

**UNIVERZA V LJUBLJANI  
BIOTEHNIŠKA FAKULTETA  
ODDELEK ZA BIOLOGIJO**

Ana ŽNIDARŠIČ

**POMEN IZBRANIH ABIOTSKIH IN BIOTSKIH DEJAVNIKOV ZA  
MINERALNO PREHRANO VINSKE TRTE (*Vitis vinifera*) SORTE  
“REFOŠK” IZ DVEH VINOGRADOV V SLOVENSKI ISTRI**

DIPLOMSKO DELO

Univerzitetni študij

**SIGNIFICANCE OF SELECTED ABIOTIC AND BIOTIC FACTORS  
FOR MINERAL NUTRITION OF VINE (*Vitis vinifera*) SPECIES  
“REFOŠK” FROM TWO VINEYARD IN SLOVENIAN ISTRIA**

GRADUATION THESIS

University studies

Ljubljana, 2011

Diplomska naloga je zaključek Univerzitetnega študija biologije. Opravljena je bila na katedri za rastlinsko fiziologijo Oddelka za biologijo Biotehniške fakultete v Ljubljani, kjer je bila izvedena tudi večina poskusov. Meritve so bile opravljene na Odseku za fiziko nizkih in srednjih energij Inštituta Jožef Stefan v Ljubljani.

Študijska komisija Oddelka za biologijo je za mentorico diplomske naloge imenovala prof. dr. Marjano Regvar.

Komisija za oceno in zagovor:

Predsednica: doc. dr. Jasna Dolenc Koce  
Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za biologijo

Članica: prof. dr. Alenka Gaberščik  
Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za biologijo

Članica: prof. dr. Marjana Regvar  
Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za biologijo

Članica: doc. dr. Katarina Vogel-Mikuš  
Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za biologijo

Datum zagovora: 13.10.2011

Podpisana se strinjam z objavo svoje naloge v polnem tekstu na spletni strani Digitalne knjižnice Biotehniške fakultete. Izjavljam, da je naloga, ki sem jo oddala v elektronski obliki, identična tiskani verziji.

Naloga je rezultat lastnega raziskovalnega dela.

Ana Žnidaršič

## KLJUČNA DOKUMENTACIJSKA INFORMACIJA

ŠD Dn  
DK 581.13:581.14:582.783(043.2)=163.6  
KG vinska trta/»Refošk«/mineralna hranila/arbuskularna mikoriza/fotosintezni pigmenti/  
sladkorji/fenoli  
AV ŽNIDARŠIČ, Ana  
SA REGVAR, Marjana (mentor)  
KZ SLO, 1000 Ljubljana, Večna pot 111  
ZA Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za biologijo  
LI 2011  
IN POMEN IZBRANIH ABIOTSKIH IN BIOTSKIH DEJAVNIKOV ZA MINERALNO  
PREHRANO VINSKE TRTE (*Vitis vinifera*) SORTE "REFOŠK" IZ DVEH  
VINOGRADOV V SLOVENSKI ISTRI  
TD Diplomatska naloga (univerzitetni študij)  
OP XIV, 64 str., 42 pregl., 41 sl., 17 pril., 55 vir.  
IJ sl  
JI sl/en  
AI Namen diplomske naloge je bil ugotoviti, kako različni abiotski in biotski dejavniki vplivajo na mineralno prehrano vinske trte. V dveh vinogradih, ki se med seboj razlikujeta po kvaliteti pridelka (Čerteže in Dobrave) smo junija pobrali vzorce tal, korenin, listov in grozdov. Vzorce listov in grozdov smo pobrali tudi avgusta in septembra, da bi lahko primerjali sezonsko dinamiko. V vzorcih tal smo izmerili koncentracije mineralnih hranil (S, K, Ca, Mn, Fe, Cu in Zn) s standardno rentgensko fluorescenčno spektrometrijo (XRF). V vzorcih korenin, listov, grozdov in soka smo izmerili koncentracije mineralnih hranil z rentgensko fluorescenčno spektroskopijo s popolnim odbojem (XTRF). Fosfor v tleh in rastlinskih organih smo določili fotometrično. V vzorcih tal smo izmerili še količino organske snovi ter pH. V vzorcih korenin smo pregledali tudi kolonizacijo z arbuskularno-mikoriznimi glivami. V vzorcih listov smo izmerili koncentracije fotosinteznih barvil, v vzorcih grozdov pa koncentracije fotosinteznih barvil, fenolov in sladkorjev. Po končanih analizah smo podatke statistično obdelali ter določili prenosne indekse. Ugotovili smo, da je vrednost pH tal rahlo bazična, količina organske snovi v zatravljenih vrstah vinske trte pa je višja kot v nezatravljenih vrstah. Ugotovili smo tudi razlike v gostoti arbuskulov, ki je večja v Dobravah ter pri nezatravljeni vrsti vinske trte. Koncentracije mineralnih hranil v koreninah so nižje kot v tleh. V Čertežah je v avgustu klorofila a v listih manj kot v Dobravah. Koncentracije fosforja in kalija v listih med sezono naraščajo. Koncentracije žvepla, mangana, železa in cinka v listih med sezono padajo. Koncentracije bakra v listih so najnižje junija, narastejo avgusta in spet padejo v septembru. Koncentracija skupnih klorofilov in sladkorjev v grozdih med rastno sezono narašča, skupna koncentracija fenolov v grozdih pa se zmanjšuje. Skupne koncentracije mineralnih hranil v grozdih večinoma padajo med sezono, koncentracije mineralnih hranil v soku pa med sezono naraščajo. Prenosni indeks med tlemi in koreninami je večinoma manjši od 1, prenosni indeks med koreninami in listi je večinoma višji od 1, le pri bakru, železu in cinku je prenosni indeks med koreninami in listi nižji od 1. Prenosni indeks med listi in grozdi večinoma pada med sezono in večinoma ni višji od 1, razmerje mineralnih hranil med grozdi in sokom pa med sezono raste in je večinoma nižje od 1. Ugotovili smo, da na privzem mineralnih hranil iz tal ne vpliva le mineralna sestava tal, temveč tudi vrednost pH, vsebnost organske snovi ter kolonizacija z arbuskularnimi glivami. Ugotovili smo tudi, da je mineralna sestava v različnih organih vinske trte različna, da se mineralna sestava v različnih organih vinske trte spreminja glede na letni čas ter da se vinograda Čerteže in Dobrave v koncentraciji mineralnih hranil v listih in grozdih med seboj razlikujeta.

## KEY WORDS DOCUMENTATION

- DN Dn  
DC 581.13:581.14:582.783(043.2)=163.6  
CX grapevine/»Refošk«/mineral nutrients/arbuscular mycorrhiza/photosintetical pigments/sugars/phenols  
AU ŽNIDARŠIČ, Ana  
AA REGVAR, Marjana (mentor)  
PP SLO, 1000 Ljubljana, Večna pot 111  
PB Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za biologijo  
PY 2011  
TI SIGNIFICANCE OF SELECTED ABIOTIC AND BIOTIC FACTORS FOR MINERAL NUTRITION OF VINE (*Vitis vinifera*) SPECIES "REFOŠK" FROM TWO VINEYARD IN SLOVENIAN ISTRIA  
DT Graduation thesis (university studies)  
NO XIV, 64 p., 42 tab., 41 fig., 17 ann., 55 ref.  
LA sl  
AL sl/en  
AB The aim of the graduation thesis was to study, how different abiotic and biotic parametres affects on mineral nutrition of grapevine. In two vineyards that are different in quality of harvest (Čerteže and Dobrave), we collected soil samples and samples of roots, leaves and clusters in June. In August and September we also collected samples of leaves and clusters to compare seasonal dynamics. In soil samples we measured concentration of mineral nutrients (S, K, Ca, Mn, Fe, Cu in Zn) with standard X-ray fluorescental spectroscopy and in samples of roots, leaves and clusters we measured concentration of mineral nutrients with total reflection X-ray fluorescental spectroscopy. We measured phosphorus in soil and plant samples with fotometric methods. In soil samples we also measured amount of organic matter and pH. In samples of roots we examined the colonization with arbuscular fungi. In samles of leaves we measured amount of photosynthetic pigments and in samples of clusters we measured amount of photosynthetic pigments, phenols and sugars. After we finished analysis, we statistacaly processed results, defined transfer indexes and made linear discriminant analysis. We find out that pH value is slightly basic and amount of organic matter is higher in rows of grapevine with grass than in the ones without grass. We also find out that density of arbusculas if different between places and between rows of grapevine with grass than in the ones without grass. Concentrations of mineral nutrients in roots are smaller than the ones in soil. In Čerteže there is less chlorophyll a in leaves in Avgust than in Dobrave. Concentrations of phosphorus and potassium in leaves are increasing during the season. Concentrations of sulphur, manganese, iron and zinc in leaves are falling during the season and the concentrations of copper are the least in June, increasing in August and again falling in September. Concentrations of chlorophylls and sugars in clusters are increasing during the season and concentration of phenols in clusters is getting smaller during the season. Total concentrations of mineral nutrients in clusters are mostly falling during the season and total concentrations of mineral nutrients in clusters juice are mostly increasing during the season. Transfer indexes between soil and roots is mostly lower than 1 and the transfer indexes between roots and leaves are mostly higher than 1, except at copper, iron and zinc the transfer index is lower than 1. The transfer indexes between leaves and clusters are falling during the season and are mostly lower than 1. Relations between concentrations of mineral nutrients in clusters and clusters juice is increasing during the season and is mostly lower than 1. We find out that not only mineral structure of soil affects on adoption of mineral nutrients from soil, but also pH, amount of organic matter and colonization with arbuscular fungi. We also find out that mineral structure is different in different organs of grapevine, that the mineral structure in different organs of grapevine is changing through the season and Čerteže and Dobrave are distinguished in concentrations of mineral nutrients in leaves and clusters.

