oskrbujejo tkiva in organe, ki niso fotosintezno aktivni. Fotoasimilati se iz listov prenašajo v druge dele rastline po floemu. Po floemu se ob sladkorju prenašajo tudi aminokisliline, amidi, organske kisline, mineralna hranila in proteini (Vodnik 2012). V založnih tkivih je pogostejši apoplastni način odlaganja, kjer spojine preidejo iz celic sitastih cevi najprej v ekstracelularni prostor, od tam pa jih privzamejo celice porabniškega tkiva (Stark in sod. 1992, Kladnik 1999). Snovni tok floemske tekočine, ki omogoča nalaganje asimilatov v organih ponora je odvisen od metabolizma sladkorjev in se vedno usmerja od mest, ki so vir asimilatov proti ponorjem. Moč ponora je zmožnost ponornih

organov, da "privlačijo" in nalagajo fotoasimilate iz nadzemnih organov v organe, ki niso fotosintezno aktivni. Asimilati potujejo do porabnika, ki do vira izraža največjo tlačno razliko, če mu to omogoča žilna povezava med virom in ponorom (Marschner 1995).



**Grafikon 2:** A - povprečna vsebnost škroba v posameznih delih korma tara; B - povprečna vsebnost škroba pri posameznih analiziranih sortah; S, M, C, Z - deli korma (spodnji, marginalni, centralni, zgornji)

**Graph 2:** A - averages of starch content in four analysed parts of taro corms; B - averages of starch content in four analysed corm parts of the studied taro varieties (S, M, C, Z - lower, marginal, central and upper part, respectively)

Raziskava, ki jo navajata Sefa-Dedeh in Agyir-Sackey (2004) in je prav tako zajemala meritve kemijske sestave kormov tara, je zaznala drugačno razporeditev škroba. Najvišje vrednosti so bile izmerjene v zgornjem delu, medtem ko sta centralni in spodnji del vsebovala nižje vrednosti in se med seboj nista razlikovala. Do razlik v rezultatih prihaja predvsem zaradi nekoliko drugačnega razreza korma po vzorčenju. Naš osrednji oz. centralni del zajema zajeten del njihovega distalnega (spodnjega) dela in ničesar od njihovega apikalnega dela. Naš apikalni del zajema del njihovega osrednjega dela, vrh našega apikalnega dela pa je nekoliko višje od njihovega. Pri pripravi vzorcev smo korm razrezali tako, da smo na vrhu pustili del tkiva za t. i. "headset" (del stebela, ki je namenjen za vegetativno razmnoževanje), na dnu pa smo odrezali le del, ki je zajemal tkivo prejšnje sezone. Uporabni ali užitni del ('edible part' oz. del namenjen za prehrano), ki ga omenjajo v raziskavi, je bil veliko manjši od tistega, ki smo ga razrezali mi. Njihova delitev je temeljila na razmerjih mas spodnjega, srednjega in zgornjega dela (2 : 3 : 1), medtem ko je naša delitev temeljila na razmerjih debelin (višine

posameznih delov (1 : 2 : 1)). Če upoštevamo drugačnost razreza kormov, lahko zaključimo, da je visoka vsebnost v našem centralnem delu povsem primerljiva z visoko vrednostjo v njihovem zgornjem delu.

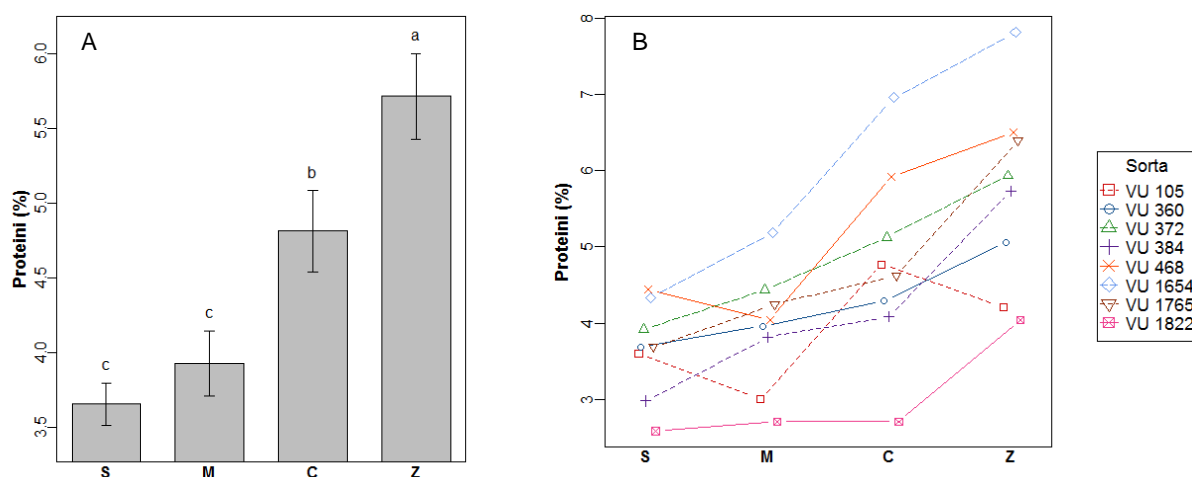
Z nalaganjem škroba v različnih predelih gomoljev krompirja se ukvarja Viola (2000). Raziskava poroča, da se v začetnih in zgodnjih fazah razvoja gomolja, škrob v višjih koncentracijah nahaja v novonastalih celicah, ki se delijo predvsem v apikalnem tkivu gomoljev (podobno poročajo za proteine). V času poznejšega razvoja in ob sami zrelosti so višje vsebnosti škroba določili v perimedularni coni, ki se nahaja v bazalnem delu gomoljev. Jenner (1982) prav tako poroča, da se več škroba pri krompirju ob polni zrelosti nalaga v starejšem bazalnem predelu gomoljev. Obratno je bilo ugotovljeno za jam, kjer so višje koncentracije škroba izmerili v najmlajšem apikalnem delu in proti centru (Muthukumarasamy in Panneerselvam 2000). Naše vrednosti kažejo na to, da so vrednosti v apikalnem delu najmanjše, verjetno tukaj ne prihaja do pretvorbe saharoze v škrob, ampak se metabolizem zgodi šele po prenosu v amiloplaste v že razvitih celicah.

Biosinteza in regulacija celičnih sten je prav tako pomembna za delovanje moči ponora. Za mlade strukture in celice je značilno, da se hitreje delijo, to pa je povezano z intenzivnejšo translokacijo in porabo ogljikovih hidratov, namenjenih za izgradnjo celičnih sten (Sturm in Tang 1999). Ker zgornji apikalni del pri taru predstavlja najmlajše razvijajoče se tkivo, se del ogljikovih hidratov verjetno porablja za izgradnjo celičnih sten in se ne pretvori v škrob, kar lahko razloži najnižje izmerjene vrednosti škroba v zgornjem delu kormov.

#### **4.3 Distribucija surovih proteinov v štirih analiziranih delih korma tara**

Delež proteinov v gomoljih je odvisen od genotipa in rastnih razmer in lahko zelo variira (Tegeder in Rentsch 2010). Raziskave so potrdile različno razporeditev surovih proteinov po kormu tara (Grafikon 3 A). Najvišje vsebnosti smo izmerili v zgornjem delu (5,8 %). Signifikantno nižje vsebnosti so bile določene v centralnem delu (4,8 %), marginalnem (3,9 %) in spodnjem delu (3,6 %). Marginalni in spodnji del se v vsebnosti surovih proteinov med seboj nista signifikantno razlikovala. Največ surovih proteinov smo izmerili v kultivarju VU 1654 (6,1 %) in najmanj v kultivarju VU 1822 (3,1 %) (Grafikon 3 B). O najvišjih vsebnostih surovih proteinov v najmlajšem tkivu korma tara (zgornji del) poročata tudi Sefa-

Dedeh in Agyir-Sackey (2004). Surovi proteini so podobno porazdeljeni tudi v gomoljih jama. Največ so jih izmerili v zgornjem in najmanj v spodnjem delu gomoljev (Ferguson in sod. 1980). Predhodna raziskava Bradbury in Holloway (1988) pa je pokazala, da delež surovih proteinov v kormu tara narašča v horizontalni smeri od zunanega proti notranjemu delu korma, kar se ujema z našimi rezultati. Do razlik je prišlo v vertikalni smeri, kjer je vsebnost surovih proteinov v omenjeni razikavi naraščala od zgornjega proti spodnjemu delu.



**Grafikon 3:** A - povprečna vsebnost surovih proteinov v posameznih delih korma tara; B - povprečna vsebnost surovih proteinov pri posameznih analiziranih sortah; S, M, C, Z - deli korma (spodnji, marginalni, centralni, zgornji)

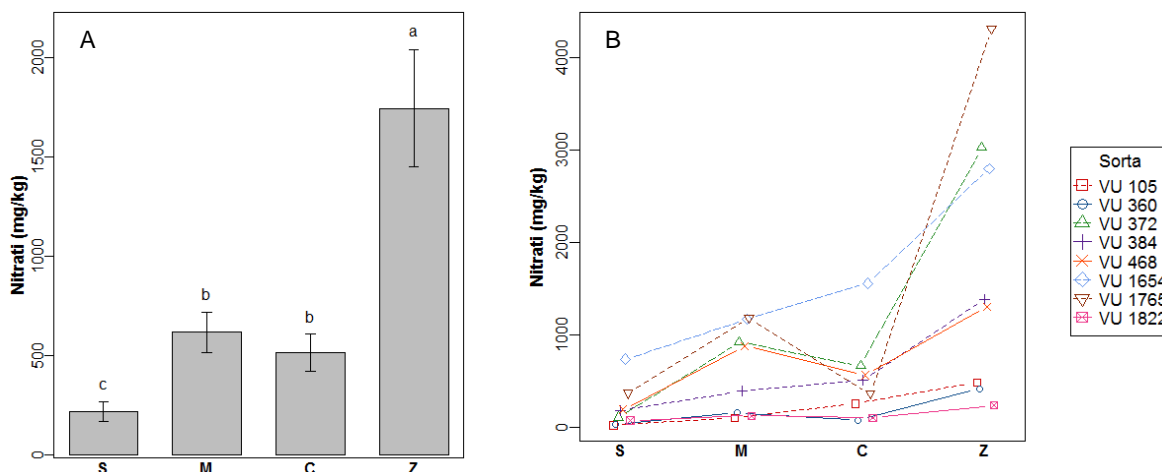
**Graph 3:** A - averages of crude protein content in four analysed parts of taro corms; B - averages of crude protein content in four analysed corm parts of the studied taro varieties (S, M, C, Z - lower, marginal, central and upper part, respectively)

#### 4.4 Distribucija nitratov v štirih analiziranih delih korma tara

Vsebnost nitratov se je med posameznimi kultivarji in deli korma zelo razlikovala (Grafikon 4 A). V zgornjem delu je bila med 240 mg/kg pri kultivarju VU 1822 in 4309 mg/kg pri kultivarju VU 1765 (Grafikon 4 B). V spodnjem delu so se vrednosti gibale med 25 in 740 mg/kg in so bile 3,1 in 26,9 krat nižje v primerjavi z zgornjim delom istega kultivarja. Dobljeni rezultati so pokazali, da so kultivarji z višjimi vsebnostmi nitratov v zgornjem delu v večini kazali višje vsebnosti tudi v ostalih delih. Pri posameznem kultivarju smo zaznali precejšnje variacije v vsebnosti nitratov med posameznimi vzorci istega dela korma (vsak kultivar je bil zastopan s tremi rastlinami), z maksimalnim koeficientom variabilnosti (CV)

52,6 % (Preglednica 5). Posebnost je bil kultivar VU 1654, kjer CV ni presegal 15,7 % v nobenem delu korma. Glede na to da je taro rasel v bolj ali manj enakih okoljskih razmerah (ista parcela), lahko variacije znotraj istega genotipa pripišemo razlikam v razpoložljivosti mineralnega dušika v tleh in značilnostim, ki so povezane z individualnim fiziološkim razvojem oz. rastjo posameznih rastlin (Weightman in sod. 2006). Kultivarja VU 1654 in VU 1765 sta imela med vsemi kultivarji najvišje vsebnosti v marginalnem delu (1169 in 1187 mg/kg). Vsebnosti nitratov v centralnem delu, ki je pomemben za prehrano, so variirale med 82 mg/kg (VU 360) in 1558 mg/kg (VU 1654). V literaturi smo zasledili le eno študijo, primerljivo z našo. Vsebnost nitratov tara gojenega na Fidžiju (vzorci so bili nabavljeni na lokalni tržnici) je nihala med 118 mg/kg in 818 mg/kg sveže snovi (Chetty in Prasad 2009). Te vrednosti so bile precej višje v primerjavi z našimi, če jih podamo na svežo snov (29 – 313 mg/kg). Razlike bi lahko pripisali dejstvu, da pridelovalci na Fidžiju uporabljajo mineralna gnojila, saj na ta način lahko pridelajo večje korme (Gouveia 2002). Dušik je vsekakor najbolj pomemben mineral, ki vpliva na intenzivnost razvoja tara, še posebej, če je ta v nitratni obliki (Miyasaka in sod. 2003). Dušikova gnojila so eden izmed glavnih dejavnikov za povišane vsebnosti nitratov v zelenjavi (Santamaria 2006). Vzrok za nižje vrednosti nitratov v naši raziskavi je verjetno odsotnost mineralnih gnojil. Vidne razlike med našo in prej omenjeno študijo Chetty in Prasad (2009) so lahko tudi genetske narave. Statistična analiza v naši raziskavi daje vedeti, da je bil delež variance, ki ga pripisujemo razliki med posameznimi kultivarji 80,4 %.

Najvišje povprečne vrednosti (izračunane na osnovi vseh obravnavanih kultivarjev) so bile izmerjene v zgornjem delu (1123 mg/kg) (Grafikon 4). V ostalih delih so bile nižje in so padale od marginalnega (403 mg/kg) proti centralnemu (345 mg/kg) in spodnjemu delu (126 mg/kg). Marginalni in centralni del se v vsebnosti nitrata nista značilno razlikovala. Če primerjamo povprečne vsebnosti nitratov v marginalnem, centralnem in zgornjem delu, so le-te večje za 3,2; 2,7 in 8,9 krat od spodnjega dela. Korelacijska povezanost vsebnosti nitratov med posameznimi deli je bila zelo močna (med 0,73 in 0,87) (Preglednica 5).



**Grafikon 4:** A - povprečna vsebnost nitrata v posameznih delih korma tara; B - povprečna vsebnost nitrata pri posameznih analiziranih sortah; S, M, C, Z - deli korma (spodnji, marginalni, centralni, zgornji)

**Graph 4:** A - averages of nitrate content in four analysed parts of taro corms; B - averages of nitrate content in four analysed corm parts of the studied taro varieties (S, M, C, Z - lower, marginal, central and upper part, respectively)

Zgornji del skupaj z listnimi peclji predstavlja sadilni material prihodnje vegetacije. V času začetne rasti ta zgornji del predstavlja poglavitno zalogo hranilnih snovi. Nitrati ki so, skupaj z nekaterimi asimilati in minerali, shranjeni v zgornjem delu korma in v pecljih listov služijo kot zaloga, ki je potrebna v zgodnjih fazah razvoja rastline, ko korenine še niso razvite. Od tu se hranilne snovi v zgodnji fazi remobilizirajo in translocirajo do delov, ki najprej začnejo poganjati, to pa so korenine in poganjki (Marschner 1995). Vsebnost nitrata je bila najvišja v času sajenja in nato padla za 35 % v prvih 15 dneh po sajenju. Nato je njihova vsebnost ostala dokaj nespremenjena vse do 33 dneva po sajenju (Jacobs in Chand 1992). V teku rasti zgornji del postopoma postaja vse starejši oz. spodnji, ki je biokemijsko malo aktiven in ima tako najnižjo vsebnost nitrata ionov.

**Preglednica 5:** Koeficienti variabilnosti (%) za vsebnost nitratov v različnih delih korma tara pri različnih kultivarjih in Spearmanovi korelacijski koeficienti za koncentracijo nitratov

**Table 5:** Coefficients of variation (%) for the nitrate levels in different parts of taro corms of the studied cultivars, and Spearman's correlation coefficients for the nitrate concentrations.

<b>Koeficient variabilnosti (%)</b>				
kultivar	spodnji	marginalni	centrali	zgornji
VU 105	14,4	28,2	17,4	7,4
VU 1654	14,8	15,7	6,5	15,2
VU 1765	23,2	23,4	21,6	1,3
VU 1822	30,5	50,6	46,0	48,6
VU 360	52,6	32,6	28,4	38,3
VU 372	18,1	50,5	50,1	29,5
VU 384	22,8	23,1	10,5	26,9
VU 468	33,3	41,2	12,8	29,6
<b>Spearmanov korelacijski koeficient</b>				
	spodnji	marginalni	centralni	
marginalni	0,85*			
centralni	0,77*			
zgornji	0,77*	0,87*	0,73*	

\* Korelacija je signifikantna pri stopnji značilnost  $\alpha = 0,001$

Sadike, ki jih uporabimo za novo sajenje tara, sestavljajo listni peclji in apikalni (zgornji) del korma prejšnje generacije. Vzpostavitev nove rasti v prvih dneh po sajenju je močno odvisna od zaloge asimilatov in mineralov, shranjenih v tem delu. Ko se kasneje razvijejo korenine in listi, te zaloge niso več tako nujno potrebne in nadaljnja rast ni več odvisna od teh zalog. Študija, ki jo navaja Goenaga (1995) in se je ukvarjala z vsebnostjo vlage v različnih delih rastline v času razvoja tara, kaže, da se v prvih treh mesecih razvijajo le listni peclji, korenine in listne ploskve. Maksimalen razvoj listne mase je bil zaznan v četrtem mesecu po sajenju. Predpostavimo lahko, da se večina nitratov v rastlino nalaga prav v času hitrega razvoja listov in nadzemnih delov. Ko ioni nitratov vstopijo v rastlino, se transportirajo po ksilemu do novonastalih listov, kjer poteka njihova redukcija in nastajajo aminokisljine. Glede na raziskave, ki so jih izvedli Liang in sod. (2011) na kolerabici (*Brassica oleracea* L. var. *gongylades* L.), tkivo, ki je najbližje zgornji regiji (zgornjemu delu korma), vsebuje več

nitratov kot ostali deli. Tudi za kolerabico je značilen korm, čeprav ima nekoliko drugačno anatomsko zgradbo kot taro, vendar lahko predpostavimo, da je transport nitratov pri taru podoben transportu pri kolerabici. Pri kolerabici je transport potekal po najkrajši poti, največ nitratov je bilo v zgornjem delu. Taro se od kolerabice razlikuje po tem, da ima korenine razporejene skoraj po vsem marginalnem delu korma, pri kolerabici pa so koncentrirane na spodnjem delu. Druga posebnost tara je, da tvori stranske poganjke in stolone, ki vsebujejo liste in zasnove kormov. Na ta način lahko predvidevamo, kje so najkrajše poti nitratov med koreninami, glavnim kormom ter stranskimi poganjki in stoloni. V zrelem obdobju tara so prav stranski poganjki tisti, ki se hitreje razvijajo, saj rast nadzemnega dela glavnega korma pojenja. Nitrati so floemsko nemobilni in večina nitratov se do nadzemnih delov transportira po ksilemu (Marschner 1995). Zaradi nizke transpiracijske vrednosti glavnega korma se transport po ksilemu v ta del močno zmanjša. Nemobilnost nitratov v floemu in majhen transpiracijski koeficient glavnega korma omogočata, da se distribucija nitratov preusmeri proti novim stranskim poganjkom. To dejstvo lahko razloži tudi nižje vsebnosti nitratov v centralnem, marginalnem in spodnjem delu korma.