## KAZALO VSEBINE

KLJUČNA DOKUMENTACIJSKA INFORMACIJA.....	III
KEY WORDS DOCUMENTATION .....	IV
KAZALO VSEBINE.....	V
KAZALO SLIK.....	VIII
KAZALO PRILOG .....	XII
OKRAJŠAVE IN SIMBOLI .....	XIII
<b>1 UVOD .....</b>	<b>1</b>
1.1 OPREDELITEV PROBLEMA.....	1
1.2 DELOVNE HIPOTEZE: .....	2
1.3 CILJI RAZISKAV:.....	2
<b>2 PREGLED OBJAV .....</b>	<b>3</b>
2.1 VINSKA TRTA ( <i>Vitis vinifera</i> ) .....	3
2.1.1 Sorta “Refošk” .....	3
2.1.2 Vinorodni okoliš Slovenske Istre .....	4
2.1.3 Tla.....	4
2.1.4 Mineralna prehrana vinske trte.....	6
2.1.4.1 Privzem in remobilizacija mineralnih hranil .....	8
2.2 MIKORIZA .....	9
2.2.1 Arbuskularna mikoriza (AM) .....	10
2.2.2 Kolonizacija rastlin z glivami AM .....	11
2.2.3 Kovine in AM.....	12
2.3 RENTGENSKA FLUORESCENČNA SPEKTROMETRIJA .....	12
<b>3 MATERIALI IN METODE .....</b>	<b>14</b>
3.1 VZORČENJE NA TERENU .....	14
3.2 PRIPRAVA VZORCEV ZA ANALIZE .....	14
3.2.1 Priprava talnih vzorcev .....	14
3.2.2 Priprava rastlinskih vzorcev .....	15
3.2.3 Priprava laboratorijskega materiala .....	15
3.3 RENTGENSKA FLUORESCENČNA SPEKTROMETRIJA .....	15
3.3.1 Standardna rentgensko fluorescenčna spektrometrija .....	16
3.3.1.1 Priprava talnih vzorcev.....	16
3.3.1.2 Meritev .....	16
3.3.1.3 Analiza spektra.....	16
3.3.2 Rentgenska fluorescenca s popolnim odbojem .....	16
3.3.3 Analiza fotosinteznih pigmentov.....	18

3.3.4	Analiza sladkorjev in topnih fenolov.....	18
3.3.5	Določanje rastlinam dostopnega fosforja .....	19
3.3.6	Določanje fosfatov v rastlinskih vzorcih razklop s HNO <sub>3</sub> .....	19
3.3.7	Določanje skupne organske snovi v talnih vzorcih .....	21
3.3.8	Statistična analiza .....	21
3.3.9	Kolonizacija korenin z AM glivami .....	22
3.3.9.1	Vzorčenje in barvanje koreninskih fragmentov .....	22
3.3.9.2	Ocenjevanje kolonizacije z AM glivami .....	22
<b>4</b>	<b>REZULTATI.....</b>	<b>23</b>
4.1	VREDNOST pH, DELEŽ ORGANSKE SNOVI IN KONCENTRACIJE MINERALNIH HRANIL V TLEH.....	23
4.2	STOPNJA GLIVNE KOLONIZACIJE.....	25
4.3	KONCENTRACIJE MINERALNIH HRANIL V KORENINAH.....	26
4.4	KONCENTRACIJE FOTOSINTEZNIH PIGMENTOV V LISTIH .....	26
4.5	KONCENTRACIJE MINERALNIH HRANIL V LISTIH.....	27
4.6	KONCENTRACIJE SKUPNIH KLOOROFILOV, FENOLOV IN SLADKORJEV V GROZDIH .....	31
4.7	KONCENTRACIJE MINERALNIH HRANIL V GROZDIH .....	33
4.8	KONCENTRACIJE MINERALNIH HRANIL V SOKU.....	37
4.9	PRENOSNI INDEKS MED TLEMI IN KORENINAMI .....	41
4.10	PRENOSNI INDEKS MED KORENINAMI IN LISTI.....	41
4.11	PRENOSNI INDEKS MED LISTI IN GROZDI.....	42
4.12	LINERARNE DISKRIMINANTNE ANALIZE ZA LISTE IN GROZDE.....	46
<b>5</b>	<b>RAZPRAVA.....</b>	<b>49</b>
5.1	VREDNOST pH, DELEŽ ORGANSKE SNOVI IN KONCENTRACIJE MINERALNIH HRANIL V TLEH.....	49
5.2	STOPNJA GLIVNE KOLONIZACIJE.....	50
5.3	KONCENTRACIJE MINERALNIH HRANIL V KORENINAH.....	50
5.4	KONCENTRACIJE FOTOSINTEZNIH PIGMENTOV V LISTIH .....	51
5.5	KONCENTRACIJE MINERALNIH HRANIL V LISTIH.....	51
5.6	KONCENTRACIJE FOTOSINTEZNIH PIGMENTOV, SLADKORJEV IN FENOLOV V GROZDIH.....	52
5.7	KONCENTRACIJE MINERALNIH HRANIL V GROZDIH IN SOKU .....	52
5.8	PRENOSNI INDEKS MED TLEMI IN KORENINAMI .....	53
5.9	PRENOSNI INDEKS MED KORENINAMI IN LISTI.....	54
5.10	PRENOSNI INDEKS MED LISTI IN GROZDI.....	54
5.11	LINERARNE DISKRIMINANTNE ANALIZE ZA LISTE IN GROZDE.....	54
<b>6</b>	<b>SKLEPI .....</b>	<b>56</b>

<b>7</b>	<b>POVZETEK</b> .....	<b>58</b>
<b>8</b>	<b>VIRI</b> .....	<b>61</b>
	<b>ZAHVALA</b>	
	<b>PRILOGE</b>	

## KAZALO PREGLEDNIC

Tabela 1: Priprava standardnih raztopin za umeritveno krivuljo .....	20
Tabela B1: Povprečna vrednost pH v tleh glede na kraj in zatavljenost	
Tabela C1: Povprečne koncentracije mineralnih hranil ( $\mu\text{g g}^{-1}$ SM) v tleh	
Tabela D1: Povprečne koncentracije mineralnih hranil ( $\mu\text{g g}^{-1}$ SM) v koreninah	
Tabela E1: Rezultati faktorске analize za koncentracijo klorofila a listih	
Tabela F1: Povprečne koncentracije klorofila b in karotenoidov ( $\text{mg g}^{-1}$ SM) v listih	
Tabela G1: Rezultati faktorске analize za koncentracijo fosforja (P) v listih	
Tabela G2: Rezultati faktorске analize za koncentracijo žvepla (S) v listih	
Tabela G3: Rezultati faktorске analize za koncentracijo kalija (K) v listih	
Tabela G4: Rezultati faktorске analize za koncentracijo mangana (Mn) v listih	
Tabela G5: Rezultati faktorске analize za koncentracijo železa (Fe) v listih	
Tabela G6: Rezultati faktorске analize za koncentracijo bakra (Cu) v listih	
Tabela G7: Rezultati faktorске analize za koncentracijo cinka (Zn) v listih	
Tabela H1: Povprečne koncentracije mineralnih hranil ( $\mu\text{g g}^{-1}$ SM) v listih	
Tabela I1: Rezultati faktorске analize za koncentracije klorofilov v grozdih	
Tabela I2: Rezultati faktorске analize za koncentracije sladkorjev v grozdih	
Tabela I3: Rezultati faktorске analize za koncentracije fenolov v grozdih	
Tabela J1: Rezultati faktorске analize za koncentracijo fosforja (P) v grozdih	
Tabela J2: Rezultati faktorске analize za koncentracijo žvepla (S) v grozdih	
Tabela J3: Rezultati faktorске analize za koncentracijo kalcija (Ca) v grozdih	
Tabela J4: Rezultati faktorске analize za koncentracijo mangana (Mn) v grozdih	
Tabela J5: Rezultati faktorске analize za koncentracijo železa (Fe) v grozdih	
Tabela J6: Rezultati faktorске analize za koncentracijo bakra (Cu) v grozdih	
Tabela J7: Rezultati faktorске analize za koncentracijo cinka (Zn) v grozdih	
Tabela K1: Povprečne koncentracije mineralnih hranil ( $\mu\text{g g}^{-1}$ SM) v grozdih	
Tabela L1: Rezultati faktorске analize za koncentracijo fosforja (P) v soku	
Tabela L2: Rezultati faktorске analize za koncentracijo žvepla (S) v soku	
Tabela L3: Rezultati faktorске analize za koncentracijo kalija (K) v soku	
Tabela L4: Rezultati faktorске analize za koncentracijo kalcija (Ca) v soku	
Tabela L5: Rezultati faktorске analize za koncentracijo mangana (Mn) v soku	
Tabela L6: Rezultati faktorске analize za koncentracijo železa (Fe) v soku	
Tabela L7: Rezultati faktorске analize za koncentracijo bakra (Cu) v soku	
Tabela L8: Rezultati faktorске analize za koncentracijo cinka (Zn) v soku	
Tabela M1: Prenosni indeks med tlemi in koreninami za posamezne elemente	
Tabela N1: Prenosni indeks med koreninami in listi za posamezne elemente	
Tabela O1: Rezultati faktorске analize za prenosni indeks za fosfor (P) med listi in grozdi	



Tabela O2: Rezultati factorske analize za prenosni indeks za žveplo (S) med listi in grozdi

Tabela O3: Rezultati factorske analize za prenosni indeks za kalcij (Ca) med listi in grozdi

Tabela O4: Rezultati factorske analize za prenosni indeks za mangan (Mn) med listi in grozdi

Tabela O5: Rezultati factorske analize za prenosni indeks za baker (Cu) med listi in grozdi

Tabela O6: Rezultati factorske analize za prenosni indeks za cink (Zn) med listi in grozdi

Tabela P1: Prenosni indeks med listi in grozdi za posamezne elemente

## KAZALO SLIK

Slika 1: Vpliv vrednosti pH na dostopnost mineralnih hranil (povzeto po Taiz, 2006).....	5
Slika 2: Zemljevid lokacij, na katerih smo pobrali vzorce .....	14
Slika 3: Delež organske snovi v tleh (%) na različnih rastiščih. ....	24
Slika 4: Koncentracija mangana (Mn) v tleh ( $\mu\text{g/g SM}$ ) na različnih rastiščih.....	24
Slika 5: Gostota arbuskulov (A%) v koreninskem sistemu.....	25
Slika 6: Koncentracija klorofila a v listih ( $\mu\text{mol/l}$ ). ....	26
Slika 7: Koncentracija fosforja (P) v listih ( $\mu\text{g/g SM}$ ). ....	27
Slika 8: Koncentracija žvepla (S) v listih ( $\mu\text{g/g SM}$ ). ....	28
Slika 9: Koncentracija kalija (K) v listih ( $\mu\text{g/g SM}$ ) .....	28
Slika 10: Koncentracija mangana (Mn) v listih ( $\mu\text{g/g SM}$ ).....	29
Slika 11: Koncentracija železa (Fe) v listih ( $\mu\text{g/g SM}$ ).....	29
Slika 12: Koncentracija cinka (Zn) v listih ( $\mu\text{g/g SM}$ ).....	30
Slika 13: Koncentracija bakra (Cu) v listih ( $\mu\text{g/g SM}$ ). ....	30
Slika 14: Koncentracija skupnih klorofilov v grozdih ( $\mu\text{mol/l}$ ). ....	31
Slika 15: Koncentracija sladkorjev v grozdih (g/l).....	32
Slika 16: Koncentracija fenolov v grozdih (nmol/g). ....	32
Slika 17: Koncentracija fosforja (P) v grozdih ( $\mu\text{g/g SM}$ ).....	33
Slika 18: Koncentracija žvepla (S) v grozdih ( $\mu\text{g/g SM}$ ).....	34
Slika 19: Koncentracija kalcija (Ca) v grozdih ( $\mu\text{g/g SM}$ ).....	34
Slika 20: Koncentracija mangana (Mn) v grozdih ( $\mu\text{g/g SM}$ ).....	35
Slika 21: Koncentracija železa (Fe) v grozdih ( $\mu\text{g/g SM}$ ).....	35
Slika 22: Koncentracija cinka (Zn) v grozdih ( $\mu\text{g/g SM}$ ).....	36
Slika 23: Koncentracija bakra (Cu) v grozdih ( $\mu\text{g/g SM}$ ). ....	36
Slika 24: Koncentracija fosforja (P) v soku ( $\mu\text{g/ml}$ ). ....	37
Slika 25: Koncentracija žvepla (S) v soku ( $\mu\text{g/ml}$ ). ....	38
Slika 26: Koncentracija kalija (K) v soku ( $\mu\text{g/ml}$ ). ....	38
Slika 27: Koncentracija kalcija (Ca) v soku ( $\mu\text{g/ml}$ ).....	39
Slika 28: Koncentracija mangana (Mn) v soku ( $\mu\text{g/ml}$ ).....	39
Slika 29: Koncentracija železa (Fe) v soku ( $\mu\text{g/ml}$ ).....	40
Slika 30: Koncentracija cinka (Zn) v soku ( $\mu\text{g/ml}$ ).....	40
Slika 31: Koncentracija bakra (Cu) v soku ( $\mu\text{g/ml}$ ). ....	41
Slika 32: Prenosni indeks za baker (Cu) med koreninami in listi. ....	42
Slika 33: Prenosni indeks za fosfor (P) med listi in grozdi. ....	43
Slika 34: Prenosni indeks za žveplo (S) med listi in grozdi. ....	43
Slika 35: Prenosni indeks za kalcij (Ca) med listi in grozdi.....	44
Slika 36: Prenosni indeks za mangan (Mn) med listi in grozdi.....	44

Slika 37: Prenosni indeks za cink (Zn) med listi in grozdi.....	45
Slika 38: Prenosni indeks za baker (Cu) med listi in grozdi. ....	45
Slika 39: Rezultati linearne diskriminantne analize za liste.....	46
Slika 40: Rezultati linearne diskriminantne analize za grozde.....	47
Slika 41: Rezultati linearne diskriminantne analize za liste in grozde.....	48

## KAZALO PRILOG

- PRILOGA A: Mikorizni parametri za oceno obsega kolonizacije koreninskega sistema
- PRILOGA B: vrednost pH v tleh
- PRILOGA C: Koncentracije mineralnih hranil v tleh
- PRILOGA Č: Stopnja glivne kolonizacije
- PRILOGA D: Koncentracije mineralnih hranil v koreninah
- PRILOGA E: Tabela prikaz rezultatov faktorjske analize za koncentracije fotosinteznih pigmentov v listih
- PRILOGA F: Koncentracije klorofila b in karotenoidov v listih
- PRILOGA G: Tabela prikaz rezultatov faktorjske analize za koncentracije mineralnih hranil v listih
- PRILOGA H: Koncentracije mineralnih hranil v listih
- PRILOGA I: Tabela prikaz rezultatov faktorjske analize za koncentracije fotosinteznih pigmentov, sladkorjev in fenolov v grozdih
- PRILOGA J: Tabela prikaz rezultatov faktorjske analize za koncentracije mineralnih hranil v grozdih
- PRILOGA K: Koncentracije mineralnih hranil v grozdih
- PRILOGA L: Tabela prikaz rezultatov faktorjske analize za koncentracije mineralnih hranil v soku
- PRILOGA M: Prenosni indeks med tlemi in koreninami
- PRILOGA N: Prenosni indeks med koreninami in listi
- PRILOGA O: Tabela prikaz rezultatov faktorjske analize za prenosni indeks med listi in grozdi
- PRILOGA P: Prenosni indeks med listi in grozdi

## OKRAJŠAVE IN SIMBOLI

<b>Ca</b>	kalcij
<b>Cu</b>	baker
<b>Fe</b>	železo
<b>K</b>	kalij
<b>Mn</b>	mangan
<b>P</b>	fosfor
<b>S</b>	žveplo
<b>SM</b>	suha masa
<b>TXRF</b>	rentgenska fluorescenčna spektroskopija s popolnim odbojem
<b>XRF</b>	standardna rentgenska fluorescenčna spektrometrija
<b>Zn</b>	cink

## 1 UVOD

### 1.1 OPREDELITEV PROBLEMA

Slovenska Istra je razgibano območje ob slovenski obali in se razprostira med Debelim Rtičem in Piranom do slovensko-hrvaške meje. Vinska trta (*Vitis vinifera*) si je tukaj našla ugodno podnebje, ki je toplo in sončno (Vršič in Lešnik, 2005).