#### **4.5 Distribucija mineralov v štirih analiziranih delih korma tara**

V naši študiji je bila distribucija P, Mg, Fe, Cu in Cd dokaj podobna distribuciji proteinov in nitratnih ionov. Najvišje vrednosti teh mineralov smo določili v zgornjem in centralnem delu in med njima ni bilo signifikantnih razlik. Signifikantno nižje vrednosti smo določili v spodnjem in marginalnem delu, ki se po vrednostih med seboj tudi nista razlikovala. Drugačno distribucijo znotraj korma je imel Ca. Najvišje vrednosti Ca smo določili v spodnjem in marginalnem delu. Distribucija Zn je bila podobna distribuciji P, Mg, Fe, Cu in Cd z izjemo marginalnega dela, v katerem se vrednosti niso signifikantno razlikovale od vrednosti v zgornjem in centralnem delu. Kalija je bilo največ v centralnem delu. Nižje koncentracije, ki so bile evidentirane v zgornjem, spodnjem in marginalnem delu, se med seboj niso signifikantno razlikovale. Vsebnosti P, Mg, Fe, Cu in Cd, ki so bile višje v zgornjem delu, so se signifikantno razlikovale od vrednosti v spodnjem in marginalnem delu.

Koncentracije Cr in Pb so bile pod mejo določljivosti (LOQ). LOQ smo izračunali kot 10 kratnik standardnega odmika desetih meritev slepega vzorca, ki smo ga delili z naklonom

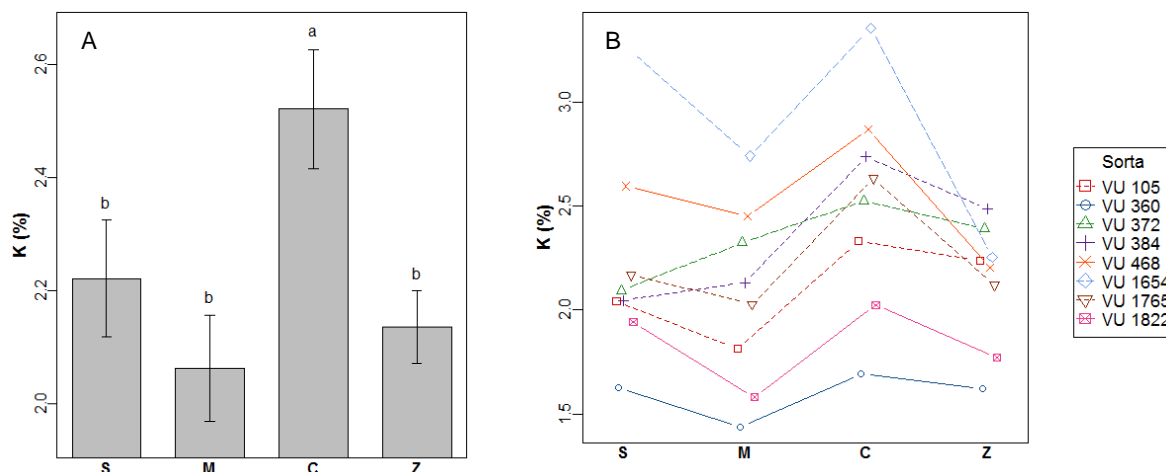


kalibracijske krivulje. LOQ za Pb je bila 2,15 ng/ml in za Cr 2,79 ng/ml. Vrednosti pri vseh kultivarjih in v vseh posameznih delih kormov so bile pod to mejno vrednostjo.

Raziskava Subramanian in sod. (2011) je pokazala, da imajo posamezni minerali znotraj gomolja krompirja različne modele nalaganja. Modeli nalaganja mineralov so odvisni od razvojne fiziologije gomoljev ter različnih mehanizmov, povezanih s transportom znotraj gomoljev. Organi z nižjim transpiracijskim koeficientom, kot so podzemni koreni in gomolji, morajo večino elementov prejeti s translokacijo iz nadzemnih organov (Baker in Moorby 1969). Rast in razvoj tara sta podobna sladkorni pesi oz. pesam nasploh, čeprav je prav tako veliko podobnosti s krompirjem. Oblikovanje in hiter razvoj korenin se začne kmalu po sajenju. V šestem mesecu se rast korenin močno upočasni, v tem času korm postaja glavni ponorni organ nutrientov. Število aktivnih listov upade in listni peclji postanejo krajši. Tu je treba upoštevati, da so korm in listi (z listnimi peclji) v botaničnem pomenu del istega vršnega sistema, vendar pa je 'zračni' (nadzemni) del izpostavljen povsem drugačnim vlivom okolja za razliko od podzemnih delov (Busse in Palta 2006).

#### 4.5.1 Kalij

Pri vseh analiziranih kultivarjih je bil K najbolj zastopan mineral v vseh analiziranih delih korma. Najvišje vsebnosti smo izmerili v centralnem delu, s povprečno vrednostjo 2,521 % in razponom med 1,655 % in 3,585 %. Med marginalnim, spodnjim in zgornjim delom ni bilo signifikantnih razlik ( $p < 0,05$ ) (Grafikon 5 A). Razlike so bile opažene med posameznimi kultivarji. Najnižje vsebnosti K v vseh štirih analiziranih delih so bile evidentirane pri kultivarju VU 360, medtem ko so bile najvišje vsebnosti v vsakem delu evidentirane pri kultivarju VU 1654 z izjemo zgornjega dela, kjer je bila vrednost nižja (Grafikon 5 B).



**Grafikon 5:** A - povprečna vsebnost kalija v posameznih delih korma tara; B - povprečna vsebnost kalija pri posameznih analiziranih sortah; S, M, C, Z - deli korma (spodnji, marginalni, centralni, zgornji)

**Graph 5:** A - averages of potassium content in four analysed parts of taro corms; B - averages of potassium content in four analysed corm parts of the studied taro varieties (S, M, C, Z - lower, marginal, central and upper part, respectively)

Kalij je najbolj zastopan kation v citoplazmi in se ne metabolizira, ampak tvori šibke komplekse, ki so mobilni v rastlini. Za K je značilna visoka mobilnost med posameznimi predeli rastline, tako znotraj posamezne celice, znotraj posameznih tkiv in med posameznimi tkivi na dolge razdalje preko ksilema in floema. Kalij se nahaja v visokih koncentracijah v citosolu, kjer je koncentracija stabilna, in v vakuolah, kjer se koncentracija lahko spreminja. Vakuole predstavljajo rezervni 'bazen' za K (Marschner 1995). Parenhimske celice v centralnem delu korma vsebujejo značilno večje vakuole kot celice ostalega tkiva v kormu (Harris in sod. 1992), kar bi lahko razložiti višje vsebnosti K v tem delu.

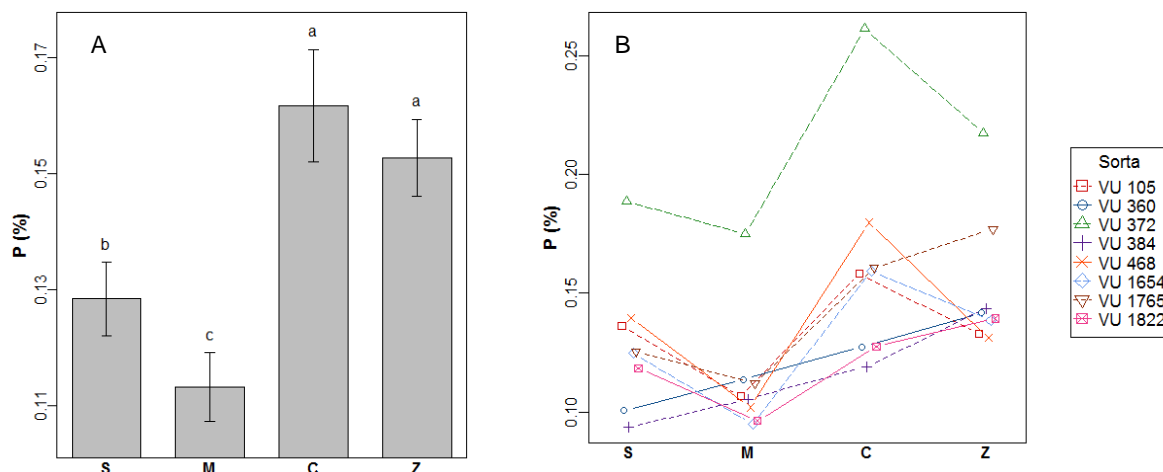
Kalij vpliva na presnovo sladkorjev, njihovo polimerizacijo in sintezo škroba. Ker so korenovke in gomoljevke veliki proizvajalci ogljikovih hidratov, imajo še posebej visoke zahteve za K. Kalij igra pomembno vlogo pri translokaciji asimilatov (še posebej saharoze) iz nadzemnih zelenih delov vse do založnih organov. Obstaja pozitivna korelacija med količino vnosa K, proizvodnjo škroba in bujnostjo rasti, kar kaže na to, da je dinamična faza K nadvse pomembna za gomoljevke in korenovke (Lindhauer in De Fekete 1990). Študija, ki so jo objavili Liu in sod. (2013) in se ukvarja z distribucijo asimilatov fotosinteze v gomoljih sladkega krompirja pri različnih tretiranjih s K kaže, da K neposredno vpliva na povečanje

suhe snovi gomoljev (za 69,45 %) in močno spodbuja distribucijo le-te iz nadzemnih organov v založne organe gomoljev. Izkazalo se je, da optimalna količina K zagotavlja bogato oskrbo gomoljev z asimilati v zgodnji in srednji fazi rasti, ter spodbuja translokacijo asimilatov v ponorno tkivo gomoljev v poznejši fazi rasti. Rezultati študije Sefa-Dedeh in Agyir-Sackey (2002) so potrdili, da so višje vsebnosti škroba v centralnem delu v primerjavi s spodnjim delom.

Sodelovanje K v sintezi sladkorjev razloži pojasni višje izmerjene vsebnosti v centralnem delu, vendar pa ne more razložiti nižje vsebnosti v zgornjem delu. Lahko predpostavimo, da distribucija K znotraj korma tara verjetno ni neposredno povezana z akumulacijo škroba. Pri tem moramo upoštevati tudi na primer energijski transport, ki je neodvisen od transpiracijskega toka vode in lahko vliva na samo distribucijo K znotraj kormov.

#### 4.5.2 Fosfor

Naša raziskava je pokazala, da je povprečna vsebnost P najvišja v centralnem delu (0,162 %), nato mu sledi zgornji del (0,153 %), spodnji del (0,128 %) ter marginalni del (0,113 %). Med vsebnostjo P v centralnem in zgornjem delu ni bilo signifikantnih razlik (Grafikon 6 A). Večja razlika v vsebnosti P je bila zaznana med centralnim in marginalnim delom, in to za kar 31 %. Pri distribuciji P med posameznimi kultivarji je bilo veliko podobnosti, delež variance med posameznimi kultivarji je bil nizek (4,5 %). Vsebnost P je bila v vseh delih korma najvišja pri kultivarju VU 372 (Grafikon 6 B). Naša raziskava potrjuje predhodno študijo (Sefa-Dedeh in Agyir-Sackey 2004), kjer je bila koncentracija P prav tako najvišja v zgornjem in centralnem delu.



**Grafikon 6:** A - povprečna vsebnost fosforja v posameznih delih korma tara; B - povprečna vsebnost fosforja pri posameznih analiziranih sortah; S, M, C, Z - deli korma (spodnji, marginalni, centralni, zgornji)

**Graph 6:** A - averages of phosphorus content in four analysed parts of taro corms; B - averages of phosphorus content in four analysed corm parts of the studied taro varieties (S, M, C, Z - lower, marginal, central and upper part, respectively)

Zaradi pomembne vloge v encimskih reakcijah mora biti količina P v celici natančno regulirana. Potrebno homeostazo rastline dosežejo s kombinacijo membranskega transporta in izmenjavo med različnimi znotrajceličnimi bazeni, kjer se nahaja P. Skladiščenje P je bistvenega pomena za uravnavanje presnovnih poti v citoplazmi in kloroplastih. Vakuole so skladiščni bazen za shranjevanje nemetabolnega P (anorganskega fosforja). Približno 85–95 % celotnega P se nahaja v celičnih vakuolah, preostali del se nahaja v citoplazmi, apoplastu in celičnem jedru (Marschner 1995, Schachtman in sod. 1998, Vodnik 2012). Višjo vsebnost P v centralnem delu lahko povežemo z večjimi vakuolami parenhimskih celic v centralnem delu korma.

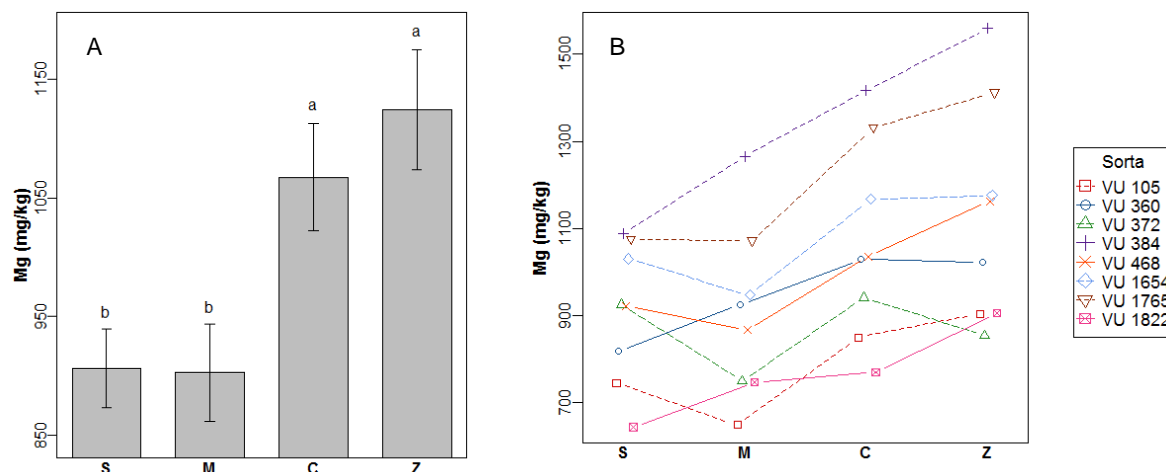
Raziskava, ki so jo objavili Subramanian in sod. (2011) in je preučevala distribucijo mineralov znotraj krompirja, je pokazala, da sta deleža P in škroba povezana, tako da distribucija P sledi razporeditvi škroba. Če primerjamo naše rezultate ugotovimo, da se višje vsebnosti P v centralnem delu res skladajo z višjimi vsebnostmi škroba v tem delu. Ne moremo pa razložiti višjih vsebnosti P v zgornjem delu, saj je v tem delu vsebnost škroba najnižja. Fosfor je v škrobu prisoten v obliki fosfatnih monoestrov in fosfolipidov. Fosfatni

monoestri so kovalentno vezani na amilopektin in vplivajo na funkcionalne značilnosti škroba (Buléon in sod. 2014).

#### 4.5.3 Magnezij

Mg je, glede na rezultate naše raziskave, bil bolj zastopan v zgornjem in centralnem delu korma tara s povprečno vsebnostjo 1124 mg/kg in 1068 mg/kg (Grafikon 7 A). Nobenih signifikantnih razlik ni bilo med vsebnostjo Mg v zgornjem in centralnem delu. Prav tako ni bilo signifikantnih razlik med spodnjim (906 mg/kg) in marginalnim (902 mg/kg) delom. Najvišje vsebnosti v vseh delih smo izmerili pri kultivarju VU 384 (Grafikon 7 B). Višje vsebnosti Mg v zgornjem in centralnem delu lahko razložimo z njegovo mobilnostjo oz. translokacijo.

Mg je najbolj znan kot centralni ion strukture klorofila. V rastlinah z normalno založenostjo z Mg je 20 % Mg vezanega na klorofil, medtem ko 80 % predstavlja bolj mobilno obliko. Če je obilje tega elementa, se lahko odvečni Mg hrani (*kompartmentizira*) v žilnih celicah, v obdobju pomanjkanja pa se lahko prerazporedi iz starejših v mlajše liste. Vakuole so glavni založni prostor za Mg, ki je floemsko dobro mobilen element (Marschner 1995). V teku rasti se Mg transportira proti listom in iz listov se translocira nazaj v korm (organ ponora). Pri tem mislimo predvsem na parenhimsko tkivo zgornjega dela korma tara, ki postaja v obdobju rasti centralni del. Prav ti dve dejstvi bi lahko pri naših vzorcih razložili višje vsebnosti Mg v zgornjem in centralnem delu. Proti koncu vegetacijskega obdobja se začne Mg intenzivno translocirati v stolone in stranske poganjke. Ti po večini izraščajo iz zgornjega dela korma in zato lahko predpostavimo, da so višje vsebnosti najverjetneje povezane s translokacijo tega minerala v omenjene organe.

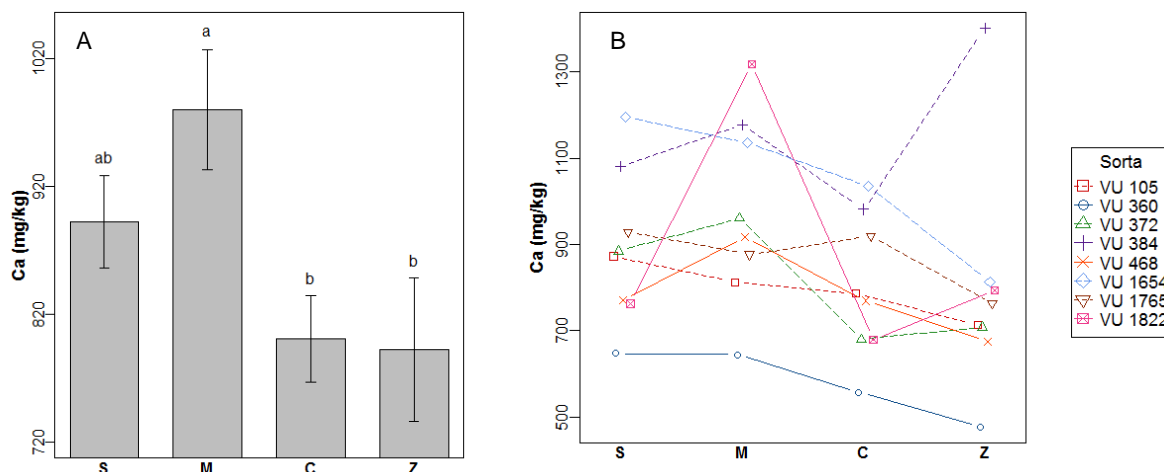


**Grafikon 7:** A - povprečna vsebnost magnezija v posameznih delih korma tara; B - povprečna vsebnost magnezija pri posameznih analiziranih sortah; S, M, C, Z - deli korma (spodnji, marginalni, centralni, zgornji)

**Graph 7:** A - averages of magnesium content in four analysed parts of taro corms; B - averages of magnesium content in four analysed corm parts of the studied taro varieties (S, M, C, Z - lower, marginal, central and upper part, respectively)

#### 4.5.4 Kalcij

Najvišjo vsebnost Ca smo izmerili v marginalnem (980 mg/kg) in spodnjem delu (892 mg/kg) (Grafikon 8 A), vendar razlike niso bile signifikantne. Prav tako ni bilo signifikantnih razlik med centralnim in zgornjim delom. Rezultati kažejo, da razporeditev Ca ni bila povsod enaka oz. da je bil vpliv kultivarja velik. Največ nepojasnjene variance je bilo med različnimi kultivarji. Kultivarji VU 372, VU 468 in VU 1822 so akumulirali več Ca v marginalnem delu, medtem ko sta kultivarja VU 105 in VU 1654 največ Ca akumulirala v spodnjem delu, pri kultivarju VU 360 pa ni bilo razlik med tema dvema deloma (Grafikon 8 B).