Na mineralno prehrano vinske trte vplivajo različni dejavniki, tako biotski kot abiotski, pomemben vpliv pa ima tudi človek s svojimi posegi. Vinska trta lahko zelo različno uspeva, čeprav za to ni nobenega posebno vidnega razloga. Vinogradniki opažajo, da se med vinogradi pojavljajo razlike v rodnosti vinskih trt in kvaliteti grozdja ter posledično tudi kvaliteti vina.

V raziskavi smo primerjali dva vinograda v sklopu vinske kleti Santomas in sicer v Čertežah in Dobravah. Obema je skupna karbonatna podlaga, flišnato-peščena prst z visoko vsebnostjo kalcija, južna izpostavljenost ter vpliv Mediterana. Čerteže veljajo za eno najboljših in najperspektivnejših vinogradniških leg, saj v tej dolini uspeva grozdje za najboljše vino, v Dobravah pa pridelujejo grozdje za svežo linijo vin, ki niso namenjena daljšemu staranju. V obeh vinogradih raste sorta »Refošk«.

Največja razlika med lokacijama je v obdelavi trt. V Čertežah odstranijo večji del grozdov, kar zagotavlja na eni strani slabši donos, po drugi strani pa večjo vsebnost sladkorjev v posameznem grozdu, kar izboljša kvaliteto grozdja in vina. V Dobravah je obdelava drugačna, saj pustijo večji del grozdov na trti, kar zagotavlja večji donos, vendar pa je posledično vsebnost sladkorjev v posameznem grozdu manjša, slabša pa je tudi kvaliteta vina.

Z raziskavo smo želeli ugotoviti, kako različni abiotski in biotski dejavniki vplivajo na mineralno prehrano vinske trte ter kako se količina mineralnih hranil spreminja skozi letni čas in v obeh vinogradih.

## 1.2 DELOVNE HIPOTEZE:

- Poleg mineralne sestave tal na privzem mineralnih hranil pomembno vplivata tudi vrednost pH in vsebnost organske snovi.
- V različnih letnih časih se mineralna sestava v različnih organih vinske trte spreminja v odvisnosti od abiotskih dejavnikov (pH, organska snov, koncentracija mineralnih hranil v tleh) in biotskih dejavnikov (ontogeneza, kolonizacija s simbiotskimi glivami in endofiti, zatavljenost/nezatavljenost).
- Mineralna sestava v različnih organih vinske trte je različna.

## 1.3 CILJI RAZISKAV:

- Ugotoviti pomen lastnosti tal (pH, organska snov, mineralna sestava) za privzem mineralnih hranil v organe trte (poganjki, korenine, grozdje) in njene produkte.
- Raziskati vlogo sezonskih sprememb (letni čas) pri privzemu mineralnih hranil v trto.
- Preveriti pomen kolonizacije z arbuskularnimi glivami in temnimi septiranimi endofiti za privzem mineralnih hranil v vinsko trto.

## 2 PREGLED OBJAV

### 2.1 VINSKA TRTA (*Vitis vinifera*)

Vinska trta (*Vitis vinifera*) izvira iz področja med Črnim morjem in Kaspijskim jezerom in je ena najstarejših in najpomembnejših kulturnih rastlin. Gojili so jo že v Egiptu 4000 let pr. n. š., Grki so jo dobili od Feničanov okoli 1700 let pr. n. š. in jo v 6. stoletju pr. n. š. zasadili v južni Franciji, Španiji in Italiji, Rimljani pa so jo širili naprej. V 19. stoletju se je v Evropi pojavila trsna uš (*Daktulosphaira vitifoliae*), ki je uničila ogromno trsja. Rešitev je predstavljalo cepljenje evropske trte na ameriško podlago, ki je na trsno uš odporna (Petauer, 1993).

Taksonomsko spada vinska trta v družino vinikovke (*Vitaceae*), kamor spada več kot 1000 vrst iz 15 oziroma 16 rodov. Rod *Vitis* sestavljata dva podroda, *Muscadinia* in *Euvitis*. Podrod *Euvitis* je številčnejši in zajema okoli 70 vrst, med katerimi se nahaja tudi vinska trta (*Vitis vinifera*), medtem, ko podrod *Muscadinia* zajema le 3 vrste (Jackson, 2000).

#### 2.1.1 Sorta "Refošk"

Gojenje sorte "Refošk" je razširjeno v severo-vzhodnem delu Italije, v slovenskem Primorju in v hrvaški Istri. Sorta "Refošk" spada v črnomorsko geografsko-ekološko skupino »Proles pontica« in podskupino »Balcanica«, za katero je značilen povprečno velik in zbit grozd, povprečno velike in okrogle jagode ter veliki in dlakavi listi (Cindrić in sod., 2000).

Sorta "Refošk" je ena naših najstarejših udomačenih vrst in se pojavlja v več različnih v različnih okoljih. Tako na primer nimajo "italijanski" refoški nič skupnega s slovenskimi. Sorta "Refošk" je pri nas najbolj razširjena v vinogradniških okoliših Slovenske Istre in Krasa, kjer se v vinogradih pojavlja v dveh različicah, in sicer kot sorta "Refošk" z zeleno pecljevino in kot sorta "Refošk" z rdečo pecljevino. Kljub temu, da nekateri avtorji trdijo, da sta to dve povsem različni sorti, prva naj bi bila deklarirana kot teran, druga pa kot refošk, še vedno ni dokončno razčiščeno vprašanje stabilnosti osnovnih elementov (Hrček in Korošec-Koruza, 1996).



## 2.1.2 Vinorodni okoliš Slovenske Istre

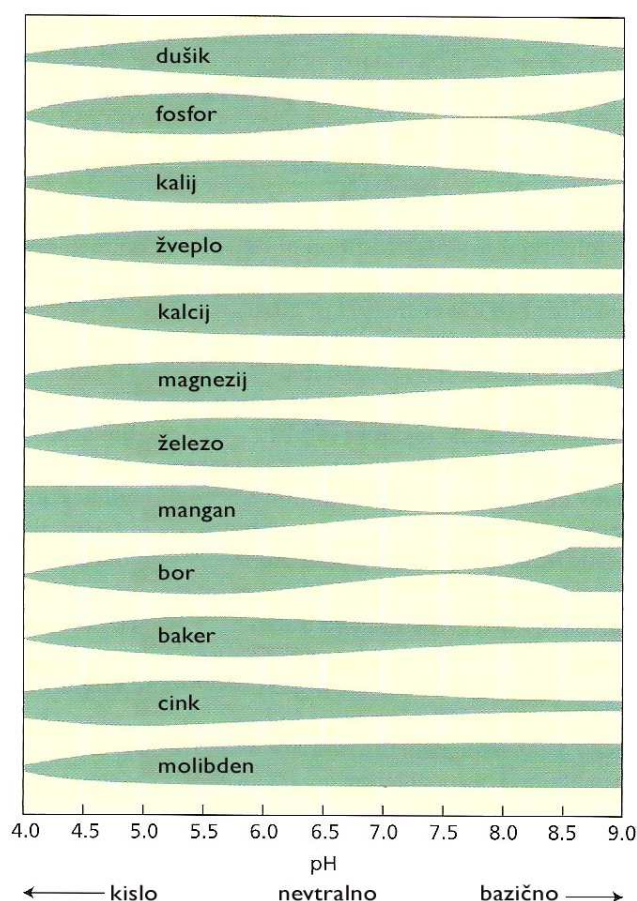
Vinorodni okoliš Slovenske Istre spada v vinorodno deželo Primorsko, kjer zaseda slabih 25 odstotkov površine. Slovenska Istra zajema gričevnato ozemlje v severovzhodnem delu Istrskega polotoka, ki ga geografi imenujejo Šavrinsko gričevje. Ravnega sveta je tu razmeroma malo, pojavlja se le v obalnem pasu. Tla so sestavljena iz eocenskih flišnih usedlin, ki označujejo hitro menjavanje plasti kremenovo apnenčastega peščenjaka in laporja, med katerimi so občasno vloženi skladi apnenca (Elaborat o rajonizaciji..., 1998). Glavni vpliv na tem področju ima sredozemska klima, v zimskem času pa se pogosto pojavi tudi mrzla burja. V slovenski Istri sta najbolj zastopani sorti "Refošk" in "Malvazija" (Štabuc in sod., 2007).

Vzorci smo pobrali v dveh vinogradih v sklopu vinske kleti Santomas in sicer v Čertežah (N= 45° 29.76, E= 13° 42.30) in Dobravah (N= 45° 29.76, E= 13° 42.12). Obema je skupna flišnato-peščena prst z visoko vsebnostjo kalcija, južna izpostavitve ter vpliv Mediterana. Čerteže ležijo v dolini s posebnimi mikroklimatskimi značilnostmi, ki se nahaja med vasmi Padna in Šmarje. Na eni strani jo obkroža tipična Istrska krajina z vinogradi in oljčnimi gaji, na drugem pobočju pa jo obkroža submediteranski gozd, kjer uspevajo puhasti hrast, črni gaber, mali in veliki jesen, ruj in drugo submediteransko rastje. Podlaga je karbonatna, tla imajo obilo kalcija. Prst je svetla, flišnato-peščena na lapornato-skrilasti osnovi. Vinogradniška lega Dobrave prav tako leži v dolini med vasicama Šmarje in Padna. Lega Dobrav je nekoliko bolj v dolini, kar pomeni manjšo osvetljenost s soncem, saj sonce na vinograd v Dobravah posije nekoliko kasneje in nekoliko prej zaide kot pa v Čertežah. V Dobravah pridelujejo grozdje za svežo linijo vin. Bujno rast mladih trt uravnavajo z ročnim redčenjem zelenih delov in grozdja. Vina omenjene lege odražajo mladostno iskrivost trt, na katerih zorijo. So sveža, pitna ter sortno prepoznavna in niso namenjena daljšemu staranju. Podlaga in prst sta zelo podobni tisti v Čertežah. Največja razlika med lokacijama je v obdelavi trt. V Čertežah poleti (sredi julija) odstranijo večji del grozdov, kar zagotavlja na eni strani slabši donos, po drugi strani pa večjo vsebnost sladkorjev v posameznem grozdu, kar vpliva tudi na boljšo kvaliteto grozdja in vina. V Dobravah je obdelava drugačna, saj pustijo večji del grozdov na trti, kar zagotavlja večji donos, vendar pa je posledično vsebnost sladkorjev v posameznem grozdu manjša, slabša pa je tudi kvaliteta vina ([www.santomas.si](http://www.santomas.si)).

## 2.1.3 Tla

Tla so življenjski prostor rastlin in morajo imeti ugodne fizikalne, kemijske in biološke lastnosti (Jackson, 2000).

Vrednost pH je ena bistvenih lastnosti tal, ki vpliva na fizikalno kemične procese v tleh in na fiziološke procese v rastlinah. pH talne raztopine določa koncentracijo disociiranih vodikovih ionov. Izražamo jo s pH vrednostjo in je posledica številnih dejavnikov in procesov, ki se odvijajo v tleh. Talni pH je rezultat ravnotežja med talnimi minerali, ioni v talni raztopini in kationske izmenjave med talno raztopino in adsorpcijskimi kompleksi. Najpomembnejši dejavnik, ki določa razvoj pH v tleh je vsebnost bazičnih kationov v matični podlagi in proces pedogeneze (Zupan in sod., 1998). Trta najbolj uspeva v slabo kislih tleh, kjer je večina hranil najlaže dostopnih. Z večjo stopnjo kislosti se dostopnost hranil večinoma manjša, podobno velja tudi za nevtralna in bazična tla. Povprečna kislost slovenskih tal znaša 6,6 (pH=6,6) (Sušin in sod., 2008). Glede na to, katere sestavine v tleh prevladujejo, reagira zemlja kislo ali bazično, to reakcijo pa usmerja predvsem vrednost apna. Apnenčasta in lapornata tla imajo rahlo bazično reakcijo, tla z zelo kislo reakcijo pa moramo apniti (Vršič in Lešnik, 2005).



Slika 1: Vpliv vrednosti pH na dostopnost mineralnih hranil (povzeto po Taiz, 2006)

Organska snov so živi organizmi in odmrli rastlinski in živalski ostanki. Večina organskih ostankov se vsako leto razgradi (mineralizira) do osnovnih hranil, ki jih lahko primarni producenti ponovno uporabijo. Poleg tega so organske snovi pomembne tudi zato, ker se pri njihovi mikrobiološki razgradnji tvorijo polisaharidi, ki v tleh delujejo kot vezivni material in sodelujejo pri tvorbi strukturnih agregatov. Organska snov v tleh s številnimi prostimi skupinami, kot so karboksilne, karbonilne in druge, povečuje kationsko izmenjevalno kapaciteto tal. Ti pozitivni vplivi so še posebej zaželeni v peščenih tleh, ki imajo sicer majhno kationsko izmenjevalno kapaciteto in majhno sposobnost zadrževanja vode. Organska snov v tleh je vir ogljika za številne talne organizme, ki so aktiven in zelo pomemben del tal (Zupan in sod., 1998). Vsebnost organske snovi je odvisna od klime (večja je v hladnejših in vlažnejših območjih), odtočnosti vode (večja je, kjer voda slabše odteka) ter tipa vegetacije (Brady in Weil, 2008). V vinogradih vinorodnega okoliša Slovenske Istre je povprečno v tleh 1,9 % organske snovi (Mavrič-Štrukelj, 2009), optimalna vrednost organske snovi za vinograd pa bi bila okrog 2% (Leskošek in Vršič, 1999).

V vinogradih Čerteže in Dobrave izvajajo ozelenitev tal in sicer tako, da je vsaka druga vrsta zatravljena (zaraščena s travo). Ozelenitev je koristna za povečanje količine organske snovi v tleh in za izboljšanje prepustnosti tal za zrak in vodo. Učinkuje kot drugačen način gnojenja in zatiranja škodljivcev ter zmanjšuje izgube hranil. Zatravljenost pa nima le dobrih lastnosti, lahko vpliva na povečano pomanjkanje vode v sušnih letih ali sušnih obdobjih, saj vodo poleg vinske trte potrebujejo tudi druge rastline in jo tako trti odtegujejo (Vršič in Lešnik, 2010).

#### **2.1.4 Mineralna prehrana vinske trte**

Elementi, ki so prisotni v tleh, se delijo na esencialne in neesencialne. Esencialni elementi so vsi tisti elementi, ki so potrebni rastlini, da zaključi rastni cikel (Arnon in Stout, 1939). Ob prisotnosti teh elementov in svetlobe lahko rastlina sintetizira vse potrebne snovi za rast. H, C in O rastlina pridobiva iz CO<sub>2</sub> in H<sub>2</sub>O, zato ne spadajo pod mineralna hranila.

V primerjavi z ostalimi gojenimi rastlinami vinska trta nima velikih potreb po hranilih, vendar je gnojenje kljub temu potrebno, da dosežemo pridelek, ki zagotavlja gospodarno pridelavo grozdja. Več problemov v prehrani vinske trte povzroča pretirano gnojenje, predvsem z dušikom. Trta nam z zunanjimi znamenji namreč ne pokaže samo pomanjkanja hranil, ampak tudi njihov presežek (Vršič in Lešnik, 2010).

Glede na količino hranil v rastlinah, jih delimo na glavna hranila ali makroelemente ter na hranila v sledovih ali mikroelemente (Vršič in Lešnik, 2010). Makroelementi so kalcij, dušik,

magnezij, fosfor in žveplo, mikroelementi pa železo, bor, cink, mangan, baker, molibden in klor. Skoraj vse makro- in mikroelemente sprejema trta iz tal prek korenin, iz katerih se hranila potem prevajajo po prevodnih tkivih do tam, kjer so potrebna. Tla so glavno mesto zaloge posameznih hranil in močnejše kot so prekoreninjena, tem večja je možnost izmenjave hranil. Zato je treba gnojenje prilagoditi glede na vsebnost hranil, ki so v tleh prisotna že po naravni poti (Vršič in Lešnik, 2010).

Fosfor (P) je sestavni del intermediatov pri respiraciji in fotosintezi, pa tudi sestavina fosfolipidov in visokoenergijskih molekul (Taiz, 2006). Pospešuje zorenje grozdja in mladik, povečuje rodovitnost in ugodno vpliva na kakovost grozdja in vina. Vpliva tudi na skrajšanje rastne dobe, pripomore k večji vsebnosti sladkorja, sodeluje pri kopičenju rezervnih snovi ter vpliva na večjo odpornost proti suši in pozebi. Rastlina sprejme fosfor skoraj v celoti pred cvetenjem, najdemo pa ga v vseh delih vinske trte, predvsem v mladih delih in cvetovih. Fosfor preide iz grozdja v vino, kjer ga najdemo kot fosfolipid lecitin (Vršič in Lešnik, 2010).