**Grafikon 8:** A - povprečna vsebnost kalcija v posameznih delih korma tara; B - povprečna vsebnost kalcija pri posameznih analiziranih sortah; S, M, C, Z - deli korma (spodnji, marginalni, centralni, zgornji)

**Graph 8:** A - averages of calcium content in four analysed parts of taro corms; B - averages of calcium content in four analysed corm parts of the studied taro varieties (S, M, C, Z - lower, marginal, central and upper part, respectively)

S povečanjem vsebnosti Ca lahko v veliko rastlinah pride do povišane vsebnosti kalcijevega oksalata. Vsi deli tara vsebujejo iglicam podobne kristale kalcijevih oksalatov. V nekaterih primerih lahko kalcijev oksalat predstavlja glavno zalogo Ca (Prychid in Rudall 1999, White in Broadley 2003). Kot je bilo že omenjeno, so za taro značilne visoke vsebnosti oksalatov, predvsem kalcijevega oksalata (Aregheore in Perera 2003). Bradbury in Holloway (1988), ki sta raziskovala razpored kalcijevega oksalata v kormu tara, sta ugotovila, da je bil delež v zunanem (marginalnem) delu višji v primerjavi z ostalimi deli korma in vsebnost se je zmanjševala proti centru gomolja. Podobno sta zaključila tudi Sefa-Dedeh in Agyir-Sackey (2004), ki sta zaznala signifikantno višje vsebnosti v distalni (zunanji) regiji v primerjavi z apikalnim (zgornjim) in centralnim delom.

Transport Ca se bistveno razlikuje od transporta K in Mg (pa tudi N in P), ki se prenašata po floemu. Ca je slabo mobilnen v simplastu in floemu, tako transport poteka le po ksilemu. Za zagotovitev visokih potreb po Ca je potrebna visoka kationska izmenjevalna aktivnost v apoplastu in močan tok ksilema. Rastline Ca ne morejo mobilizirati iz starejših delov. Ker se Ca transportira večinoma po ksilemu z vodo in je slabo floemsko mobilnen, je za organe ponora znano, da trpijo pomanjkanje Ca (Saure 2005). Podanih je bilo več predlogov, kako se

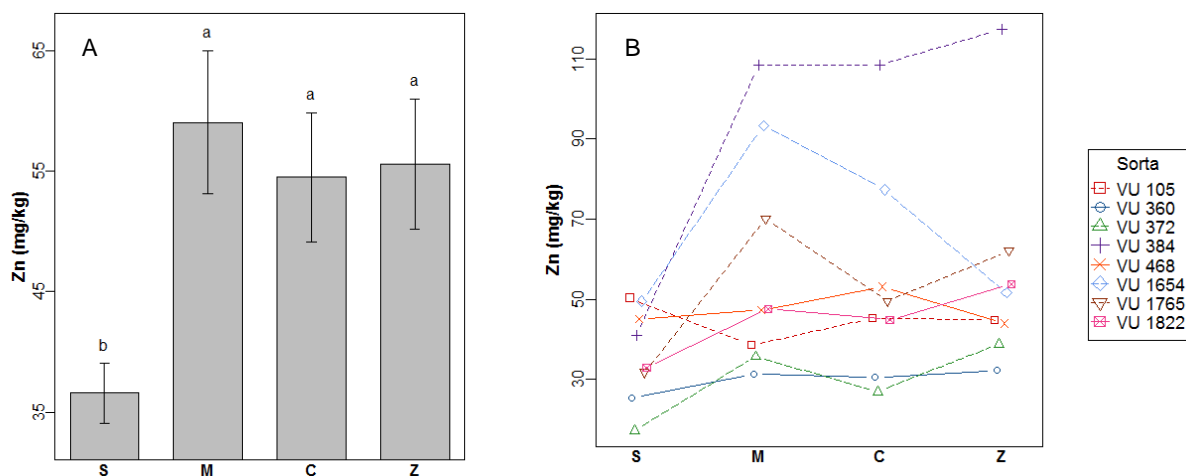
Ca transportira do organov ponora. V svoji raziskavi sta Busse in Palta (2006) spremljala gibanje radioaktivnega  $^{45}\text{Ca}$  v krompirju. Raziskava je pokazala naslednja dejstva: (1) translokacija Ca iz nadzemnih delov v gomolje ne poteka, (2) glavni koreninski sistem ne zagotavlja Ca za gomolje, (3) Ca se ne transportira preko periderma gomoljev v njihovo notranjost, (4) potreben Ca gomolji prejemajo iz korenin, ki izhajajo iz stolonov v neposredni bližini samih gomoljev ali izraščajo iz samih gomoljev, (6) transpiracijski tok je glavni dejavnik distribucije Ca. V rastlinah obstajajo zelo različna področja in predeli z visoko ali zelo nizko koncentracijo Ca (Marschner 1995, Busse in Palta 2006). Visoke vsebnosti so bile zaznane v celični steni, na zunanjem delu plazemske membrane in v sekretorijskih celicah. Kot pektat se izmenljivo veže v osrednji lameli in igra pomembno vlogo pri utrjevanju celične stene in strukturne vloge celične membrane. Največ Ca je hranjenega v vakuolah (White in Broadley 2003).

Da bi lahko lažje diskutirali o rezultatih naše študije, moramo prav tako omeniti raziskavo transporta Ca pri krompirju, ki sta jo opravila Busse in Palta (2006). Raziskava je pokazala, da se voda in Ca enako transportirata iz stolonskih korenin v gomolj krompirja in da ni nobene signifikantne absorpcije Ca skozi periderm gomoljev. Ca se skupaj z vodo transportira v gomolj skozi stolone blizu gomoljev in na teh mestih je možno zaznati višje koncentracije. Redistribucija Ca pri gomoljih ni bila zaznana. Poti vode in Ca so v veliki meri povezane s transpiracijskimi potrebami rastline. Gomolji krompirja so organi z nižjim transpiracijskimi potrebami in tako sta večina vode in Ca usmerjenega v nadzemne dele rastline oz. proti poganjkom. Da lahko razložimo višje vsebnosti v spodnjem in marginalnem delu v naši raziskavi, moramo upoštevati naslednja že omenjena dejstva: (1) Ca je vezan na celične stene debelejših sekretorijskih celic, ki so bolj pogoste v marginalnem in spodnjem delu (2) Ca se skupaj z vodo transportira iz korenin, ki so povezane z zunanjim delom korma, in (3) Ca ni floemsko mobilni in se ne redistribuira. Posadili smo t. i. glavo oz. 'head set', t.j. vegetativni del, ki obsega spodnji del listnih pecljev skupaj s pripadajočim zgornjim delom korma. V tem delu je delež Ca sicer nizek, vendar ta del prvi razvije korenine in v teku rasti postopno postaja najstarejši del rastline (korma). Spodnji (najstarejši) del vsebuje več sekretorijskih celic z debelimi celičnimi stenami (Harris in sod. 1992). Prav zaradi tega dejstva, ter dejstva da je Ca slabo mobilni, ter dejstva, da se oksalati nahajajo bolj proti periferiji korma, lahko pojasnimo naše višje vrednosti v marginalnem in spodnjem delu.



#### 4.5.5 Cink

Povprečne vrednosti Zn v kormu tara v naši raziskavi kažejo, da ni bilo signifikantnih razlik med marginalnim (59,1 mg/kg), zgornjim (55,6 mg/kg) in centralnim (54,5 mg/kg) delom (Grafikon 9 A). Do signifikantne razlike je prišlo le v spodnjem delu, kjer je bila koncentracija nižja (36,6 mg/kg). Kljub temu je bilo možno zaznati nekoliko višje vrednosti v marginalnem delu, kar je podobno rezultatom raziskave na krompirju, ki so jo objavili Subramanian in sod. (2011) in je prav tako zaznala višje vsebnosti Zn v marginalnem (periferem) delu.



**Grafikon 9:** A - povprečna vsebnost cinka v posameznih delih korma tara; B - povprečna vsebnost cinka pri posameznih analiziranih sortah; S, M, C, Z - deli korma (spodnji, marginalni, centralni, zgornji)

**Graph 9:** A - averages of zinc content in four analysed parts of taro corms; B - averages of zinc content in four analysed corm parts of the studied taro varieties (S, M, C, Z - lower, marginal, central and upper part, respectively)

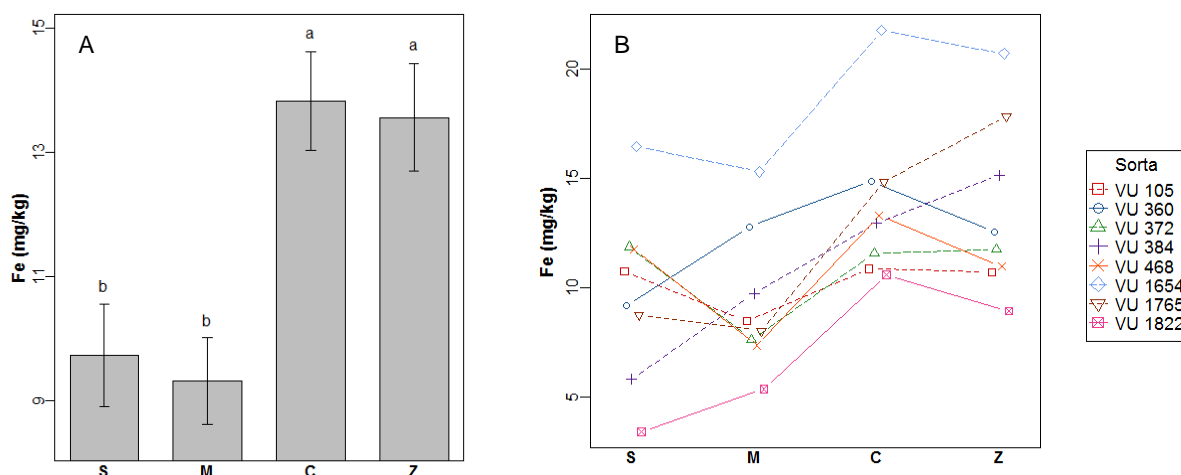
Ob pomanjkanju Zn prihaja do izgube pridelka in slabše kakovosti (Čakmak in sod. 1999). Pomanjkanje rastlinam dostopnega Zn je bilo evidentirano na skoraj tretjini vseh kmetijskih površin na svetu že pred več kot tremi desetletji (Sillanpää 1982).

Marschner (1995) navaja, da je večina Zn vezanega na celične stene celic v koreninah. Prav zaradi hitre vezave na celične stene in počasnega transporta Zn preko plazmatske membrane

celice v citoplazmo se Zn iz korenin v poganjke transportira kot  $Zn^{2+}$  ali pa je vezan na organske kisline (Marschner 1995).

#### 4.5.6 Železo

Vloga Fe v rastlinah je podobna vlogi Mg. Oba minerala sta pomembna v procesu fotosinteze, zato sta večinoma prisotna v zelenih nadzemnih delih rastline. Mg in Fe se transportirata do listov in se primarno ne shranjujeta v starejših organih. V naši študiji je bila distribucija Fe podobna Mg. Najvišjo koncentracijo smo izmerili v zgornjem (13,6 mg/kg) in v centralnem delu (13,8 mg/kg). Nižje vrednosti smo izmerili v marginalnem (9,3 mg/kg) in spodnjem delu (9,7 mg/kg) (Grafikon 10 A). Kultivar z najvišjo vsebnostjo Fe v vseh delih je bil VU 1654, najnižje vrednosti pa smo izmerili pri kultivarju VU 1822 (Grafikon 10 B).



**Grafikon 10:** A - povprečna vsebnost železa v posameznih delih korma tara; B - povprečna vsebnost železa pri posameznih analiziranih sortah; S, M, C, Z - deli korma (spodnji, marginalni, centralni, zgornji)

**Graph 10:** A - averages of iron content in four analysed parts of taro corms; B - averages of iron content in four analysed corm parts of the studied taro varieties (S, M, C, Z - lower, marginal, central and upper part, respectively)

Čeprav je Fe eden najpogostejših mineralov v tleh, rastlinam skoraj ni dostopen. Dostopnost Fe je odvisna predvsem od talnega redoks potenciala in pH vrednosti tal. Fe se, kot ostali minerali, absorbira iz rizosfere. Da bi rastlina krompirja, podobno kot taro, lahko absorbirala

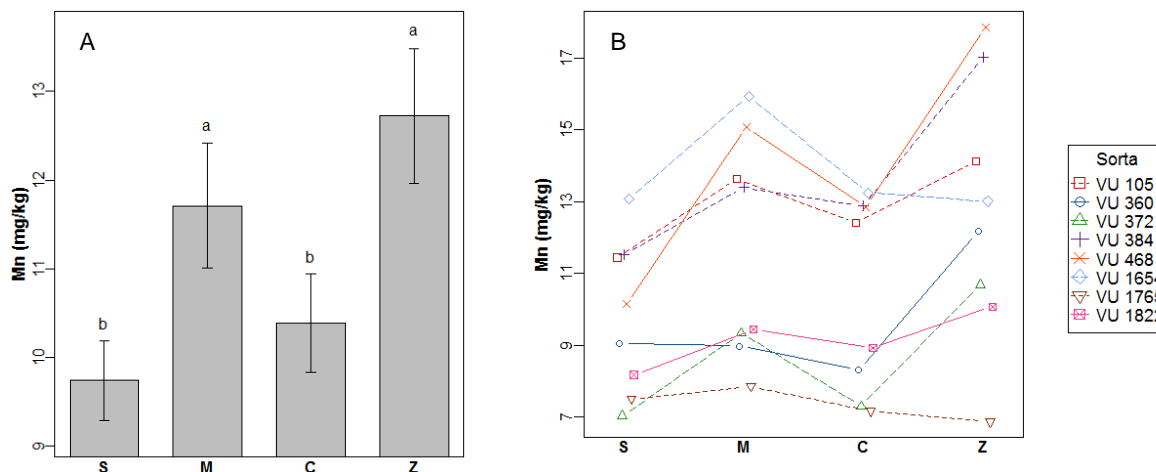
Fe iz rizosfere, mora najprej zakisati rizosfero in tako povečati topnost Fe. Rastlina izloča kelatorje, ki Fe sprostijo iz talnih delcev in ga vežejo. Nato na membrani vezana reduktaza, reducira kompleksno vezano železo  $Fe^{3+}$  do bolj dostopnega  $Fe^{2+}$ , ki se nato prenese v rastlino s specifičnimi transportnimi proteini. Tudi ko je Fe v rastlini, ostaja njegova mobilnost problematična. Ko Fe končno vstopi v simplast, tvori koordinacijske spojine s citratom ali nikotinanaminom, da ostane topen (Kim in Guerinot 2007, Samira in sod. 2013). Zadostna količina Fe je potrebna za normalno sintezo proteinov in klorofila. Zaradi pomembne funkcije pri fotosintezi, se velik delež Fe nahaja v zelenih delih rastline. Do 80 % celičnega Fe je lokaliziranega v kloroplastu v hitro rastočih se listih, ostali del se kopiči v stomi plastidov kot fitoferitin (Cohen in sod. 1998, Hänsch in Mendel 2009).

Heisler in sod. (1963) navajajo, da je bilo v gomolju krompirja največ Fe blizu stebela (del pripet k stebelu). Najverjetnejši razlog je, ker je na tem delu, v primerjavi z nasprotnim koncem gomolja, več Fe vezanega na proteine. To pa avtorji naprej razložijo z dejstvom, da se več Fe odlaga iz floema prav pri stebelu. V naši raziskavi smo najvišje vsebnosti proteinov izmerili na zgornjem delu, ki je najmlajši, kjer so regije intenzivne rasti (glavni in stranski rastni vršički) in od koder izhajajo listni peclji. Iz tega dela se najverjetneje transportira v fotosintetsko najbolj aktivne regije (listne ploskve na glavnem kormu, stranskih poganjkih in stolonih). Do natančnejših zaključkov bi lahko prišli, če bi imeli podatke o vsebnosti Fe v spodnjih, srednjih in zgornjih delih listnih pecljev ter listnih ploskvah.

#### 4.5.7 Mangan

Mn je potreben za pravilno presnovo beljakovin, ogljikovih hidratov in maščob ter sodeluje v aktivaciji več pomembnih encimskih sistemov (Marschner 1995). V naši raziskavi je bila najvišja vsebnost Mn v zgornjem (12,72 mg/kg) in v marginalnem (11,71 mg/kg) delu korma, vendar med tema deloma ni bilo zaznanih signifikantnih razlik (Grafikon 11 A). Prav tako ni bilo razlik med centralnim (10,38 mg/kg) in spodnjim (9,74 mg/kg) delom. Kultivar z višjimi vsebnostmi je bil kultivar VU 1654, nižje vrednosti pa smo izmerili pri kultivarju VU 1765 (Grafikon 11 B). Pri krompirju so zaznali dorzo ventralno polariteto in pri tem so bile višje vsebnosti Mn in Zn bližje peridermu, oz. vsebnost se je zviševala od centra (z nižjo

vrednostjo) proti peridermu, ki je imel z najvišjo vrednost (Subramanian in sod. 2011). Naše vrednosti (pri taru) so tudi bile nekoliko višje prav v marginalnem delu.



**Grafikon 11:** A - povprečna vsebnost mangana v posameznih delih korma tara; B - povprečna vsebnost mangana pri posameznih analiziranih sortah; S, M, C, Z - deli korma (spodnji, marginalni, centralni, zgornji)

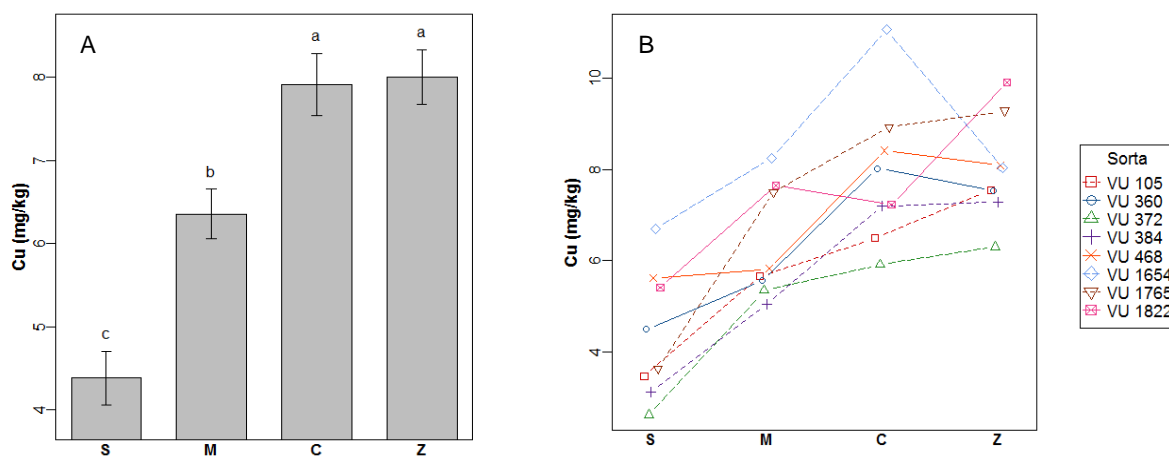
**Graph 11:** A - averages of manganese content in four analysed parts of taro corms; B - averages of manganese content in four analysed corm parts of the studied taro varieties (S, M, C, Z - lower, marginal, central and upper part, respectively)

Mobilnost Mn in njegova porazdelitev je odvisna od rastlinske vrste in stopnje razvoja rastline (Hänsch in Mendel 2009). Za Mn je značilna relativno slaba floemska mobilnost. V večji meri se nalaga v mladih listih in vršičkih, medtem ko so vrednosti v starih listih in gomoljih relativno nizke. Zaradi nizke mobilnosti je transport topnega Mn iz poganjkov in mladih listov nazaj proti floemu omejen (Page in Feller 2005). Transport na kratke razdalje je nadvse pomemben za nalaganje v celico in celične organele. Ta mehanizem zajema translokacijo preko plazmatske membrane in preko biomembran v organele (Ducic in Polle 2005, Pittman 2005).