Žveplo (S) je sestavni del beljakovin, ki se nabirajo v trti kot rezerva za naslednjo rastno dobo in ima pomembno vlogo pri dihanju (Vršič in Lešnik, 2010). Najpomembnejši vir žvepla je sulfat, ki se vsrka skozi korenine in se do ostalih rastlinskih organov prenaša po ksilemu. Sulfat se mora po vstopu v rastlino reducirati, da se lahko vgradi v aminokisliline in koencime, medtem, ko se lahko v sulfolipide in polisaharide vgradi nereduciran. Poleg redukcije lahko v rastlini poteka tudi reoksidacija žvepla nazaj v sulfat, ki je najpomembnejši kot zaloga žvepla v rastlini (Marschner, 1995). Žveplo se težko prenaša iz starejših listov v mlajše, zato je njegovo pomanjkanje najprej opazno pri mladih listih (Taiz, 2006).

Kalij (K) je element, od katerega je najbolj odvisna količina in kakovost pridelka ter dozorevanje lesa. Sodeluje pri več kot štiridesetih različnih encimskih reakcijah in je zelo pomemben pri gospodarnejši porabi vode. Ob pravi količini kalija je trta bolj odporna proti glivičnim okužbam in zimskemu mrazu, v grozdnih jagodah je več aromatičnih snovi, les pa je bolj čvrst (Vršič in Lešnik, 2010). Kalij se zlahka prenaša iz starejših v mlajše liste, zato se pomanjkanje najprej pokaže pri starejših listih (Taiz, 2006).

Kalcij (Ca) je nujno potreben pri delitvi celic med rastjo, pa tudi pri klitju semena, uravnavanju presnovnih procesov in vodnega režima v rastlini ter pri nastajanju beljakovin. Poleg tega preprečuje strupenost organskih kislin v organih vinske trte, pri zorenju zmanjšuje količino kislin v jagodah, ugodno vpliva na nastanek sladkorja in aromatičnih snovi ter zmanjšuje negativno delovanje nekaterih drugih elementov, če jih je v tleh preveč (Vršič in Lešnik, 2010). Zaradi pomembne vloge pri delitvi celic, se pomanjkanje kalcija najprej pokaže v nepravilni rasti mladih listov in vršičkov korenin (Taiz, 2006).

Mangan (Mn) je pomemben pri redoks procesih in fotosintezi, poleg tega je potreben tudi pri biosintezi lignina ter za aktivacijo nekaterih encimov (Marschner, 1995). Pomanjkanje mangana se lahko kaže tako na mlajših, kot tudi na starejših listih (Taiz, 2006).

Železo (Fe) je pomembno pri nastajanju klorofila, pri dihanju ter pri presnovi nukleinskih kislin. Poleg tega sodeluje pri tvorbi rdeče barve v jagodnih lupinah, zato so te bolj intenzivno obarvane pri rastlinah, ki rastejo v tleh, v katerih je več železa (Vršič in Lešnik, 2010). Železo je zelo pomembno tudi kot komponenta encimov, ki so vključeni v redoks reakcije. Pomanjkanje se kaže na mladih listih, saj se železo težko prenaša iz starejših listov (Taiz, 2006)

Baker (Cu) je prehodni element, pomemben za elektronski transport. Poleg tega je pomemben tudi kot sestavina encimov ter pri lignifikaciji (Marschner, 1995). Pomanjkanje se najprej pokaže na mlajših listih, ki so lahko deformirani in prekmalu odpadejo (Taiz, 2006).

Cink (Zn) sodeluje pri aktiviranju različnih encimov, prek katerih je udeležen pri tvorbi klorofila, pospešuje aktivnost vitaminov, sodeluje v procesu fotosinteze, pri oksido-redukcijskih procesih v celicah rastlin in v presnovi beljakovin. Pomemben je tudi za spodbujanje nastanka avksinov in povečevanje odpornosti rastlin proti suši ter ugodno vpliva na velikost jagod, vsebnost sladkorja v grozdju in tvorbo kalusa pri zaraščanju cepiča in podlage (Vršič in Lešnik, 2010). Njegovo pomanjkanje se kaže v zmanjšani rasti mednodalne regije, tako, da rastlina ostane pritlikava in razvije rozetasto rast. Poleg tega so lahko deformirani tudi mladi listi (Taiz, 2006).

#### 2.1.4.1 Privzem in remobilizacija mineralnih hranil

Privzem mineralnih hranil poteka v največji meri preko korenin, ki privzemajo iz tal tako esencialna hranila, kot tudi elemente brez znane biološke funkcije. Mineralna hranila (v nadaljevanju hranila) se ob stiku s korenino najprej vežejo na karboksilne skupine sluznih izločkov na površini korenin (Seregin in Ivanov, 2001), po pasivnem vstopu iz talne raztopine v celične stene korenin (Marschner, 1995), pa se del hranil tu veže na negativno nabite poligalakturonske kisline (Seregin in Ivanov, 2001). Preostali del hranil ali vstopi v celice (simplast) ali pa po apoplastu korenine potuje do endodermisa s Kasparijevimi trakovi. Po vstopu v koreninske celice se hranila lahko vežejo na negativne dele topnih citoplazemskih ali vakuolarnih molekul in/ali strukturnih sestavin celice (Greger, 1999).

Obseg privzema hranil v rastline preko korenin je običajno posledica dostopnosti hranila v tleh, transpiracije rastline in njenega selektivnega privzema hranil (Robinson in sod., 2000). Velja, da je pH najpomembnejši dejavnik, ki vpliva na dostopnost hranil in da višji kot je pH, več kot je glinenih delcev in več kot je organske snovi, močnejše so hranila vezana in dalj časa adsorbirana na talne delce (Greger, 1999; Martinez in Motto, 1999; Leštan, 2002). Nizek pH poveča biodostopnost vseh hranil za rastline zaradi večje afinitete protona ( $H^+$ ) za vezavna mesta na negativno nabitih talnih koloidih. Rezultat je sprostitvev hranil (Greger, 1999). pH tal in s tem dostopnost hranil za rastlino je torej odvisna tudi od vrste matične kamnine.

Prenos hranil se v življenjskem krogu rastline dogaja simultano in lahko poteka na kratke ali dolge razdalje. Na kratke razdalje se prenaša med sosednjimi celicami, na daljše razdalje pa po prevodnih tkivih. Transport hranil po rastlini iz korenin v nadzemne dele večinoma poteka po apoplastu (Greger, 1999), najverjetneje v kompleksni obliki z organskimi kislinami in aminokislinami, lahko pa tudi v prosti ionski obliki (Briat in Lebrun, 1999; Greger, 1999; Saxena in sod., 1999, Seregin in Ivanov, 2001). Manjši del transporta hranil po rastlini pa se lahko vrši tudi s floemskim sokom, čeprav sestavljajo floem žive celice, ki vsebujejo veliko snovi, na katere se hranila vežejo (Seregin in Ivanov, 2001).

Remobilizacija hranil temelji na različnih fizioloških in biokemičnih procesih in je pomembna med ontogenetskim razvojem rastline. Pri kalitvi semena je remobilizacija pomembna zato, da se hranila, ki so shranjena v semenu, prenesejo do delov, kjer so potrebna za rast prvih korenin. V kasnejših obdobjih rasti in razvoja rastlin je zelo pomembna remobilizacija hranil iz starejših listov v predele rasti novih listov. Posebno pomembna pa je remobilizacija hranil v reproduktivnem obdobju rastline, saj se morajo hranila, ki so pomembna za kalitev, shraniti v seme. Prav tako se remobilizacija hranil dogaja pri trajnicah pred odpadanjem listov, v krajih z opaznim znižanjem temperature med zimo. Hranila se takrat prenesejo v trajne organe ali pa v olesenele dele rastline (Marschner, 1995).

## 2.2 MIKORIZA

Mikoriza je simbiotska povezava med glivami, ki so specializirane za življenje v tleh ali v rastlini ter med koreninami živih rastlin. Ta povezava je primarno odgovorna za prenos hranil in je prisotna pri več kot 80% rastlin v vseh ekosistemih ter ima različen vpliv na rast in razvoj rastlin v naravnih in kulturnih okoljih (Brundrett, 2004).

Mikoriznih je približno 10% vseh vrst gliv v tleh. Ločimo dve veliki skupini glivnih partnerjev, in sicer aseptirane endofite iz zigomicetnega reda Glomales in septirane glive iz razredov Ascomycetes in Basidiomycetes (Smith in Read, 1997).

Mikorizo delimo na več tipov glede na morfološke značilnosti glivnih struktur in taksonomske skupine gostitelja in glive (Smith in Read, 1997; Barrow, 2003). Različni tipi mikorize so: ektomikoriza (EM), endomikoriza (sem spada tudi arbuskularna mikoriza (AM)), ektendomikoriza, arbutoidna, monotropoidna, erikoidna in orhidejska mikoriza.