#### 4.5.8 Baker

Cu v rastlinah sodeluje pri več vitalnih procesih, kot so na primer fotosinteza, celično dihanje ter metabolizem C in N. Prisoten je v dveh oksidacijskih stanjih kot  $\text{Cu}^+$  in  $\text{Cu}^{2+}$  in

lahko deluje kot reducent ali oksidant. Zaradi te lastnosti je Cu potencialno toksičen, saj lahko ioni katalizirajo nastanek prostih radikalov (Hänsch in Mendel 2009). Najvišje vsebnosti Cu smo izmerili v zgornjem in centralnem delu, in sicer 8,00 mg/kg in 7,91 mg/kg, vendar se vrednosti nista značilno razlikovali. V marginalnem in spodnjem delu sta bili vsebnosti značilno nižji (6,36 mg/kg in 4,38 mg/kg) (Grafikon 12 A). Najvišjo vsebnost smo izmerili v centralnem delu kultivarja VU 1654 (18,86 mg/kg) in najnižjo v spodnjem delu kultivarja VU 372 (2,68 mg/kg) (Grafikon 12 B).



**Grafikon 12:** A - povprečna vsebnost bakra v posameznih delih korma tara; B - povprečna vsebnost bakra pri posameznih analiziranih sortah; S, M, C, Z - deli korma (spodnji, marginalni, centralni, zgornji)

**Graph 12:** A - averages of copper content in four analysed parts of taro corms; B - averages of copper content in four analysed corm parts of the studied taro varieties (S, M, C, Z - lower, marginal, central and upper part, respectively)

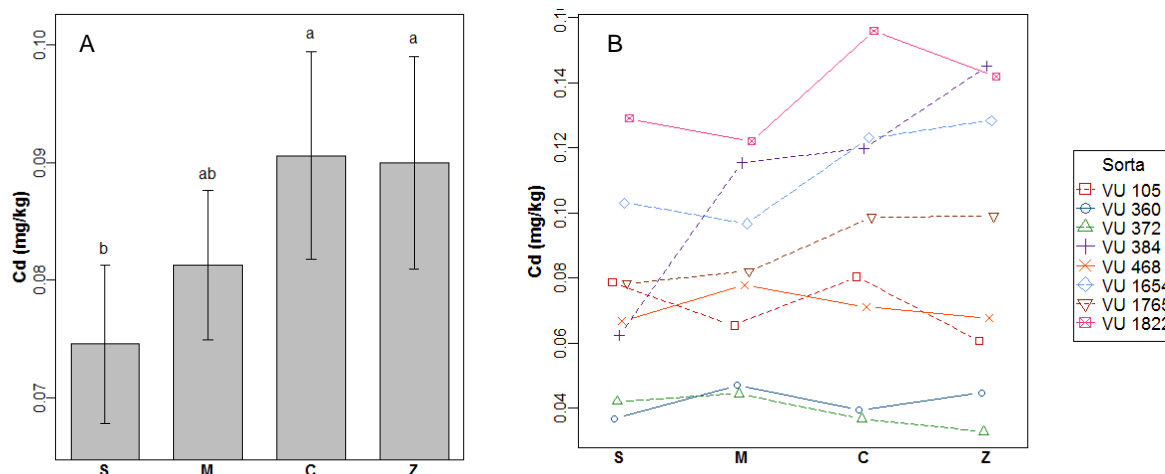
#### 4.5.9 Kadmij, svinec, krom

Naša raziskava je prav tako zajemala analizo vsebnosti Cd, Pb in Cr. Rastline Cr potrebujejo esencialno za rast in razvoj, Cd in Pb pa sta toksična elementa. Toksičnost Cd se kaže na rastlini kot kloroza, ki prehaja v nekrozo. Cd lahko povzroči spremenjeno delovanje listnih rež, inhibira encime, upočasni rast, poškoduje membrane in zavira fotosintezo (Prasad, 1995). Pb povzroča aktiviranje encimske peroksidaze, ki neposredno vpliva na degradacijo indolocetne kisline (IAA), hormona, ki stimulira rast in razvoj (Sharma in Dubey, 2005).

Cd predstavlja eno bolj nevarnih kovin, predvsem ker je dobro mobilen in lahko že v nizkih koncentracijah povzroči motnje v rasti in razvoju rastlin. V večini primerov Cd in Pb negativno vplivata na sprejem drugih mineralov (N, K, Ca, Mg, Mn, Zn, Cu in Fe), saj povzročata nepravilnosti v aktivnosti membranskih encimov in strukturi membrane. Toksičnost Cd pride do izraza predvsem pri transportnih sistemih. To bi lahko razložilo nekatere rezultate naše raziskave, saj je kultivar VU 1822 z največkrat najnižjimi vsebnostmi ostalih elementov vseboval največ Cd v vseh delih korma (Grafikon 13 B) .

Raziskava, ki je preučevala distribucijo Cd pri krompirju in so jo objavili Dunbar in sod. (2003), je pokazala, da so bile višje vsebnosti te kovine pri glavnih bazalnih koreninah, medtem ko so gomolj, stoloni in stolonske korenine prispevale le malo frakcijo celotne mobilizacije Cd. Kljub prepričanju o slabi mobilnosti težkih kovin v nadzemne dele, se je absorbiran Cd sorazmerno hitro premeščal v druge dele rastline in gomolje. Relativno visoke vrednosti v gomoljih nakazujejo, da obstaja floemsko premeščanje in s tem mobilnost Cd. Ta neposreden prenos je lahko poglaviten razlog, zakaj smo v naši raziskavi zaznali višje vsebnosti Cd v centralnem (0.0905 mg/kg) in zgornjem (0.0900 mg/kg) delu korma (Grafikon 13 A). Kultivarji z višjimi vsebnostmi Cd so kazali nižje vrednosti ostalih mineralov, kar kaže na dejstvo, da Cd, ki je nezaželen v višjih koncentracijah, vpliva na sprejem ostalih mineralov.

Vsebnosti Pb in Cr so bile v vseh vzorcih pod mejo določljivosti, ki je bila za Pb 2,15 ng/ml in za Cr 2,79 ng/ml.



**Grafikon 13:** A - povprečna vsebnost kadmija v posameznih delih korma tara; B - povprečna vsebnost kadmija pri posameznih analiziranih sortah; S, M, C, Z - deli korma (spodnji, marginalni, centralni, zgornji)

**Graph 13:** A - averages of cadmium content in four analysed parts of taro corms; B - averages of cadmium content in four analysed corm parts of the studied taro varieties (S, M, C, Z - lower, marginal, central and upper part, respectively)

#### 4.5.10 Prispevek uživanja tara k dnevni vnosu nekaterih hranil

Za posamezna makro- in mikrohranila smo izračunali njihov prispevek k priporočenemu dnevni vnosu (RDA – Recommended daily allowance) oziroma zadostnemu dnevni vnosu. Izračun smo naredili za odrasle moške in ženske med 19 in 50 let starosti, s povprečno telesno maso 70 kg, ter temelji na povprečnem zaužitju 100 g svežega tara na dan. Pri izračunu smo uporabili povprečne vsebnosti posameznih mineralov, škroba in surovih proteinov v centralnem delu korma in priporočene, zadostne in ocenjene dnevne vnose, ki jih podaja Inštitut za medicino (Institute of Medicine of The Nacional Academies 2006).

Odstotki RDA, zadostnega dnevnega vnosa (Ca, Mn) in ocenjene vrednosti (K), ki jih dosežemo z uživanjem 100 g tara, so bili za moške stare od 19 do 50 let naslednji (Preglednica 6): škrob 14,0 %; proteini 2,3 %; K 7 %, P 6,11 %; Mg 6,7 %; Ca 2,11 %; Zn 13,1 %; Fe 4,6; Mn 11,9 % in Cu 23,1 %. Za ženske iste starosti se je delež gibal: škrob 14,0 %; proteini 2,3 %; K 7 %, P 6,11 %; Mg 8,8 %; Ca 2,11 %; Zn 17,9 %; Fe 2,0; Mn 15,2 % in Cu 23,1 %. Poudariti moramo, da so te vrednosti orientacijske, saj temeljijo na predpostavki,

da se pri pripravi kormov hranila ne izgubijo in da se v telesu popolnoma absorbirajo. Lewu in sod. (2010) so poročali o precejšnjih izgubah mineralov, predvsem P, Ca, K and Zn, kot tudi antinutritivnih snovi (taninov, kalcijevega oksalata in fitata) med kuhanjem kormov. Izgube Mg in Cu so bile zanemarljive. Omeniti moramo, da smo vsebnosti surovih proteinov določili matematično iz vsebnosti celokupnega dušika. Vsebnosti surovih proteinov tako predstavljajo le okvirne vrednosti dejanske vsebnosti proteinov.

**Preglednica 6:** Odstotek prispevka 100 g svežega tara k priporočenemu, zadostnemu in ocenjenemu dnevnu vnosu za posamezna makro- in mikrohranila

**Table 6:** Percentage of contribution of 100 g of fresh taro corms to the recommended, adequate and estimated daily intakes of macro- and micronutrients

	Škrob %	Proteini %	K %	P %	Mg %	Ca %	Zn %	Fe %	Mn %	Cu %
<b>Moški</b> 19-50 let	14,0	2,3	7,0**	6,11	6,7	2,11*	13,1	4,6	11,9*	23,1
<b>Ženske</b> 19-50 let	14,0	2,3	7,0**	6,11	8,8	2,11*	17,9	2,0	15,2*	23,1

\* = odstotek prispevka 100 g svežega tara k zadostnemu dnevnu vnosu

\*\* = odstotek prispevka 100 g svežega tara k ocenjeni vrednosti

\* = Percentage of contribution of 100 g of fresh taro corms to the adequate daily intake

\*\* = Percentage of contribution of 100 g of fresh taro corms to the estimated daily intake

Absorpcija mineralnih hranil je lahko otežena zaradi fitinske kisline, oksalne kisline, nekaterih taninov in lektinov. Negativno nabit fosfat v fitinski kislini veže katione Ca, Fe, K, Mg, Mn in Zn in zmanjša njihovo absorpcijo (Bohn in sod. 2008). Prav tako prihaja do medsebojnega učinkovanja, npr. visoke vsebnosti Ca in P v prehrani lahko inhibirajo absorpcijo Mn (Soetan in sod. 2010).

Glede na dejstvo, da centralni del predstavlja približno 75 % celotnega korma tara in da je razporeditev hranilnih snovi v posameznih delih korma različna, lahko z debelino lupljenja vplivamo na prispevek tara k RDA in zadostnemu dnevnu vnosu. Globlje lupljenje ne vpliva na vnos škroba, proteinov, Fe, Mg, P, K in Zn, lahko pa vpliva na zaužito količino Ca in



Mn, saj sta ta elementa najbolj koncentrirana prav v delu, ki ga največkrat odstranijo z lupljenjem.

Pomanjkanje Fe je eden najbolj pogostih prehranskih problemov po svetu. Pomanjkanje Fe povzroča anemijo in močno vpliva na funkcije in razvoj možganov pri otrocih. Višje potrebe po železu imajo nosečnice (Paesano in sod. 2010, Milman 2011). Zaradi tega je potrebno dobro načrtovati biofortifikacijo nekaterih pomembnih mineralov v rastlinah, namenjenih prehrani ljudi. Prav tako je pomembna biološka dostopnost mineralov. Fe in drugi minerali so mnogokrat, kljub zadostni zaužiti količini, človeškemu telesu nedostopni. Prehrana, ki temelji predvsem na rastlinski osnovi, lahko vsebuje fitinsko kislino, ki ob nekaterih drugih sestavinah vpliva na izkoristljivost hranil. Ca, Cu in predvsem Fe tvorijo s fitinsko kislino komplekse, ki zmanjšajo topnost mineralov in absorpcijo iz črevesja (Liener 1994). Delež fitata v nekuhanem taru se giblje od 36,8 do 70,7 mg/100g SS (suha snov) (Lewu in sod. 2010). V kolikor bi bile zaznane višje vrednosti Fe v nekaterih kultivarjih, bi jih bilo smiselno razmnožiti, ali pa jih uporabiti za križanje.

Z vidika prehranske vrednosti lahko sklepamo, da je taro zadovoljiv vir škroba, Zn in Cu v prehrani odraslih ljudi. Po drugi strani pa ne more zadostiti dnevnih potreb po proteinih, Ca, Fe in P, zato je priporočljivo v obroke vključiti druga živila, ki vsebujejo več teh hranil.

Kar se tiče vsebnosti nitratov v jedilnem delu korma tara lahko zaključimo, da naši vzorci vsebujejo zelo nizko (< 20 mg/100 g sveže snovi) do nizko (med 20 in 50 mg/100g sveže snovi) vsebnost nitrata (Cárdenas-Navarro in sod. 1999). Po priporočilih skupnega FAO/WHO strokovnega odbora za aditive v živilih (JECFA 2000) je sprejemljiv dnevni vnos (ADI - Acceptable Daily Intake) za nitrat 0-3,7 mg/kg telesne teže (kar predstavlja 259 mg nitrata na dan za odraslo osebo, težko 70 kg). Pri zaužitju 100 g tara dosežemo 16,3 % ADI, če ne upoštevamo izgub pri kuhanju.

Za Cd je skupni strokovni odbor za aditive v živilih (JECFA) določil začasni dopustni tedenski vnos (PTWI - Provisional tolerable weekly intake), ki znaša 7 µg/kg telesne teže (JECFA 2000). Začasni dopustni tedenski vnos predstavlja dovoljeno tedensko izpostavljenost ljudi posameznim potencialno toksičnim substancam (Karo Bešter 2013). Pri

naših vzorcih, za odraslo osebo težko 70 kg, prispeva zaužitje 100 g tara do 5,0 % začasnega dopustnega tedenskega vnosa.

#### **4.6 Dinamika nalaganja substanc tekom vegetacijske dobe**

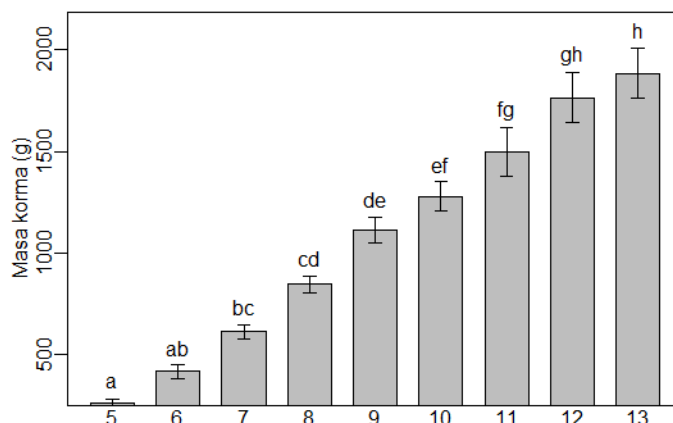
Kot smo že omenili, Lebot (2009) trdi, da pri taru obstaja šest glavnih faz razvoja. Podobne trditve najdemo tudi pri nekaterih drugih avtorjih, ki pa so nekatere faze združili (Reynolds 1977, Sivan 1984). Vsi se strinjajo glede prve faze, kjer v prvih 3-5 mesecih taro vzpostavi rast korenin in listov. Okrog 5. meseca po sajenju (MPS) rastlina doseže svojo maksimalno velikost in do tega časa večino SS rastline predstavljajo nadzemni deli. Po 3. MPS se začne tvoriti korm. V korme začne rastlina nalagati posamezne snovi v večji meri, hkrati pa poteka translokacija asimilatov iz nadzemnega dela. Listna masa se začne po 4. in 5. MPS počasi manjšati in večino suhe snovi počasi začne predstavljati korm.

Ker je rast tara zelo odvisna od sorte (genetske strukture), kakovosti sadilnega materiala in okoljskih razmer, je zelo težko definirati čas zrelosti tara. Začetek zrelosti je lahko: (i) ko se pojavijo znaki ostarelosti kormov, (ii) ko je dosežen maksimalni pridelek, (iii) ko je dosežena najboljša kakovost kormov, (iv) ko obseg korma na zgornjem delu upade in (v) ko stranjski poganki presežejo maso glavnega korma in listi fenološko ostarijo. V kolikor je sadilni material dober, rastlina raste hitreje in korm doseže večjo maso in velikost. Ker je sadilni material zelo redko izenačen, je tudi dozorevanje praviloma dokaj neenakomerno. Na čas dozorevanja vplivata tudi osončenost in nadmorska višina (Ivančič in Lebot 2000).

##### **4.6.1 Masa kormov**

Masa posameznih kormov je v povprečju v teku vegetacije naraščala (Grafikon 14). Naraščala je ves čas od 5. MPS do 13. MPS. Tudi po domnevni polni zrelosti (kot jo omenjajo Miyasaka in sod. 2003) med 7. in 9. MPS je masa naraščala. Povprečna masa posameznih kormov je 5. MPS znašala 264 g, v 9. MPS je narastla na 1114 g in v 13. MPS na 1885 g (Grafikon 14). Najvišji prirast je bil zabeležen pri kultivarju VU 463. Korm je 5. MPS tehtal 234 g, 9. MPS 1649 g in 13. MPS 2547 g. Najmanjše priraščanje je pokazal kultivar VU 1811, ki je 5. MPS 154 g, 9. MPS 648 g in 13. MPS 907 g.

Glede na dejstvo, da smo maksimalno izenačili velikost in maso sadilnega materiala, prav tako pa so bili maksimalno izenačeni tudi rastni pogoji (okolje), lahko domnevamo, da so razlike v rasti v glavnem posledica genetske strukture posameznega kultivarja. Podobno dinamiko večanja mase oz. rasti kormov so zaznali tudi v več predhodnih raziskavah (npr. Goenaga in Chardon 1995, Talwana in sod. 2010). Čeprav njihove raziskave niso obsegale tako širokega časovnega razpona, je bila pri vseh zaznana neprestana rast mase kormov. Reynolds (1977) poroča o petih fazah rasti pri taru. Pri zadnji fazi opisuje izgubo mase korma predvsem zaradi gnilobe kormov, ki jih povzročajo glive *Pythium* spp., *Sclerotium rolfsii* Sacc., ali pa so posledica tarovega hrošča *Papuana* spp. Podobno poročajo Miyasaka in sod. (2003), ki prav tako beležijo upad mase zaradi bolezni in poškodb zaradi hrošča. V naši raziskavi smo ob vzorčenju izkopavali le vzorce, ki niso kazali znakov gnitja. Kljub vsemu pa je večina kormov propadla zaradi gnilobe v 13. MPS (rezultatov nismo beležili). To je bil tudi prvi mesec deževne dobe in gnitje bi lahko bilo posledica tega dejstva.