Mikorizne glive navadno tvorijo le en tip mikorize, nekatere asko- in bazidiomicete pa lahko tvorijo tako ekto- kot ektendomikorizo, odvisno od morfološkega odziva gostitelja na kolonizacijo (Molina in sod., 1992). Najpogostejša tipa mikorize sta arbuskularna in ektomikoriza.

### **2.2.1 Arbuskularna mikoriza (AM)**

Arbuskularna mikoriza je najstarejši in najpogostejši tip mikorize, saj jo tvori več kot 80% kopenskih rastlinskih vrst, vključno z mahovi in praprotnicami (Wang in Qui, 2006). Verjetno je imela pomembno vlogo pri uspešnem naseljevanju rastlin na kopno in vplivala na evolucijo korenin (Smith in Read, 1997). Talne AM glive tvorijo obligatno simbiozo z rastlino in so vezni člen med tlemi in koreninami rastlin (Christie in sod., 2004). Tvorijo jo samo glive iz debla Glomeromycota (Schüsler in sod., 2001). Pri tem nastajajo neseptirane hife, ki se zadebeljujejo in tvorijo vezikle ali pa se dihotomno znotrajcelično razcepljajo in tvorijo arbuskule (Gurevitch in sod., 2002). Ti so ključni za delovanje celotne simbioze, saj so mesta izmenjave med rastlino in glivo, pri čemer rastlina glivo oskrbuje s fotosinteznimi produkti, ki so edini vir ogljika za glivo, gliva pa rastlini pomaga pri preživetju ob neugodnih abiotskih in biotskih dejavnikih. S tvorbo hif izboljšujejo strukturo rizosfere (glive tvorijo snovi, ki povezujejo delce zemlje in tvorijo trdne agregate, s tem pa zmanjšujejo erozijo tal), poleg tega pa povečajo absorpcijsko površino korenin (Gaur in Adholeya, 2004). S tem povečajo dostop vode in hranil, ki so drugače za rastlino manj dostopna in s tem olajšajo razvoj in preživetje populacije v stresnih razmerah. Absorpcija teh snovi se pri mikoriznih koreninah lahko poveča tudi do 47-krat (Turnau in sod., 2006). Lep primer je fosfor v tleh, ki je zelo slabo mobilni element in je za koreninske laske težko dostopen ter pogosto predstavlja omejujoč dejavnik rasti. Simbioza z glivo rastlini pomaga pri privzemu fosforja. Poleg fosforja lahko AM glive vplivajo tudi na preskrbo rastlin z nekaterimi mikronutrienti, kot sta cink in baker (Hodge in sod., 2001). Poleg povečane preskrbe z vodo in minerali lahko AM glive ščitijo rastlino tudi pred prevelikimi količinami vode ter stresom zaradi slanosti in kovin. Med biotskimi dejavniki

je pomembno omeniti zaščito rastline pred herbivori (nematodi) in paraziti ter pred bakterijskimi in glivnimi boleznimi (Gurevitch in sod., 2002).

V nasprotju z drugimi tipi mikorize, arbuskularne glive navzven ne spremenijo morfologije koreninskega sistema gostiteljske rastline. Karakteristične strukture se razvijejo znotraj korenine. Ker hife prodirajo v koreninske celice, uvrščamo AM med endomikorize. Kolonizacija je omejena na parenhim skorje in povrhnjico, nikoli pa ne vstopa v osrednji cilinder z žilami (Smith in Read, 1997).

Privzem snovi iz zemlje poteka preko glivnega micelija, snovi se nato transportirajo preko glivnih celic do koreninskih celic gostiteljske rastline. Pri tem sodeluje veliko encimatskih procesov, ki zvišujejo učinkovitost privzema. Proces poteka tako, da glive sprostijo encime v okolico, ki trdno vezane snovi sprostijo v okolico in te tako postanejo dostopne. Te snovi nato gliva črpa in jih, kolikor jih ne potrebuje, transportira v rastlino. Nekatere glive so bolj uspešne pri privzemu snovi kot druge, vendar so pri tem pomembni tudi drugi okoljski dejavniki (Zhu in sod., 2001).

## **2.2.2 Kolonizacija rastlin z glivami AM**

Razvoj arbuskularne mikorize je odvisen od rastlinske vrste, AM gliv in od tipa tal. Kolonizacija poteka v več stopnjah: prekolonizacija, primarna kolonizacija, razvoj in obstojnost arbuskulov, razširjanje kolonizacije znotraj korenin in v rizosferi, sekundarna kolonizacija in rast gliv v tleh. Propaguli, ki lahko sprožijo nastanek zunajkoreninskih hif, so spore, okuženi fragmenti korenin in hife. Kalitev spor, rast in razvejanje hif AM gliv stimulirajo izločki gostiteljskih korenin. Ko gliva prepozna gostiteljsko rastlino, hife tvorijo na površini večjedrne zadebeljene strukture - apesorije, preko katerih začnejo mehansko, delno tudi s hidrolitičnimi encimi, prodirati v epidermalne celice korenin. Od tam se inter- in intracelularno širijo v vse smeri in tako tvorijo infekcijsko enoto. V celicah se hife razraščajo in tvorijo arbuskule, ponekod se razširijo in oblikujejo vezikle. Ko AM gliva prodre v korenino, se začne rast zunaj-koreninskega glivnega micelija. To vodi v nastanek sekundarnih infekcij, ki bistveno pospešijo celoten proces kolonizacije. Hife ene glive lahko povezujejo več rastlin (Smith in Read, 1997). Gliva se lahko poleg spor razmnožuje tudi s hifami v substratu ali s strukturami na koloniziranih delih korenin (Smith in Read, 1997).



### 2.2.3 Kovine in AM

Rastline kolonizirane z AM glivami so navadno bolj tolerantne na povečane ali zmanjšane koncentracije kovin kot rastline brez simbiotov (Gaur in Adholeya, 2004), vendar so mehanizmi, ki to omogočajo v veliki meri še neznani. Raziskave so pokazale, da pri majhnih koncentracijah kovin v tleh AM glive pomagajo privzemati in akumulirati kovine, ki so nujno potrebne za rast in razvoj rastline, pri velikih koncentracijah kovin v zemlji pa omejiti privzem kovin in njihovo translokacijo (Audet in Charest, 2006). Pomembno vlogo pri teh procesih imajo tudi vsi ostali v tleh prisotni organizmi (Bi in sod., 2003).

## 2.3 RENTGENSKA FLUORESCENČNA SPEKTROMETRIJA

Metodi standardne rentgenske fluorescenčne spektrometrije (X-ray fluorescence – XRF) in rentgenske fluorescence s popolnim odbojem (total reflection X-ray fluorescence – TXRF) sta primerni predvsem za skupne analize elementov v mineralnih, pa tudi v rastlinskih vzorcih.

Osnova teh dveh tehnik je rentgenska fluorescenca atomov v vzorcu, ki je lahko vzbujena z rentgenskim sevanjem rentgenske cevi ali radioizotopov. Fluorescenčno sevanje vsebuje karakteristične žarke elementov K (pri prehodu elektrona z L-lupine na K-lupino) in serije L (pri prehodu elektrona z M-lupine na L-lupino) v energijskem območju od nekaj keV do nekaj deset keV. Jakost karakterističnih črt posameznih elementov, ki so sorazmerne koncentracijam elementov v vzorcu, se meri z rentgenskim spektrometrom s polprevodniškim detektorjem. Iz merjenja spektra sklepamo na prisotnost elementa v vzorcu (kvalitativna analiza), iz jakosti spektralnih črt in matrike pa določimo koncentracijo odgovarjajočih elementov v vzorcu (kvantitativna analiza) (Nečemer in Kump, 2007).

Ob vzbujanju atomov s fotoni najpogosteje pride do fotoefekta (interakcija med fotonom in vezanim elektronom v atomu). V tem procesu se atom absorbira, del njegove energije se porabi za ionizacijo atoma, preostanek pa ostane izbitemu elektrону kot kinetična energija. Po izbitju elektrona postane atom nestabilen, saj mu na eni izmed lupin manjka elektron. Ta vrzel se nato nadomesti z elektroni iz višjih orbital, v procesu imenovanem radiacijski prehod. Razlike v energiji se izsevajo kot karakteristični fotoni rentgenske svetlobe, ki jo imenujemo rentgenska fluorescenčna svetloba. Radiacijskemu prehodu pri relaksaciji vzbujenega atoma konkurira Augerjev prehod. Ta proces se pojavi zaradi dovolj velike energije električnega polja ioniziranega atoma, ki lahko odvečno energijo odda z izbitjem šibkeje vezanih elektronov. Zaradi možnosti Augerjevega prehoda, ki konkurira radiacijskemu prehodu, metoda rentgenske fluorescence ni učinkovita za določanje elementov z vrstnim številom pod

10, saj pri lažjih atomih Augerjev prehod prevladuje nad radiacijskim. Meje zaznavnosti so tako odvisne od atomskega števila in znašajo po nekaj % za lahke elemente (Al, Si...) (Nečemer in Kump, 2007).