**Grafikon 14:** Povprečna masa kormov od 5. do 13. MPS (mesecev po sajenju)

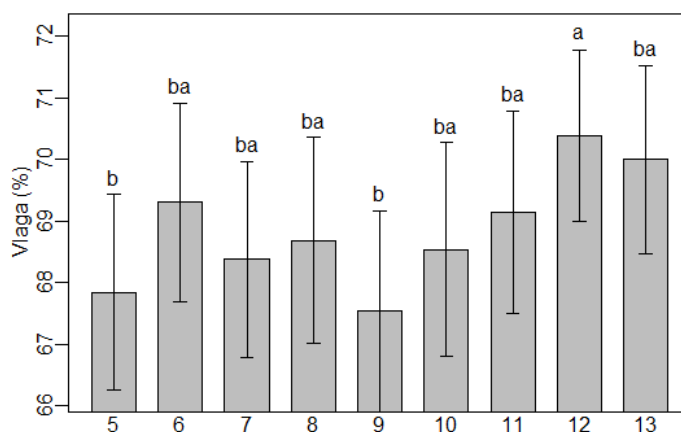
**Graph 14:** Average fresh corm weights determined from 5 to 13 MAP (months after planting)

#### 4.6.2 Vlaga

V povprečju je bila najvišja vsebnost vlage 12. MPS (70,4 %), najnižja pa 9. MPS (67,5 %) (Grafikon 15). Razlika med maksimumom in minimumom v povprečju ni bila velika, le 2,9 %.

Majhna nihanja med meseci in porast vlage v zadnjih mesecih meritev lahko pripišemo fiziološkimi dejavnikom rastline, predvsem ponovni vzpostavitvi rasti. Po 9. MPS se delež nadzemnih delov rastline zelo zmanjša, manjše je število listov, ti so redkejši. Obseg zgornjega dela korma se zoži in korm začne dobivati 'zvončasto' obliko. Predvsem se proti koncu rastne dobe močno okrepi rast stranskih gomoljev in stolonov.

Delež vlage in posledično delež SS vplivata neposredno na prehransko kakovost kormov. Lebot in sod. (2011) navajajo, da kultivarji z višjimi vsebnostmi SS veljajo za bolj zaželeni v prehrani. Iz tega sledi, da je korme smotrno izkopavati takrat, ko je vsebnost vlage najnižja.



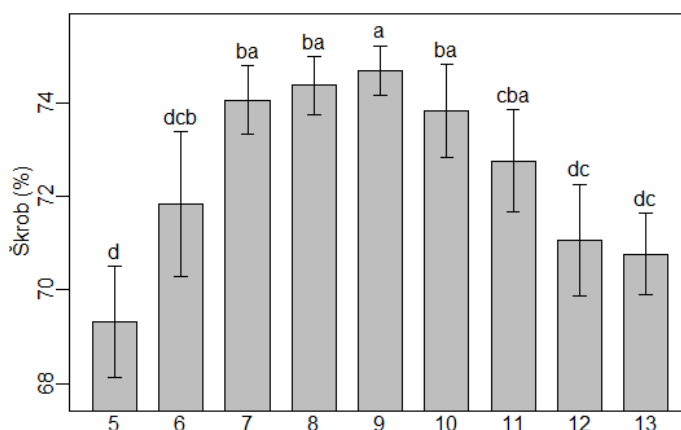
**Grafikon 15:** Povprečen delež vlage v kormu od 5. do 13. MPS

**Graph 15:** Average corm moisture content measured from 5 to 13 MAP

#### 4.6.3 Škrob

Vsebnost škroba v prvih mesecih je glede na naše meritve naraščala, do podobnih ugotovitev so prišli tudi nekateri drugi avtorji, npr. Sivan (1984). Najnižjo vrednost smo izmerili na začetku, t.j. 5. MPS in sicer 68,7 % (Grafikon 16). Nato je vsebnost začela naraščati in dosegla maksimum 9. MPS, in sicer 74,7 %. Po tem mesecu je vsebnost škroba začela padati in 13. MPS dosegla 69,3 %. Največje nihanje v vsebnosti med posameznimi meseci smo zabeležili pri kultivarju VU 141, 5. MPS je bila vsebnost škroba 61 %, 10. MPS je narasla na 75 %, in nato v 13. MPS padla na 72 % .

V literaturi najdemo različne podatke o nalaganju škroba in ostalih asimilatov v teku vegetacije. Večina prikazuje kontinuirano rast asimilatov v kormu (Goenaga in Chardon 1995, Himeda in sod. 2012). V prvih mesecih se zaradi večanja števila listov in njihove površine povečuje fotosintetska aktivnost. Povečana sinteza asimilatov v teh mesecih lahko razloži postopno intenziviranje nalaganja škroba v prvih mesecih naših meritev. V naši raziskavi smo opazili, da delež škroba po 9. MPS ves čas pada, delež SS pa temu ne sledi. Ker škrob v kormih tara predstavlja največji delež SS, je možno, da prihaja ob koncu rastne dobe do pretvorbe oz. hidrolize škroba v enostavne sladkorje. Himeda in sod. (2012) omenjajo, da je ugoden čas za spravilo 8. MPS, saj se po tem času delež amiloze v škrobu zmanjša, kar ima povzroči slabšo kakovost škroba. Raziskava Lebot in sod. (2011) je potrdila, da so bolj zaželeni kormi z višjimi vsebnostmi škroba, kar predstavlja pomemben podatek pri določanju zrelosti tara.



**Grafikon 16:** Povprečna vsebnost škroba v kormih tara od 5. do 13. MPS

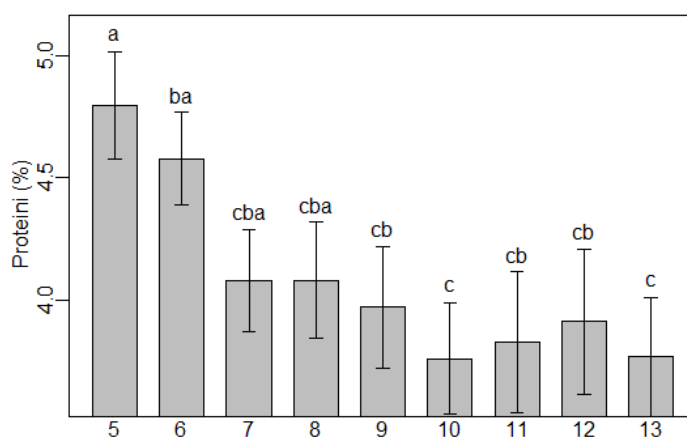
**Graph 16:** Average starch content measured from 5 to 13 MAP in taro corms

#### 4.6.4 Surovi proteini

Vsebnosti surovih proteinov so bile najvišje v prvih mesecih jemanja vzorcev. Maksimum je zabeležen prav 5. MPS (4,80 %) (Grafikon 17). Nato je delež strmo padal do 10. MPS (3,76 %). 11. in 12. MPS smo zabeležili majhen porast in v zadnjem mesecu naših meritev (13. MPS) novi minimum in sicer 3,77 %. Razlike v času rasti so bile zabeležene tudi

med posameznimi kultivarji. Za kultivar VU 461 je bila značilna najvišja vsebnost 5. MPS, in sicer 5,71 %. Vsebnost je nato padala in 13. MPS dosegla 2,85 %.

Suhe snovi ne predstavlja samo ena substanca, ampak se nanaša na celotno organsko snov neke rastline. Ta povečini nastane v različnih biokemijskih procesih, kot sta npr. fotosinteza in sinteza proteinov. Organska snov vsebuje ogljikove hidrate, proste aminokislino, proteine, maščobe, vitamine ter druge organske spojine (Akita 1995). V gomoljevkah večino suhe snovi predstavljajo škrob in proteini (Maga 1992). Vsebnost proteinov je običajno povezana s hitrim razvojem rastline in njeno rastjo. Višje vsebnosti na začetku (5. MPS) so posledica dejstva, da je imela rastlina dokaj razvit in fiziološko aktiven nadzemni del z velikim številom listov, kar je povzročilo večji dotok asimilatov in aminokislin v korm. Ko je listna masa začela upadati, je začel upadati tudi delež proteinov v kormu. Povečanje vsebnosti proteinov v zadnjem mesecu pri posameznih kultivarjih je lahko posledica ponovne vzpostavitve rasti med začetkom deževne dobe.



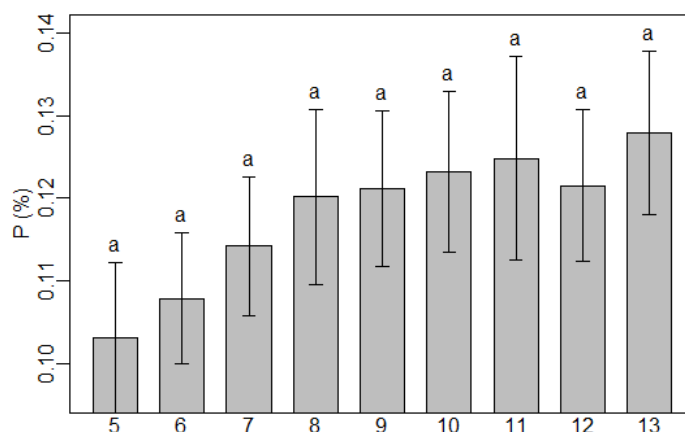
**Grafikon 17:** Povprečna vsebnost surovih proteinov v kormih tara od 5. do 13. MPS

**Graph 17:** Average crude protein content measured from 5 to 13 MAP in taro corms

#### 4.6.5 Minerali

Vsebnosti P se v času rasti niso signifikantno razlikovale. Signifikantnih razlik med posameznimi meseci ni bilo opaznih predvsem zaradi velikih razlik med posameznimi kultivarji. Povprečna vsebnost P 5. MPS je bila 0,103 %, 9. MPS 0,121 % in 13. MPS

0,128 % (Grafikon 18). Pri večini posameznih kultivarjev je vrednost nekoliko naraščala med 5. in 13. MPS. Največja razlika med posameznimi meseci je bila zabeležena pri kultivarju VU 1819, kjer je bila vrednost 5. MPS 0,057 %, nato je po 11. MPS narasla na 0,160 % ter 13. MPS padla na 0,133 %. V povprečju smo najvišje vrednosti izmerili pri kultivarju VU 75. Po 5. MPS je bila vsebnost 0,165 %, nato je narasla 10. MPS na 0,217 % ter 13. MPS nekoliko padla, in sicer na 0,202 %.



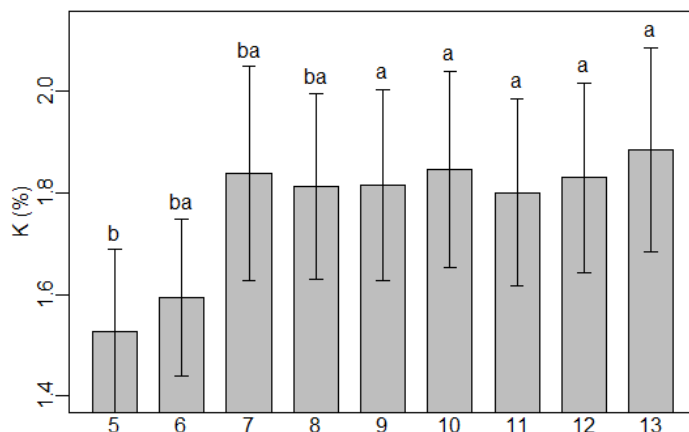
**Grafikon 18:** Povprečna vsebnost fosforja v kormih tara od 5. do 13. MPS

**Graph 18:** Average phosphorus content measured from 5 to 13 MAP in taro corms

Pri spremljanju vsebnosti K med posameznimi meseci smo signifikantne razlike zaznali predvsem v prvih mesecih našega vzorčenja (Grafikon 19). V povprečju so vrednosti na začetku naraščale, v poznejših mesecih pa so se ustalile. Najvišje nihanje med posameznimi meseci smo zaznali pri kormih kultivarja VU 463; 5. MPS je bila vrednost 1,78 % nato je po 9. MPS dosegla 2,99 % ter po 13. MPS narasla na 3,00 %. Najnižje vrednosti smo izmerili pri kultivarjih VU 1819 in VU 1822. Zaznali smo, da se v obeh omenjenih kultivarjih minerali nahajajo v nižjih vrednostih.

V povprečju smo zaznali nižje vrednosti K in P v prvih mesecih vzorčenja. Kalij vpliva na presnovo sladkorjev, njihovo polimerizacijo in sintezo škroba. Prav tako igra pomembno vlogo pri translokaciji asimilatov (še posebej saharoze) iz nadzemnih zelenih delov vse do založnih organov. Obstaja pozitivna korelacija med količino vnosa K, sintezo škroba in bujnostjo rasti, kar kaže na to, da je dinamika K nadvse pomembna za gomoljevke in

korenovke (Liu in sod. 2013). Večje nalaganje škroba v začetnih mesecih potrjuje omenjeno raziskavo, ne razloži pa dejstva, da se ob zmanjšanju deleža škroba (v zadnjih mesecih) vsebnost K ne spreminja. Podobno je z vsebnostjo P. Tudi ta nekoliko narašča v prvih MPS.

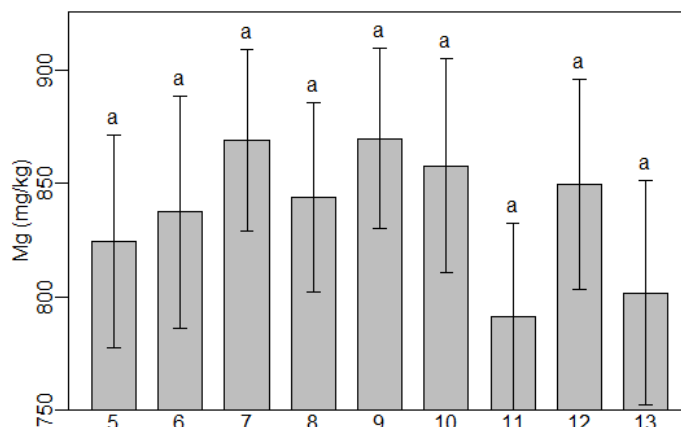


**Grafikon 19:** Povprečna vsebnost kalija v kormih tara od 5. do 13. MPS

**Graph 19:** Average potassium content measured from 5 to 13 MAP in taro corms

Vrednosti Mg med posameznimi meseci so se dokaj razlikovale, vendar te razlike niso bile statistično značilne zaradi velikega nihanja med posameznimi kultivarji. Glede na povprečja sort smo visoke vrednosti izmerili 9. MPS, in sicer 870 mg/kg, nižje vrednosti pa so bile značilne za vzorce, pobrane 11. MPS (824 mg/kg) in 13. MPS (801 mg/kg) (Grafikon 20). Najnižje vrednosti smo izmerili pri kultivarju VU 141, in sicer smo maksimum zabeležili 9. MPS (562 mg/kg), minimum pa 13. MPS (320 mg/kg). Najvišje vsebnosti so bile določene pri kultivarju VU 1654. Maksimum smo zabeležili 10. MPS (1211 mg/kg), minimum pa 5. MPS (890 mg/kg). Večina kultivarjev je imela najvišje vrednosti 9. in 10. MPS.

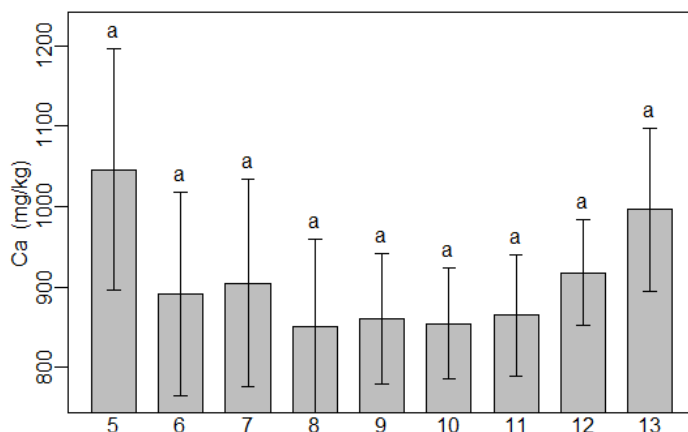




**Grafikon 20:** Povprečna vsebnost magnezija v kormih tara od 5. do 13. MPS

**Graph 20:** Average magnesium content measured from 5 to 13 MAP in taro corms

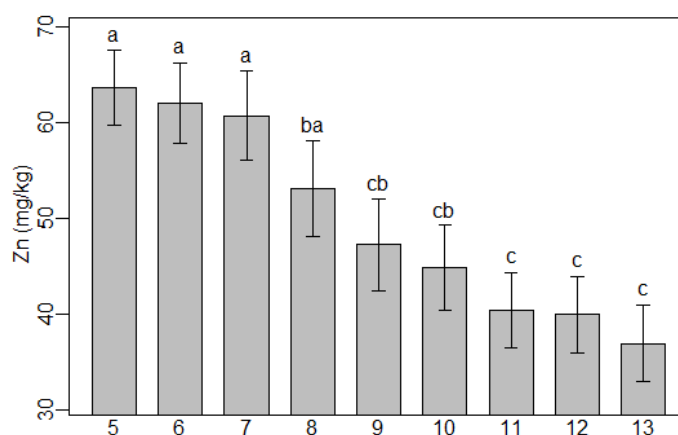
Tudi pri vsebnostih Ca nismo opazili significantnih razlik, predvsem zaradi velikih razlik med posameznimi kultivarji (Grafikon 21). Če opazujemo posamezne kultivarje, lahko opazimo dva različna trenda nalaganja tega minerala. Večina kultivarjev je vsebovala več Ca na začetku (t.j. 5. MPS) in koncu obdobja, ki so ga zajemale naše analize (13. MPS). Pri kultivarjih VU 409, VU 454, VU 1822 pa smo višje vsebnosti izmerili v 7. in 8. MPS. V povprečju je bila najvišja vsebnost Ca zabeležena 5. MPS, in sicer 1046 mg/kg, najnižja pa 8. MPS 851 mg/kg. Večina kultivarjev je kazala podoben trend (najvišje vrednosti 5. MPS in 13. MPS, najnižje 8. in 9. MPS). Najvišjo vsebnost smo izmerili v kormih kultivarja VU 190 z vrednostjo 2527 mg/kg 5. MPS. Najnižja vsebnost pri tem kultivarju pa je bila zabeležena 10. MPS (1474 mg/kg). Najnižje vrednosti so bile izmerjene v kormih kuktivarja VU 141. Najvišja vsebnost pri tem kultivarju (568 mg/kg) je bila zabeležena 7. MPS, najnižja (320 mg/kg) pa 13. MPS.



**Grafikon 21:** Povprečna vsebnost kalcija v kormih tara od 5. do 13. MPS

**Graph 21:** Average calcium content measured from 5 to 13 MAP in taro corms

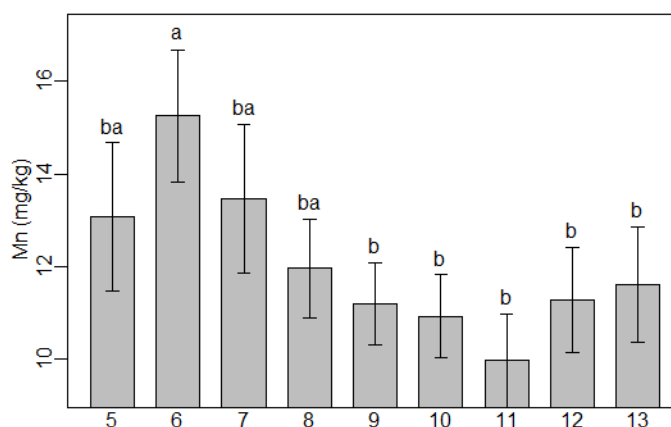
Razlike v vsebnosti Zn med posameznimi meseci so v veliki meri predstavljale posebnost. V prvih treh mesecih naših vzorčenj 5., 6., 7. MPS so bile vrednosti najvišje (Grafikon 22). V 5. MPS je bila povprečna vrednost 63,5 mg/kg. Nato je na 'časovni' polovici naših vzorčenj (9. MPS) vsebnost padla na 47,2 mg/kg. Najnižja vrednost je bila izmerjena 13. MPS, in sicer 36,9 mg/kg, kar je 58 % razlike med maksimumom in minimumom. Zadnji trije meseci naših vzorčenj (11., 12. in 13. MPS) se med sabo prav tako niso razlikovali, vrednosti so bile nizke. Najvišji razpon med posameznimi meseci smo zaznali pri kultivaju VU 141, in sicer 69,8 mg/kg (5. MPS) in 18,1 mg/kg (13. MPS).



**Grafikon 22:** Povprečna vsebnost cinka v kormih tara od 5. do 13. MPS

**Graph 22:** Average zinc content measured from 5 to 13 MAP in taro corms

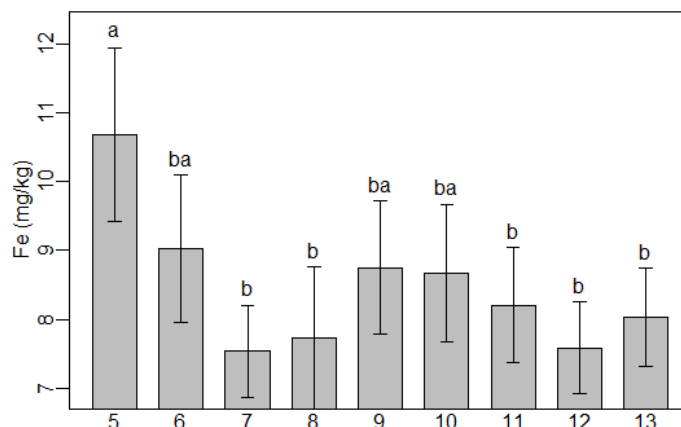
Vsebnost Mn je bila najvišja 6. MPS (15,3 mg/kg) (Grafikon 23). Sorazmerno visoke vsebnosti smo zaznali tudi 5., 7. in 8. MPS, vendar med njimi ni bilo signifikantnih razlik. Za ostale mesece so bile značilne nižje vrednosti in tudi tu ni bilo signifikantnih razlik. Najvišjo vsebnost smo izmerili v kormih kultivarja VU 141, in sicer 24,5 mg/kg (7. MPS). Minimum pri tem kultivarju je bil 10,8 mg/kg (11. MPS). Minimum smo pri večini kultivarjev zabeležili 11. MPS.



**Grafikon 23:** Povprečna vsebnost mangana v kormih tara od 5. do 13. MPS

**Graph 23:** Average manganese content measured from 5 to 13 MAP in taro corms

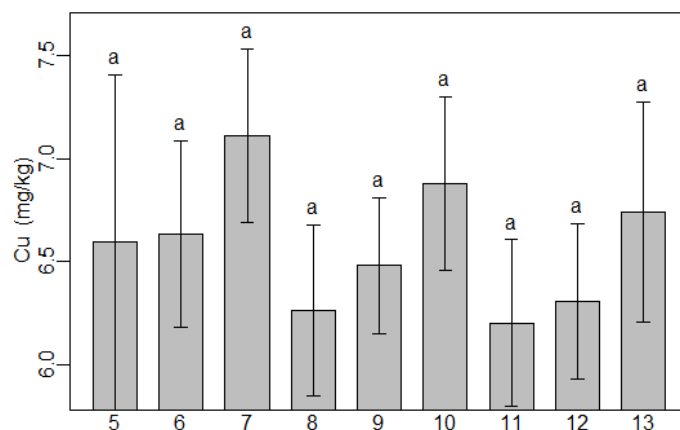
Meritve so pokazale, da je vsebnost Fe v kormih tara najvišja 5. MPS (10,68 mg/kg) (Grafikon 24). V 6. MPS pade na 9,02 mg/kg, 7. MPS pa na 7,53 mg/kg. Višje vsebnosti so ponovno zaznane med 9. MPS (8,75 mg/kg) in 10. MPS (8,67 mg/kg). Vsebnosti tega minerala v zadnjih mesecih ponovno padejo. Najvišje povprečne vrednosti smo zabeležili v kormih kultivarja VU 396. Vrednost pri tem kultivarju 5. MPS je bila 22,83; 12. MPS pa 9,75 mg/kg.



**Grafikon 24:** Povprečna vsebnost železa v kormih tara od 5. do 13. MPS

**Graph 24:** Average iron content measured from 5 to 13 MAP in taro corms

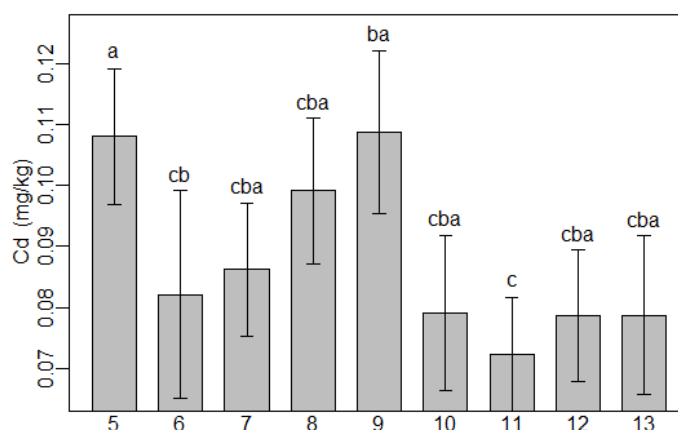
Vsebnosti Cu se med posameznimi meseci niso značilno razlikovale. Večina kutivarjev ima nekoliko višje vrednosti 7., 10. in 13. MPS (Grafikon 25).



**Grafikon 25:** Povprečna vsebnost bakra v kormih tara od 5. do 13. MPS

**Graph 25:** Average copper content measured from 5 to 13 MAP in taro corms

Vsebnost Cd je bila visoka 5. MPS (0,108 mg/kg), nato je padla in ponovno narasla 9. MPS (0,109 mg/kg). Trinajsti MPS je bila 0,079 mg/kg (Grafikon 26). Vsebnosti Cd so sorazmerno nizke, kljub temu obstajajo signifikantne razlike med nekaterimi meseci.



**Grafikon 26:** Povprečna vsebnost kadmija v kormih tara od 5. do 13. MPS

**Graph 26:** Average cadmium content measured from 5 to 13 MAP in taro corms

#### 4.6.6 Čas spravila

Ker je rast tara zelo odvisna od sorte (genetske strukture), kakovosti sadilnega materiala in okoljskih razmer, je zelo težko definirati čas zrelosti tara. Začetek zrelosti lahko opišemo: (i) ko se pojavijo znaki ostarelosti kormov, (ii) ko je dosežen maksimalni pridelek, (iii) ko je dosežena najboljša kakovost kormov, (iv) ko obseg korma na zgornjem delu upade in (v) ko stranjski poganki presežejo maso glavnega korma in listi fenološko ostarijo. V kolikor je sadilni material dober, rastlina raste hitreje in korm prej doseže večjo maso in velikost. Ker je sadilni material zelo redko izenačen, je tudi dozorevanje praviloma dokaj neenakomerno. Na čas dozorevanja vpliva osončenost in nadmorska višina (Ivančič in Lebot 2000).

Delež vlage in posledično delež SS vplivata neposredno na prehransko kakovost kormov. Lebot in sod. (2011) navajajo, da kultivarji z višjimi vsebnostmi SS veljajo za bolj zaželeni v prehrani. Iz tega sledi, da je korme smotrno izkopavati takrat, ko je vsebnost vlage najnižja.

Na osnovi predstavljenih ugotovitev bi bilo zelo težko napovedati pravilen čas spravila tara. Kormi dozoriijo med šestim in enajstim mesecem, odvisno od kultivarja in podnebnih razmer (Manner in Taylor 2011). Nekateri avtorji omenjajo 9. MPS, ko naj bi večina kultivarjev dozorela (Plucknett in de la Pena 1971, Sivan 1984, Miyasaka in sod. 2003). Pri naši raziskavi smo opazili velike razlike med posameznimi kultivarji. Pri vseh, ne glede na kultivar, se je

masa korma po 5. MPS kontinuirano povečevala. Kot je bilo omenjeno, je delež vlage zelo pomemben za kakovost korma. Vlaga je bila najnižja 9. MAP. Ker je vsaj delno povezana s količino padavin, bi lahko trdili, da je čas, ko je najmanj padavin, najboljši čas za izkopavanje. Prav tako je s kakovostjo povezan delež škroba. Če analiziramo delež škroba opazimo, da le-ta začne padati po 9. MPS. Ker sta vsebnosti škroba in vlage v kormu tara povezani s prehransko preferenco (večji delež škroba, manjši delež vlage – bolj so kormi zaželeni), lahko začnemo s pravilom, ko je delež škroba najvišji in vlaga najnižja, to pa je 9. MPS. Prehransko pomembni proteini hitro padejo po prvih mesecih. Pri vsebnosti mineralov obstajajo velike razlike tako med posameznimi meseci kot med posameznimi kultivarji. Kljub pomembnosti vseh mineralov se moramo osredotočiti na tiste, za katere je znano, da so v državah v razvoju še posebej v pomanjkanju: Zn, Mn in deloma Fe. Vsebnosti teh mineralov v kormih hitro padejo v teku vegetacije. Vsebnosti Fe sta 7. in 8. MPS nižji, narasteta pa v 9. MPS. Vsebnost Mg je v povprečju nekoliko višja 7. in 9. MPS. Vsebnost Ca je višja le na začetku in na koncu rastne dobe. Prav tako moramo upoštevati, da delež poškodb, zaradi gnitja in škodljivcev v teku vegetacije ves čas raste (Miyasaka in sod. 2003). Na osnovi opazovanj in ugotovitev lahko trdimo, da različni kultivarji zelo različno dozorevajo in je to dejstvo treba upoštevati ob pravilu. Ob upoštevanju vseh dejavnikov in kriterijev kakovosti moramo pravilo tara umestiti nekje med 7. in 9. MPS.

## 5.0 SKLEPI

V disertaciji sta predstavljeni dve temi, povezani s procesom nalaganja hranilnih snovi v kormu tara. Prva tema se nanaša na nalaganje snovi v različnih delih korma, druga je povezana z dinamiko nalaganja tekom vegetacijske dobe.

Različni deli korma vsebujejo različne vsebnosti posameznih hranilnih snovi. Na ta način lahko vplivajo na prehransko kakovost posameznih delov korma. Za zgornji del korma so značilne višje vsebnosti nekaterih pomembnih mineralov, a hkrati tudi nitratov, ki v prehrani niso zaželeni. Ta del je zelo pomemben pri vegetativnem razmnoževanju, saj se na začetku rasti hranilne snovi črpajo prav iz tega dela. Ca in Zn se v višjih koncentracijah nahajata v marginalnem delu. Lupljenje najbolj vpliva na količino zaužitega Ca, medtem ko je Zn v višjih koncentracijah tudi v zgornjem delu. Kljub vsemu priporočamo tanjše lupljenje. Centralni del, ki je ključen v prehrani ljudi, ima visoke koncentracije škroba, surovih proteinov, K, P, Mg, Zn, Fe, Cu in Cd. Analize vsebnosti Cr in Pb so pokazale, da so bile koncentracije pri vseh kultivarjih in v vseh posameznih delih pod mejo določljivosti.

Izračuni dnevno zaužitih posameznih nutrientov kažejo, da je taro zadovoljiv glede vsebnosti škroba, Zn in Cu v prehrani odraslih ljudi. Po drugi strani pa ne more zadostiti dnevnih potreb ljudi po proteinih, Ca, Fe in P. Pri dnevnem prehranjevanju s tarom je priporočljivo, da obroke kombiniramo z drugimi živili, ki vsebujejo višje vsebnosti teh snovi.

V času vegetacije je masa kormov ves čas naraščala, podobno je bilo tudi po polni zrelosti. Vsebnost škroba je rastle do 9. MPS (meseca po sajenju), in je nato začela upadati. To je bilo verjetno zaradi redukcije števila listov in listne površine, kar je posledično vplivalo na fotosintetsko aktivnost rastline, in s tem posredno na vsebnost škroba. Pri dozorelih rastlinah se je povečala tudi rast stolonov in stranskih poganjkov, ki so prav tako črpali asimilate za svoj razvoj. Vsebnosti surovih proteinov so bile najvišje v prvih mesecih jemanja vzorcev. Vsebnosti P, K, Mg in Ca se v času rasti niso signifikantno razlikovale. Signifikantnih razlik med posameznimi meseci ni bilo možno evidentirati predvsem zaradi velikih razlik med posameznimi kultivarji. Vsebnosti Zn so bile v prvih treh mesecih naših vzorčenj 5., 6., 7. MPS najvišje, nato pa so vrednosti padle. Vsebnost Mn je bila najvišja 6. MPS. Meritve so

pokazale, da je bila vsebnost Fe v kormih tara najvišja 5. MPS, po 6. MPS so vsebnosti padle ter nato ponovno narasle med 9. MPS in 10. MPS. Vsebnosti Cu se med posameznimi meseci niso bistveno razlikovale, večina kutivarjev je imela nekoliko višje vsebnosti 7., 10. in 13. MPS. Vsebnost Cd je bila najvišja 5. MPS. Glede na dejstvo, da smo maksimalno izenačili velikost in maso sadilnega materiala, prav tako pa so bili maksimalno izenačeni tudi rastni pogoji (okolje), lahko domnevamo, da so bile razlike v rasti v glavnem posledica specifične genetske strukture posameznega kultivarja. Razlike v vsebnostih med posameznimi meseci lahko povežemo z razvojem rastline, podnebnimi značilnosti ter boleznimi in škodljivci, ki vplivajo na rast in razvoj rastline med vegetacijo. Ob upoštevanju vseh omenjenih okoljskih dejavnikov, genetskih in fizioloških značilnosti ter kriterijev, povezanih s kakovostjo, lahko zaključimo, da je najugodnejši čas za spravilo najverjetneje nekje med 7. in 9. MPS.



## 6.0 POVZETEK

### 6.1 Povzetek

V disertaciji sta predstavljeni dve temi, povezani s procesom nalaganja hranilnih snovi v kormu tara. Prva tema se nanaša na nalaganje snovi v različnih delih korma, druga je povezana z dinamiko nalaganja med rastno dobo.

Rezultati naše raziskave kažejo, da je zgornji del, ki igra ključno vlogo pri vegetativnem razmnoževanju, pomemben za shranjevanje proteinov, P, Mg, Zn, Fe, Mn, Cu in Cd. Ta del vsebuje višje vsebnosti nitratov, ki niso zaželeni v prehrani ljudi. Osrednji del, ki je ključen v prehrani ljudi, vsebuje višje koncentracije škroba, K, Mg, Zn, Fe, Cu in Cd. Ca kaže drugačno dinamiko nalaganja. Najbolj je koncentriran v spodnjem in marginalnem delu. Koncentracije proučevanih hranil v spodnjem delu so bile relativno nizke, z izjemo Ca. Spodnji del predstavlja najstarejše tkivo in je najmanj pomemben v prehrani ljudi. Ca, Zn in Mn so tudi koncentrirani bolj v marginalnem delu, ki se po navadi odstrani z obrezovanjem in lupljenjem. Globoko lupljenje lahko vpliva le na vsebnost Ca, ne pa tudi na vsebnost Zn in Mn, saj sta prisotna v večjih koncentracijah tudi v zgornjem in/ali centralnem delu. Razlike med posameznimi deli korma so tudi pri vsebnosti vlage. Signifikantne razlike smo opazili med zgornjim in centralnim delom ter spodnjim in marginalnim. Vrednosti Cr in Pb so bile pod mejo določljivosti. Koncentracije posameznih hranilnih snovi so se razlikovale tudi med posameznimi kultivarji. Iz tega lahko zaključimo, da lahko koncentracije ciljnih pomembnih hranilnih snovi vsaj delno izboljšamo s primerno selekcijo, izbiro kultivarjev in/ali ustrezno tehniko lupljenja. Če so hranilne snovi koncentrirane bolj v robnem (marginalnem) delu, lupljenje ne sme biti pregloboko. Nihanja med posameznimi kultivarji kažejo na to, da je zelo pomembna izbira genotipov in da moramo dati prednost tistim, ki so bogatejši s ciljnimi hranilnimi snovmi (npr. Fe, Mn in Zn), ki jih v prehrani primanjkuje. To je še posebej pomembno v državah v razvoju. Podatki o variiranju med posameznimi kultivarji so lahko koristni tudi pri načrtovanju hibridizacije v selekcijskih programih tara.

Na podlagi naših raziskav lahko trdimo, da se kormi tara v času vegetacije razlikujejo med seboj po svoji masi, vsebnosti vlage in hranilnih snovi. Masa posameznih kormov je ves čas

vegetacije naraščala. Povprečna masa kormov je 5. MPS znašala 264 g, 9. MPS narastla na 1114 g in 13. MPS znašala 1885 g. Vsebnost škroba je naraščala med 5. in 9. MPS, ko je dosegla maksimum. Po tem mesecu je vsebnost padala in dosegla minimum v 13. MPS. Vsebnosti surovih proteinov so bile najvišje v prvih mesecih poteka naše raziskave. Maksimum je zabeležen prav 5. MPS, nato je vsebnost padla. Med posameznimi meseci ni bilo opaznih razlik v vsebnostih P, K, Mg, Cu in C, predvsem zaradi velikih razlik med posameznimi kultivarji. Vsebnosti Zn so bile najvišje v prvih treh mesecih naših vzorčenj (5., 6., 7. MPS) in se med seboj niso signifikantno razlikovale. Nato je na 'časovni' polovici naših vzorčenj (9. MPS) vsebnost Zn padla in najnižja vrednost je bila zaznana 13. MPS. Vsebnost Mn je bila najvišja 6. MPS in se je signifikantno razlikovala od drugih mesecev. Sorazmerno visoke vsebnosti Mn so bile zaznane tudi 5., 7. in 8. MPS. Meritve so pokazale, da je vsebnost Fe v kormih tara najvišja 5. MPS in se signifikantno razlikuje od ostalih mesecev. Po 6. MPS vsebnosti tega elementa padejo ter ponovno narastejo med 9. in 10. MPS. Vsebnost Cd je bila najvišja 5. MPS, nato je padla in ponovno narasla 9. MPS. Glede na dejstvo, da smo maksimalno izenačili velikost in maso sadilnega materiala, prav tako so bile maksimalno izenačene tudi rastne razmere (okolje), lahko domnevamo, da so bile razlike v rasti v glavnem posledica genetske strukture posameznega kultivarja. S kakovostjo je tesno povezan tudi delež škroba. Če analiziramo delež škroba, vidimo, da le-ta začne padati po 9. MPS. Vlaga je bila najnižja 9. MAP. Ker sta vsebnosti škroba in vlage v kormu tara povezani s prehransko preferenco (večji delež škroba, manjši delež vlage – bolj so kormi zaželeni). Lahko trdimo, da je najboljša kakovost 9. MPS in da je to pravi čas za spravilo. Kljub vsemu moramo upoštevati, da vsebnost prehransko pomembnih proteinov, Zn, Mn, in Fe sorazmerno hitro pada v času zorenja kormov. Ob upoštevanju vseh dejavnikov in kriterijev kakovost je priporočljivo spravilo tara umestiti nekje med 7. in 9. MPS.

## 6.2 Summary

The aim of this doctoral thesis is to expand the knowledge about the dynamics of major nutrient accumulation in taro corms. In the thesis, two main topics related to the process of nutrient accumulation in taro corm are dealt with: the first topic is associated with the concentration variations of different chemical substances in four crucial parts, while the second topic deals with the dynamics of build up of nutrients throughout the vegetation period.

The results of our investigation suggest that the upper part, which plays a very important role in vegetative propagation, is an important location for proteins, P, Mg, Zn, Fe, Mn, Cu and Cd. The upper part is also characterised by a higher nitrate content, which is not desirable in the human diet. The central part, which is crucial for human nutrition, is characterized by higher concentrations of starch, K, P, Mg, Zn, Fe Cu and Cd. Ca is more densely concentrated in the lower and marginal parts. The concentrations of the studied nutrients in the lower part were found to be relatively low, with the exception of Ca. The lower part represents the oldest tissue and is the least important part for human nutrition. The marginal part, which is partly removed by peeling, is characterized by higher concentrations of Ca, Zn and Mn. Deep peeling can affect only the content of Ca, but not the contents of Zn and Mn, because they are also present in relatively high concentrations in the upper and central parts., There were also differences in moisture content in different sections of the corm. Significant differences were determined between the upper and central parts, and the lower and marginal parts. The values of Cr and Pb were below the limit of quantification. The concentrations of individual studied substances also depended on the genetic structure, i.e. the cultivar. This indicates that the concentration of a targeted nutrient could be at least partly improved by genetic breeding, selection of proper genotype, and/or through the appropriate peeling technique. If one important nutrient tends to be more concentrated in the marginal part, the peeling should not be deep. The variations among cultivars also suggest, that the selection of genotypes richer in nutrients (i.e., Fe, Mn and Zn) that are deficient in the diet, is possible. This is especially important for developing countries. The data may also be useful in planning hybridization in taro breeding programs.

Research related to the temporal dynamics of growth shows that concentrations of different analysed chemical substances changed through the vegetation period. The weight of the corms was increasing throughout the vegetation period. The average weight of the corms at 5 MAP was 264 g, at 9 MAP it rose to 1114 g, and the average weight at 13 MAP was 1885 g. The starch content was increasing during the period from 5 to 9 MPS, when it reached its maximum. After 9 MAP its content decreased and reached the minimum at 13 MAP. The crude protein content was the highest during the first few months covered by our study; the maximum was recorded at 5 MAP and then its content declined. No significant differences in the content of P, K, Mg, Ca and Cu were observed during the growth period and this was mainly due to the big differences among cultivars. The Zn content was highest during the first three months of our sampling (5, 6, 7 MAP). At 9 MAP, Zn started to decline and its lowest value was determined at 13 MAP. The content of Mn reached its maximum at 6 MAP and it was significantly different when compared to the other months. A relatively high content of Mn was determined at 5, 7 and 8 MAP. The maximum content of Fe was achieved at 5 MAP, and was significantly different from the content determined during other months. After 6 MAP its level decreased and then increased again at 9 and 10 MAP. The content of Cd reached its peak at 5 MPS, then it decreased and raised again at 9 MPS. Considering the fact that the planting material and the growing conditions (the environment) were maximally uniform, we can assume that the differences in growth and other quantitative traits were mainly due to the differences in genetic structure of the individual cultivars. The content of starch, which is an important parameter of quality, began decreasing at 9 MAP. The moisture content reached its lowest value at 9 MAP. As the starch content and moisture in taro corms are closely associated with the food preference (preferred is a higher content of starch and less moisture) we can conclude that the best quality is achieved at 9 MAP - and that should be the most appropriate time for harvest. Nevertheless, we have to consider that the amount of nutritionally important proteins, Zn, Mn and Fe are decreasing rapidly during the growth period. When taking into account all relevant factors and quality criteria we recommend that taros should be harvested before 9 MAP (i.e., between 7 and 9 MAP).

## LITERATURA

- Aboubakar, Njintang YN, Scher J, Mbofung CMF. 2008. Physicochemical, thermal properties and microstructure of six varieties of taro (*Colocasia esculenta* (L.) Schott) flours and starches. *J. Food Eng.*, 86: 294-305.
- Akita S. 1995. Dry matter production of rice population. V: Matsuo T, Kumasawa K, Ishii R, Ishihara K, Hirata H. (eds.), *Science of the rice plant*. FAPRC, Tokyo: 648-661.
- AOAC (The association of official agricultural chemists). 1995. Protein (crude) determination in animal feed: Copper catalyst Kjeldahl method. (984.13), *Official methods of analysis of AOAC International 16th Ed.* Arlington, Vol. 1: Chapter 4, str. 11.
- AOAC (The association of official agricultural chemists). 2005. Starch (total) in cereal products. Amyloglucosidase- $\alpha$ -amylase method (996.11). *Official methods of analysis of AOAC International 18th Ed.* Gaithersburg, Vol. 1: Chapter 32, str. 25.
- Aprianita A, Purwandari U, Watson B, Vasiljevic T. 2009. Physico-chemical properties of flours and starches from selected commercial tubers available in Australia. *Int. Food Res. J.*, 16, 4: 507-520.
- Aregheore EM, Perera D. 2003. Dry matter, nutrient composition and palatability/acridity of eight exotic cultivars of cocoyams-taro (*Colocassia esculenta*) in Samoa. *Plant Foods Hum. Nutr.*, 58, 3: 1-8.
- Baker DA, Moorby J. 1969. The transport of sugar, water, and ions into developing potato tubers. *Ann. Bot.*, 33, 4: 729-741.
- Bates D, Maechler M, Bolker B, Walker S. 2014. lme4: Linear mixed-effects models using eigen and S4. /elektronski vir/: <https://cran.r-project.org/web/packages/lme4/index.html> (10.8.2014)

- Batra J, Seth PK. 2002. Effect of iron deficiency on developing rat brain. *Indian J. Clin. Biochem.* 17, 2: 108-114.
- Bihmidine S, Hunter III CT, Johns CE, Koch KE, Braun DM. 2013. Regulation of assimilate import into sink organs: update on molecular drivers of sink strength. *Front. Plant Sci.*, 4, 177: 1-15.
- Bohn L, Meyer AS, Rasmussen SK. 2008. Phytate: impact on environment and human nutrition. A challenge for molecular breeding. *J. Zhejiang Univ. Sci. B.*, 9, 3: 165-191.
- Bradbury JH, Holloway WD. 1988. Chemistry of tropical root crops: Significance for nutrition and agriculture in the Pacific. Australian Centre for International Agricultural Research (ACIAR), Canberra: 201 str.
- Brennan RF. 2005. Zinc Application and Its Availability to Plants. Ph. D. dissertation, School of Environmental Science, Division of Science and Engineering, Murdoch University.
- Broadley MR, White PJ, Hammond JP, Zelko I, Lux A. 2007. Zinc in plants. *New Phytol.*, 173, 4: 677-702.
- Brown AC, Reitzenstein JE, Liu J, Jodus MR. 2000. The anti-cancer effects of poi (*Colocasia esculenta*) on colonic adenocarcinoma cells In vitro. *Phytother. Res.*, 19, 9: 767-771.
- Buléon A, Cotte M, Putaux JL, De Hulst C, Susini J. 2014. Tracking sulfur and phosphorus within single starch granules using synchrotron X-ray microfluorescence mapping. *Biochim. Biophys. Acta*, 1840, 1: 113-119.
- Busse JS, Palta JP. 2006. Investigating the *in vivo* calcium transport path to developing potato tuber using <sup>45</sup>Ca: a new concept in potato tuber calcium nutrition. *Physiol. Plant.*, 128: 313-323.

- Cadmium in food. 2009. Scientific opinion of the panel on contaminants in the food chain on a request from the European commission on cadmium in food. /elektronski vir/ The EFSA Journal 980: 139 str.  
[http://www.efsa.europa.eu/sites/default/files/scientific\\_output/files/main\\_documents/980.pdf](http://www.efsa.europa.eu/sites/default/files/scientific_output/files/main_documents/980.pdf) (12.9.2015)
- Cakmak I, Kalaycı M, Ekiz H, Braun HJ, Kılınç Y, Yılmaz A. 1999. Zinc deficiency as a practical problem in plant and human nutrition in Turkey: A NATO-science for stability project. *Field Crops Res.*, 60, 1: 175-188.
- Cárdenas-Navarro R, Adamowicz S, Robin P. 1999. Nitrate accumulation in plants: A role for water. *J. Exp. Bot.*, 50, 334: 613-624.
- Champagne A, Bernillon S, Moing A, Rolin D, Legendre L, Lebot V. 2010. Carotenoid profiling of tropical root crop chemotypes from Vanuatu, South Pacific. *J. Food Compos. Anal.*, 23, 8: 763-771.
- Champagne A, Hilbert G, Legendre L, Lebot V. 2011. Diversity of anthocyanins and other phenolic compounds among tropical root crops from Vanuatu, South Pacific. *J. Food Compos. Anal.* 24, 3. 315-325.
- Chetty AA, Prasad S. 2009. Flow injection analysis of nitrate-N determination in root vegetables: Study of the effects of cooking. *Food Chem.*, 116, 2: 561-566.
- Clowes AEE, Tatham AS, Beeching JR, Shewry PR. 1995. Characterisation of cassava root proteins. V: Proceedings of the second international scientific meeting of the cassava biotechnology network, Bogor, Indonesia, str. 716-728.
- Cohen CK, Fox TC, Garvin DF, Kochian LV. 1998. The role of iron-deficiency stress. Responses in stimulating heavy-metal transport in plants. *Plant Physiol.*, 116: 1063-1072.

- Coursey DG. 1995. Yams: an account of the nature, origins, cultivation and utilisation of the useful members of the dioscoreaceae. Longman, Harlow, 230 str.
- Deo PC, Harding RM, Taylor M, Tyagi AP, Becker DK. 2009. Somatic embryogenesis, organogenesis and plant regeneration in taro (*Colocasia esculenta* var. *esculenta*). Plant Cell Tiss. Organ Cult., 99: 61-71.
- Ducic T, Polle A. 2005. Transport and detoxification of manganese and copper in plants. Braz. J. Plant Physiol., 17, 1: 103-112.
- Dunbar KR, McLaughlin MJ, Reid RJ. 2003. The uptake and partitioning of cadmium in two cultivars of potato (*Solanum tuberosum* L.). J. Exp. Bot., 54, 381: 349-354.
- Ekwe K, Nwosu K, Ekwe C, Nwachukwu I. 2009. Examining the Underexploited values of cocoyam (*Colocasia* and *Xanthosoma* species) for enhanced household food security, nutrition and economy in Nigeria. V: Jaenicke H, Ganry J, Zeledonhoeschle I, Kahane, R, (eds.), Proceedings of the international symposium on underutilized plants for food security, income and sustainable development, Acta Hortic., 806: 71-78.
- Englberger L, Schierle J, Marks CG, Fitzgerald HM. 2003. Micronesian banana, taro and other foods: newly recognised sources of provitamin A and other carotenoids. J Food Compos. Anal., 16: 3-19.
- FAOSTAT. 2013. FAOSTAT data base. FAO, Rome, 120 str.
- Ferguson TU, Haynes PH, Spence JA. 1980. Distribution of dry matter and mineral nutrients in tubers of two cultivars of *Dioscorea alata* L. Trop. Agric., 57, 1: 61-67.
- Forde BG. 2002. The role of long-distance signalling in plant responses to nitrate and other nutrients. J. Exp. Bot., 53, 366: 39-43.
- Global forum for underutilised species. 2009. /elektronski vir/  
[www.underutilisedspecies.org/about\\_GFU.asp](http://www.underutilisedspecies.org/about_GFU.asp) (5.6.2015)



- Goenaga R. 1995. Accumulation and partitioning of dry matter in taro (*Colocasia esculenta* [L.] Shott). *Ann. Bot.*, 76, 4: 337-341.
- Goenaga R, Chardon U. 1995. Growth, yield and nutrient uptake of taro grown under upland conditions. *J. Plant Nutr.*, 18, 5: 1037-1048.
- Gouveia GA. 2002. Influence of N fertilization, leaf cutting, and intercropping on taro growth and production in a fluventic eutropepts soil. *Trop. Agric.*, 79: 69-77.
- Haas M, Forbush III B. 2000. The Na-K-Cl cotransporter of secretory epithelia. *Annu. Rev. Physiol.*, 62, 1: 515-534.
- Hammond JP, White PJ. 2008. Sucrose transport in the phloem: integrating root responses to phosphorus starvation. *J. Exp. Bot.*, 59, 1: 93-109.
- Hänsch R, Mendel RR. 2009. Physiological functions of mineral micronutrients (Cu, Zn, Mn, Fe, Ni, Mo, B, Cl). *Curr. Opin. Plant Biol.*, 12, 3: 259-266.
- Harris PJ, Ferguson LR, Robertson AM, McKenzie, RJ, White JB. 1992. Cell-wall histochemistry and anatomy of taro (*Colocasia esculenta*). *Aust. J. Bot.*, 40, 2: 207-222.
- Hays VW, Swenson MJ. 1985. Minerals and bones. *Dukes' physiology of domestic animals*, Cornell University Press, London, str. 449-466.
- Heisler EG, Siciliano J, Treadway RH, Woodward CF. 1963. After-cooking discoloration of potatoes. Iron content in relation to blackening tendency of tissuea. *J. Food Sci.*, 28, 4: 453-459.
- Himeda M, Njintang N, Nguimbou R, Gaiani C, Scher J, Facho B, Mbofung C. 2012. Physicochemical, rheological and thermal properties of taro (*Colocassia esculenta*) starch harvested at different maturity stages. *Int. J. Biosci.*, 2, 3: 14-27.

- Hothorn T, Bretz F, Westfall P. 2008. Simultaneous inference in general parametric models. *Biom. J.*, 50, 3: 346–363.
- Huang CC, Chen WC, Wang CCR. 2007. Comparison of Taiwan paddy- and upland-cultivated taro (*Colocasia esculenta* L.) cultivars for nutritive values. *Food Chem.*, 102, 1: 250-256.
- Institute of Medicine, National Academy of Sciences. 2006. Dietary reference intakes: The essential guide to nutrient requirements. Otten JJ, Pitz Hellwig J, Meyers LD (eds.). Washington DC /elektronski vir/  
[http://www.nal.usda.gov/fnic/DRI/Essential\\_Guide/DRIEssentialGuideNutReq.pdf](http://www.nal.usda.gov/fnic/DRI/Essential_Guide/DRIEssentialGuideNutReq.pdf)  
(5.8.2014)
- IPGRI, 1999. Descriptor list for *Colocasia esculenta*. International Plant Genetic Resources Institute. Rome, 56 str.
- Ivancic A, Lebot V. 2000. The genetics and breeding of taro; Séries Repères CIRAD, Montpellier, 199 str.
- Jacobs BC, Chand V. 1992. Large headsets and improved cultivar enhance growth and development of taro (*Colocasia esculenta* [L.] Schott) during establishment. *J. Agron. Crop Sci.*, 168, 2: 119-127.
- JECFA. 2000. Summary and conclusions of the fifty-fifth meeting, Geneva, 6-15 June 2000. Geneva, World Health Organization, Joint FAO/WHO Expert Committee on Food Additives.
- Jenner CF. 1982. Storage of starch. *Plant carbohydrates I*. Springer Berlin, Heidelberg, str. 700-747.

- Karo Bešter P. 2013. Ocena tveganja vnosa kadmija z vrtninami na lokalno prebivalstvo Mestne občine Celje. Dokt. disertacija. Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, 130 str.
- Kim SA, Guerinot ML. 2007. Mining iron: iron uptake and transport in plants. *FEBS letters*, 581, 12: 2273-2280.
- Kladnik A. 1999. Lokalizacija genske ekspresije nekaterih encimov sladkornega metabolizma v tkivih koruze (*Zea mays* L.), Diplomaska naloga, Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za biologijo, 62 str.
- Kobayashi NI, Tanoi K, Hirose A, Saito T, Noda A, Iwata N, Nakano A, Nakamura S, Nakanishi TM. 2011. Analysis of the mineral composition of taro for determination of geographic origin. *J. Agric. Food Chem.*, 59, 9: 4412-4417.
- Kreike CM, Van Eck HJ, Lebot V. 2004. Genetic diversity of taro, *Colocasia esculenta* (L.) Schott, in Southeast Asia and the Pacific. *Theor. Appl. Genet.*, 109, 4: 761-768.
- Kristl J, Veber M, Slekovec M. 2002. The application of ETAAS to the determination of Cr, Pb and Cd in samples taken during different stages of the winemaking process. *Anal. Bioanal. Chem.*, 37: 200-204.
- Kronzucker HJ, Glass AD, Siddiqi MY. 1999. Inhibition of nitrate uptake by ammonium in barley. Analysis of component fluxes. *Plant Physiol.* 120, 1: 283-292.
- Kuruvilla KM, Singh A. 1981. Karyotypic and electrophoretic studies on taro and its origin. *Euphytica*, 30, 2: 405-413.
- Lebot V, Aradhya KM. 1991. Isozyme variation in taro (*Colocasia esculenta* (L.) Schott) from Asia and Oceania. *Euphytica*, 56, 1: 55-66.
- Lebot V, Prana MS, Kreike N, Van Heck H, Pardales J, Okpul T, Yap TC. 2004. Characterisation of taro (*Colocasia esculenta* (L.) Schott) genetic resources in Southeast Asia and Oceania. *Genet. Resour. Crop Evol.*, 51, 4: 381-392.

- Lebot V. 2009. Tropical root and tuber crops: cassava, sweet potato, yams and aroids. Crop production science in horticulture: 17; CABI, United Kingdom. str. 279-360.
- Lebot V, Malapa R, Bourrieau M. 2011. Rapid estimation of taro (*Colocasia esculenta*) quality by near-infrared reflectance spectroscopy. J. Agr. Food Chem., 59, 17: 9327-9334.
- Lenth RV, Hervé M. 2014. lsmeans: Least-Squares Means. R package /elektronski vir/ (version 2.13). <https://cran.r-project.org/web/packages/lsmeans/lsmeans.pdf> (6.7.2014)
- Lewu MN, Adebola PO, Afolayan AJ. 2010. Effect of cooking on the mineral contents and anti-nutritional factors in seven accessions of *Colocasia esculenta* (L.) Schott growing in South Africa. J. Food Comp. Anal., 23: 389-393.
- Liang W, Nie Y, Wang J, Wu J, Liu H, Wang Q, Huang L, Guo H, Shu B, Lv J. 2011. Three-dimensional positron emission tomography/computed tomography analysis of  $^{13}\text{NO}_3^-$  uptake and  $^{13}\text{N}$  distribution in growing kohlrabi. Anal. Chem. 83: 578-584.
- Liener IE. 1994. Implications of antinutritional components in soybean foods. Crit. Rev. Food Sci. Nutr., 34, 1: 31-67.
- Lindhauer MG, De Fekete MAR. 1990. Starch synthesis in potato (*Solanum tuberosum*) tubers: Activity of selected enzymes in dependence of potassium content in storage tissue. V: Plant Nutrition—Physiology and Applications. Springer Netherlands. str. 643-647.
- Liu H, Shi C, Zhang HZ, Chai S. 2013. Effects of potassium on yield, photosynthate distribution, enzymes' activity and ABA content in storage roots of sweet potato (*Ipomoea batatas* Lam.). Aust. J. Crop Sci., 7, 6: 735-743.
- Maga JA. 1992. Taro: composition and food uses. Food Rev. Int., 8, 3: 443-47.

- Malhotra VK. 1998. Biochemistry for students. Tenth edition. Jaypee brothers medical publishers Ltd, New Delhi, 677 str.
- Manner HI, Taylor M. 2011. Farm and forestry production and marketing profile for taro (*Colocasia esculenta*). /elektronski vir/ Specialty crops for Pacific island agroforestry. Permanent agriculture resources (PAR), Holualoa, Hawai'i, <http://agroforestry.net/free-publications/specialty-crops-for-pacific-island-agroforestry> (14.3.2014).
- Manners DJ. 1974. The structure and metabolism of starch. V: Campbell PN, Dickens F. (eds.), Essays in biochemistry, Academic Press, New York, str. 23-35.
- Marschner H. 1995. Mineral nutrition of higher plants (2nd ed.). Academic Press, London, 899 str.
- Martin C, Smith AM. 1995. Starch biosynthesis. The Plant Cell, 7, 7: 971.
- Masclaux-Daubresse C, Daniel-Vedele F, Dechorgnat J, Chardon F, Gaufichon L, Suzuki A. 2010. Nitrogen uptake, assimilation and remobilization in plants: challenges for sustainable and productive agriculture. Ann. Bot., 10: 1-17.
- Matthews PJ. 2004. Genetic diversity in taro, and the preservation of culinary knowledge. Ethnobotany Res. Appl., 2: 55-71.
- Matthews PJ. 2010. The global diversity of taro: Ethnobotany and conservation. Bioersity International, Rome, 202 str.
- Miller AJ, Fan X, Orsel M, Smith SJ, Wells DM. 2007. Nitrate transport and signaling. J. Exp. Bot., 58, 9: 2297-2306.
- Milman N. 2011. Iron in pregnancy: how do we secure an appropriate iron status in the mother and child? Ann. Nutr. Metab., 59: 50-54.

- Miyasaka SC, Ogoshi RM, Tsuji GY, Kodani LS. 2003. Site and planting date effects on taro growth. *Agron. J.*, 95, 3: 545-557.
- Murray RK, Granner DK, Mayes PA, Rodwell VW. 2000. *Harper's Biochemistry*, 25th Edition, McGraw-Hill, Stamford: 169-170.
- Muthukumarasamy M, Panneerselvam R. 2000. Carbohydrate metabolism in yam tubers during storage and sprouting. *Trop. Sci.*, 40, 2: 63-66.
- Mwenye OJ, Labuschagne MT, Herselman L, Benesi IRM. 2011. Mineral composition of Malawian cocoyam (*Colocasia esculenta* and *Xanthosoma sagittifolium*) genotypes. *J. Biol. Sci.*, 11: 331-335.
- Noonan S, Savage GP. 1999. Oxalate content of food and its effect on humans. *Asia Pac. J. Clin. Nutr.*, 8, 1: 64-74.
- Ogunmodede OT, Adewole E, Adeniran OA, Adewale OB, Adewumi F. 2012. Contents of nitrosamine and its precursors in some roasted Nigerian food grains, tubers and animals and their potential ingestion in the diet. *Arch. Appl. Sci. Res.*, 4, 1: 285-291.
- Oke OL. 1990. Roots, tubers, plantains and bananas in human nutrition. Food and nutrition series no. 24, FAO, Rome, 182 str.
- Okumoto S, Pilot G. 2011. Amino acid export in plants: a missing link in nitrogen cycling. *Mol. Plant*, 4, 3: 453-463.
- Onwueme I C. 1978. *The tropical tuber crops: yams, cassava, sweet potato, and cocoyams*. John Wiley and Sons Inc., New York, 234 str.
- Onwueme I. 1999. *Taro cultivation in Asia and the Pacific*. Food and agriculture organization, Regional office for Asia and the Pacific, Bangkok, 48 str.

- Paesano R, Berlutti F, Pietropaoli M, Pantanella F, Pacifici E, Goolsbee W, Valenti P. 2010. Lactoferrin efficacy versus ferrous sulfate in curing iron deficiency and iron deficiency anemia in pregnant women. *Biometals*, 23, 3: 411-417.
- Page V, Feller URS. 2005. Selective transport of zinc, manganese, nickel, cobalt and cadmium in the root system and transfer to the leaves in young wheat plants. *Ann. Bot.*, 96, 3: 425-434.
- Pardales JR. 1985. Dry matter accumulation and partitioning in upland taro main plants under drought stress condition. *Philipp. J. Crop. Sci.*, 10, 1: 13-16.
- Paull RE, Tang CS, Gross K, Uruu G. 1999. The nature of the taro acidity factor. *Postharv. Biol. Technol.*, 16, 1: 71-78.
- Pérez E, Schultz FS, de Delahaye EP. 2005. Characterization of some properties of starches isolated from *Xanthosoma sagittifolium* (tannia) and *Colocassia esculenta* (taro). *Carbohydr. Polym.*, 60, 2: 139-145.
- Perry GH, Dominy NJ, Claw KG, Lee AS, Fiegler H, Redon R. 2007. Diet and evolution of human amylase gene copy number variation. *Nat. Genet.*, 39: 1256-1260.
- Pittman JK. 2005. Managing the manganese: molecular mechanisms of manganese transport and homeostasis. *New Phytol.*, 167, 3: 733-742.
- Plucknett DL, de la Pena, RS. 1971. Taro production in Hawaii. *World crops*. 23, 5: 244-249.
- Plucknett DL, Smith NJH, Williams JT, Anishetty NM. 1983. Crop germplasm conservation and developing countries. *Science*, 220, 4593: 163-169.
- Plucknett DL. 1984. Edible aroids. V: Simmonds NW. (edt.). *Evolution of crop plants*. Longman, London, str. 10-12.

- Prasad HK, Singh U. 1991. Effect of photoperiod and temperature on growth and development of taro (*Colocasia esculenta* (L.) Schott). V: Sing U. (eds.). Proceedings of the workshop on taro and tannier modeling, str. 29-35.
- Prasad MNV. 1995. Cadmium Toxicity and Tolerance in Vascular Plants. *Environmental and Exp. Bot.*, 35: 525-545.
- Prychid CJ, Rudall PJ. 1999. Calcium oxalate crystals in monocotyledons: A review of their structure and systematics. *Ann. Bot.*, 84, 6: 725-739.
- Puig S, Peñarrubia L. 2009. Placing metal micronutrients in context: transport and distribution in plants. *Curr. Opin. Plant Biol.*, 12, 3: 299-306.
- Purseglove JW. 1972. *Tropical Crops. Monocotyledons. Vol. 1, 2.*, Longman, London: 607 str.
- Ramanatha Rao V, Matthews PJ, Eyzaguirre PB, Hunter D. 2010. The global diversity of taro: Ethnobotany and conservation. Bioversity International, Rome: 202 str.
- Reynolds SG. 1977. A study of the growth period of the taro plant (*Colocasia esculenta* (L) Schott cv Niue) in Western Samoa. Technical paper - South Pacific commission. V: Reynolds SG. (eds.). *Collected papers: Regional Meeting on the Production of Root Crops.* South Pacific Commission, New Caledonia, Fiji, str: 62-67.
- Samira R, Stallmann A, Massenbun LN, Long TA. 2013. Ironing out the issues: integrated approaches to understanding iron homeostasis in plants. *Plant Sci.*, 210: 250-259.
- Santamaria P, Elia A, Serio F, Todaro E. 1999. A survey of nitrate and oxalate content in fresh vegetables. *J. Sci. Food Agric.*, 79, 1: 1882-1888.
- Santamaria P. 2006. Nitrate in vegetables: toxicity, content, intake and EC regulation. *J. Sci. Food Agric.*, 86, 1: 10-17.



- Saure MC. 2005. Calcium translocation to fleshy fruit: its mechanism and endogenous control. *Sci. Hort.*, 105, 1: 65-89.
- Schachtman DP, Reid RJ, Ayling SM. 1998. Phosphorus uptake by plants: From soil to cell. *Plant Physiol.*, 116, 2: 447-453.
- Schlemmer U, Frolich W, Prieto RM, Grases F. 2009. Review: Phytate in foods and significance for humans: Food sources, intake, processing, bioavailability, protective role and analysis. *J. Food Nutr. Res.*, 53, 2: 330-375.
- Sefa-Dedeh S, Agyir-Sackey EK. 2002. Starch structure and some properties of cocoyam (*Xanthosoma sagittifolium* and *Colocasia esculenta*) starch and raphides. *Food Chem.*, 79, 4: 435-444.
- Sefa-Dedeh S, Agyir-Sackey EK. 2004. Chemical composition and effect of processing on oxalate content of cocoyam *Xanthosoma sagittifolium* and *Colocasia esculenta* cormels. *Food Chem.*, 85, 479-487.
- Shannon JC, Garwood DL, Whistler RL, BeMiller JN, Paschall EF. 1984. Starch: chemistry and technology. Academic Press, Orlando: str. 718
- Shapses SA, Sukumar D, Schneider SH, Schlussek Y, Brolin RE, Taich L. 2012. Hormonal and dietary influences on true fractional calcium absorption in women: role of obesity. *Osteoporosis Int.*, 23, 11: 2607-2614.
- Sharma P, Dubey RS. 2005. Lead toxicity in plants. *Braz. J. Plant Physiol.*, 17, 1: 35-52.
- Shewry PR. 2003. Tuber storage proteins. *Ann. Bot.*, 91,7: 755-769.
- Sillanpää M. 1982. Micronutrients and the nutrient status of soils: a global study (No. 48). FAO, Rome, 444 str.
- Sivan P. 1984. Review of taro research and production in Fiji. *Fiji Agric. J.*, 43: 59-68.

- Soetan KO, Olaiya CO, Oyewole OE. 2010. The importance of mineral elements for humans, domestic animals and plants: A review. *J. Agric. Food Chem.*, 4, 5: 200-222.
- Stark DM, Timmerman KP, Barry GF, Preiss J. Kishore GM. 1992. Regulation of the amount of starch in plant tissues by ADP glucose pyrophosphorylase. *Science*, 258, 5080: 287-292.
- Sturm A, Tang GQ. 1999. The sucrose-cleaving enzymes of plants are crucial for development, growth and carbon partitioning. *Trends Plant Sci.*, 4, 10: 401-407.
- Subramanian NK, White P J, Broadley, MR, Ramsay, G. 2011. The three-dimensional distribution of minerals in potato tubers. *Ann. Bot.*, 107, 4: 681-691.
- Summary report of Seventy-third meeting. 2010. Joint FAO/WHO Expert Committee on Food Additives. /Elektronski vir/Geneva: 12 str.  
<http://www.fao.org/food/food-safety-quality/scientific-advice/jecfa/en/> (10. oktober 2015)
- Suzuki M, MacLeod LB. 1970. Effect of N source, and rate of N, P and K on the ammonium, amino, and amide nitrogen levels in vegetative tissue of barley grown in hydroponic culture. *Can. J. Plant Sci.*, 50, 4: 445-450.
- Taiz L, Zeiger E. 2010. *Plant physiology*. Sinauer associates Inc. publishers, Sunderland, 782 str.
- Talwana HL, Tumuhimbise R, Osiru DSO. 2010. Comparative performance of wetland taro grown in upland production system as influenced by different plant densities and seedbed preparation in Uganda. *J. Root Crops*, 36, 1: 65-71.
- Tang MC, Copeland L. 2007. Investigation of starch retrogradation using atomic force microscopy. *Carbohydr. Polym.*, 7, 1: 1-7.

- Tapiero H, Tew KD. 2003. Trace elements in human physiology and pathology: zinc and metallothioneins. *Biomed. Pharmacother.*, 57, 9: 399-411.
- Team R Core. 2014. R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria.
- Tegeder M, Rentsch D. 2010. Uptake and partitioning of amino acids and peptides. *Mol. Plant*, 3, 6: 997-1011.
- Tureson H. 2014. Carbon allocation in underground storage organs, Doktorska disertacija, Faculty of Landscape Architecture, Horticulture and Crop Production Science Department of Plant Breeding, Alnarp: 53 str.
- Ugwu FM, Oranye NA. 2006. Effects of some processing methods on the toxic components of African breadfruit (*Treculia africana*). *Afr. J. Biotechnol.*, 5, 22.
- Vodnik D. 2012. Osnove fiziologije rastlin. Oddelek za agronomijo, Biotehniška fakulteta, Ljubljana, 143 str.
- Vormann J. 2012. Magnesium. V: Stipanuk MH, Caudill MA. (eds.), *Biochemical, physiological, and molecular aspects of human nutrition*. (3rd ed.). Elsevier Saunders Publishing, Philadelphia, 747-759.
- Viola R. 2000. Tuber filling and starch synthesis in potato. *Dev. Crop Sci.*, 26, str. 169-194.
- Weigel HJ. 1985. Inhibition of photosynthetic reactions of isolated intact chloroplasts by cadmium. *J. Plant Physiol.*, 119, 2: 179-189.
- Weightman RM, Dyer C, Buxton J, Farrington DS. 2006. Effects of light level, time of harvest and position within field on the variability of tissue nitrate concentration in commercial crops of lettuce (*Lactuca sativa*) and endive (*Cichorium endiva*). *Food Addit. Contam.* 23, 5: 462-469.

White PJ, Broadley MR. 2003. Calcium in plants. *Ann. Bot.*, 92, 4: 487-511.

White PJ, Brown PH. 2010. Plant nutrition for sustainable development and global health. *Ann. Bot.*, 105, 7: 1073-1080.

Williams JT, Haq N. 2002 Global research on underutilised crops. An assessment of current activities and proposals for enhanced cooperation. International centre for underutilised crops, Southampton, 46 str.

Young VR, Pellett PL. 1994. Plant proteins in relation to human protein and amino acid nutrition. *Am. J. Clin. Nutr.*, 59, 5: 1203-1212.

## ZAHVALA

*Posebna zahvala gre mentorici docentki dr. Janji Kristl, ki me je vodila skozi ves doktorski študij. Zahvaljujem se ji za obsežno pomoč, tako pri uvajanju v laboratorijsko delo, kot pomoči pri pisanju doktorata. Zahvaljujem se ji za vse nasvete in spodbude.*

*Zahvala gre tudi rednemu profesorju dr. Antonu Ivačiču, za vse nasvete v zvezi z delom in življenjem na otoku Espiritu Santo v državi Vanuatu, ter za vso pomoč pri pisanju doktorata. Prav tako se mu zahvaljujem za vse spodbude in življenjski zgled.*

*Dr. Vincentu Lebotu se zahvaljujem za pomoč in nasvete pri delu in poskusih. Prav tako hvala vsem sodelavcem, domačinom v Vanuatu, ki so z mano delali na poljih.*

*Kolegici Andreji Šober in vsem študentom, s katerimi smo skupaj sodelovali na projektu, se zahvaljujem za sodelovanje.*

*Zahvaljujem se docentu dr. Mitji Kolarju in študentki Anki Hotko za nasvete pri delu.*

*Največja zahvala gre mojemu očetu in mami, ki sta mi ves čas stala ob strani.*

*Iskreno zahvala tudi vsem tistim, ki ste kakorkoli pripomogli k nastanku tega dela.*

## Priloga 1

### SOFINANCIRANJE

Naloga je bila sofinancirana s strani Tematskega programa varne preskrbe s hrano Evropske Unije (Grant No. DCI\_FOOD/2010/230-267) in Fakultete za kmetijstvo in biosistemske vede Univerze v Mariboru.

Prav tako je bila naloga sofinancirana s strani »Inovativne sheme za sofinanciranje doktorskega študija za spodbujanje sodelovanja z gospodarstvom in reševanja aktualnih družbenih izzivov – generacija 2012 Univerza v Mariboru«.

Sofinancerji niso odgovorni za vsebino doktorske disertacije in uporabo podatkov.

## Priloga 2



Fakulteta za kmetijstvo  
in biosistemske vede

### IZJAVA DOKTORSKEGA KANDIDATA

Podpisani-a Andrej MERGEDUŠ,  
vpisna številka 51063163

**izjavljam,**

da je doktorska disertacija z naslovom Časovna dinamika in variacija kemijske sestave posameznih delov korma tara (*Colocasia esculenta*)

- rezultat lastnega raziskovalnega dela,
- da so rezultati korektno navedeni in
- da nisem kršil-a avtorskih pravic in intelektualne lastnine drugih.

Podpis doktorskega-e kandidata-ke:

## Priloga 3



### IZJAVA KANDIDATOVEGA MENTORJA O USTREZNOSTI DOKTORSKE DISERTACIJE

Podpisani-a doc. dr. Janja KRISTL, mentor-ica doktorskemu-i

kandidatu-ki, izjavljam, da je doktorska disertacija z naslovom Časovna dinamika in variacija kemijske sestave posameznih delov korma tara (*Colocasia esculenta*),

ki jo je izdelal-a doktorski-a kandidat-ka

Andrej MERGEDUŠ,

v skladu z odobreno temo, Pravilnikom o pripravi in zagovoru doktorske disertacije ter mojimi navodili in predstavlja izviren prispevek k razvoju znanstvene discipline.

Datum in kraj:

16. 3. 2016

Podpis mentorja-ice?

J. Kristl



## Priloga 4



Fakulteta za kmetijstvo  
in biosistemske vede

### IZJAVA O OBJAVI ELEKTRONSKE VERZIJE DOKTORSKE DISERTACIJE IN OSEBNIH PODATKOV, VEZANIH NA ZAKLJUČEK ŠTUDIJA

Ime in priimek doktoranda-ke: Andrej MERGEDUŠ

Vpisna številka: 51063163

Študijski program: KMETIJSTVO

Naslov doktorskega dela:

Časovna dinamika in variacija kemijske sestave posameznih delov korma tara  
(Colocasia esculenta)

Mentor-ica: doc. dr. Janja KRIST

Somentor-ica: red. prof. dr. Anton IVANČIČ

Podpisani soglašam z objavo doktorske disertacije v Digitalni knjižnici Univerze v Mariboru.

Tiskana verzija doktorske disertacije je istovetna elektronski verziji, ki sem jo oddal-a v Digitalno knjižnico Univerze v Mariboru.

Podpisani-a hkrati izjavljam, da dovoljujem objavo osebnih podatkov, vezanih na zaključek študija (ime, priimek, leto in kraj rojstva, datum diplomiranja, naslov diplomskega dela) na spletnih straneh in v publikacijah Univerze v Mariboru.

Datum in kraj:

16. 3. 2016

Podpis doktoranda-ke:

## Priloga 5

### OBJAVE

#### 1.01 Izvirni znanstveni članek

1. MERGEDUŠ, Andrej, KRISTL, Janja, IVANČIČ, Anton, ŠOBER, Andreja, ŠUŠTAR, Vilma, KRIŽAN, Tomaž, LEBOT, Vincent. Variation of mineral composition in different parts of taro (*Colocasia esculenta*) corms. *Food chemistry*, ISSN 0308-8146. [Print ed.], 2015, vol. 170, march, str. 37-46.

2. KRISTL, Janja, IVANČIČ, Anton, MERGEDUŠ, Andrej, SEM, Vilma, KOLAR, Mitja, LEBOT, Vincent. Variation of nitrate content among randomly selected taro (*Colocasia esculenta* (L.) Schott) genotypes and the distribution of nitrate within a corm. *Journal of food composition and analysis*, ISSN 0889-1575, April 2016, vol. 47, str. 76-81.

#### 1.08 Objavljeni znanstveni prispevek na konferenci

3. MERGEDUŠ, Andrej, ATUNG, Cyril, NASS-KOMOLONG, Birte, KRISTL, Janja, IVANČIČ, Anton, LEBOT, Vincent. Starch, proteins and minerals content of Papua New Guinea taro (*Colocasia esculenta*) corms. *Atiner's Conference Paper Series*, ISSN 2241-2891, no. AGR2014-1181, str. 3-10. <http://www.atiner.gr/papers/AGR2014-1181.pdf>.

4. MERGEDUŠ, Andrej, KRISTL, Janja, IVANČIČ, Anton, ŠOBER, Andreja, LEBOT, Vincent. Variation of potassium contents in taro [*Colocasia esculenta* (L.) Scott] corms. V: VOJTÍŠKOVÁ, Jiřina (ur.). *Proceedings of 3rd International horticultural conference for post-graduate students 2013, Lednice the Czech Republik, October 23rd-24th 2013*. Brno; Lednice: Mendel University: Czech Society for Horticultural Science: Faculty of horticulture, 2013, str. 106-112.