Prednosti tehnike TXRF, v primerjavi s standardno XRF, je predvsem zmanjšano sipanje vzbujevanega sevanja v fluorescenčnem spektru zaradi popolnega odboja, s čimer se za red velikosti povečajo meje zaznavnosti elementov (Nečemer in Kump, 2007). Dejanska meja občutljivosti pa je odvisna tudi od sestave matrike (večje sipanje pri večjem deležu organske snovi v vzorcu).

### 3 MATERIALI IN METODE

#### 3.1 VZORČENJE NA TERENU

Vzorci tal smo vzorčili v juniju 2009 v dveh vinogradih v sklopu vinske kleti Santomas in sicer v Čertežah in Dobravah. V vsakem vinogradu smo z lopatko pobrali po 10 vzorcev tal. Vsak vzorec smo spravili v svojo plastično vrečko in jo ustrezno označili. Rastlinski material (liste in grozde) smo vzorčili v juniju, avgustu in septembru 2009, prav tako v dveh različnih vinogradih na Primorskem. Na 10 vzorčnih mestih v vsakem vinogradu smo pobrali po en grozd in po en list vinske trte. Vsak list in vsak grozd smo spravili v svojo plastično vrečko in jo ustrezno označili.



Slika 2: Zemljevid lokacij, na katerih smo pobrali vzorce

#### 3.2 PRIPRAVA VZORCEV ZA ANALIZE

##### 3.2.1 Priprava talnih vzorcev

Po vrnitvi s terena smo prst sušili v sušilniku cca. tri dni pri 60°C. Posušen material smo nato presejali skozi sito s premerom por 1 mm in shranili v označene plastične epruvete s pokrovi na sobni temperaturi v temi. Skupaj smo pripravili 20 vzorcev tal.

### 3.2.2 Priprava rastlinskih vzorcev

Po vrnitvi s terena smo liste in grozde zavili v označeno aluminijasto folijo, jih zamrznili v tekočem dušiku ter jih shranili v zamrzovalno skrinjo pri  $-20^{\circ}\text{C}$ . Skupaj smo pripravili po 60 vzorcev listov in 60 vzorcev listov, ki smo jih nato liofilizirali (liofilizator Alpha Crist) pri temperaturi  $-25^{\circ}\text{C}$  in pritisku 0,03 mbar.

Posušene liste smo uprašili v terilnici s pomočjo tekočega dušika. Uprašen material smo presejali skozi sito (zamreženost  $250\ \mu\text{m}$ ) in shranili v označene plastične epruvete s pokrovi pri sobni temperaturi v temi. Med pripravo posameznih vzorcev smo temeljito sprali in obrisali terilnico, spatulo in sito, da ne bi prišlo do kontaminacije naslednjih vzorcev.

Iz vsakega grozda smo vzeli po 5 jagod s pripadajočimi peclji ter delom vejice. To smo nato strli v terilnici. Po 2 ml soka vsakega vzorca smo prelili v označene 2 ml epice ter vanjo dodali še po  $200\ \mu\text{l}$  galija (standard) in nekaj kapljic HCl. Preostanek strtega materiala vsakega vzorca smo zavili v označeno aluminijasto folijo ter to nato liofilizirali pri temperaturi  $-25^{\circ}\text{C}$  in pritisku 0,03 mbar. Posušene ostanke grozdov smo uprašili v terilnici s pomočjo tekočega dušika. Uprašen material smo presejali skozi sito (zamreženost  $250\ \mu\text{m}$ ) in shranili v označene plastične epruvete s pokrovi pri sobni temperaturi v temi. Med posameznimi vzorci smo temeljito sprali in obrisali terilnico, spatulo in sito, da ne bi prišlo do kontaminacije naslednjih vzorcev.

### 3.2.3 Priprava laboratorijskega materiala

Vso steklovino, ki smo jo uporabili za merjenje mineralov v rastlinskih in talnih vzorcih, smo temeljito sprali z bidestilirano vodo (Milipore Q-185,  $18,2\ \text{M}\Omega/\text{cm}$ ), nato je sledilo spiranje z acetonom.

Preostalo steklovino, terilnice, sita ter spatule, ki smo jih uporabljali, smo sprali pod tekočo vodo in nato še z bidestilirano vodo.

## 3.3 RENTGENSKA FLUORESCENČNA SPEKTROMetriJA

Meritve XRF in TXRF ter analize teh meritev smo izvedli na Oddelku za fiziko nizkih in srednjih energij Inštituta Jožef Stefan v Ljubljani.

### **3.3.1 Standardna rentgensko fluorescenčna spektrometrija**

Pri standardni rentgenski fluorescenčni spektrometriji smo v našem primeru kot vir rentgenske svetlobe uporabili radioizotop Cd-109. Vzorec smo vzbujali pod kotom 45°, fluorescenco pa smo merili pod kotom 90°C.

#### 3.3.1.1 Priprava talnih vzorcev

Priprava vzorcev za XRF je enostavna in hitra. Vzorec je potrebno homogenizirati, kar se doseže s sušenjem in sejanjem vzorcev tal. Uprašen vzorec smo nato s pomočjo hidravlične stiskalnice v posebnem modelu stisnili v tableto s površino 4,9 cm<sup>2</sup>. Tabletke smo stehali in v 2000 sekundah izmerili koncentracije elementov. Metoda je povzeta po Nečemer in sod. (2003) ter Nečemer in Kump (2007).

#### 3.3.1.2 Meritev

Meritve rentgensko fluorescenčnih spektrov tal smo izvajali z XRF analizatorjem (Canberra), ki kot vzbujevalni vir uporablja radioizotop Cd-109 ter Si-Li energijsko disperzijski detektor (Canberra). Energetska ločljivost detektorja je bila 175 eV pri 5,9 keV.

#### 3.3.1.3 Analiza spektra

Rezultat merjenja posamezne tablete je bil fluorescenčni spekter, ki smo ga analizirali z računalniškim programom AXIL (van Espen in Janssens, 1993), kvantitativno analizo pa smo opravili z računalniškim programom QAES (Quantitative Analysis of Environmental Samples) (Vekemans in sod., 1994).

### **3.3.2 Rentgenska fluorescenca s popolnim odbojem**

Pri rentgenski fluorescenci s popolnim odbojem kot vir rentgenske svetlobe uporabljamo rentgensko cev. Vzorce smo vzbujali z monokromatiziranim rentgenskim žarkom z energijo 17,4 keV (Mo-K $\alpha$ ). Vpadno sevanje iz rentgenske cevi vzbuja fluorescenco le v vzorcu, večina ostalega vpadnega sevanja pa se popolnoma odbije od kvarčnega reflektorja. Tako se v

rentgenskem spektru močno zmanjša ozadje na podlagi in je občutljivost tehnike precej boljša kot pri standardni energijsko disperzijski rentgenski fluorescenci (pod  $10^{-12}$  g).

Sama priprava vzorca zahteva njegov razkroj v medijih različnih mineralnih kislin, kot je dušikova kislina, v pečeh ali mikrovalovnih pečicah. Za analizo zadostuje že nekaj  $\mu\text{l}$  razkrojene vzorca, ki ga nanese na kvarčno ploščico ali substrat, posušimo in vstavimo v spektrometer.

Pri naših meritvah smo iz uprašenih vzorcev listov in ostankov grozdov natehtali po 100 mg vsakega vzorca, iz uprašenih vzorcev korenin pa po 30 mg vsakega vzorca, v posebno teflonsko epruveto z oznako ter vsakemu vzorcu v epruveti nato dodali še po 3 ml 65%  $\text{HNO}_3$ . Zaprte epruvete smo naložili v stojalo in to postavili v mikrovalovno pečico (MarsX press), kjer je potekal razklop v treh stopnjah: 20 minutno segrevanje do  $180\text{ }^\circ\text{C}$ , na tej temperaturi so vzorci potem ostali še 30 minut, sledilo je še 20 minutno ohlajanje. Po končanem postopku smo epruvete vzeli iz mikrovalovke ter jih pustili še nekaj ur, da so se popolnoma ohladile. Ohlajeno vsebino smo v digestoriju previdno prelili v označene plastične epruvete s pokrovom, dodali  $100\ \mu\text{l}$  galija (interni standard) in z destilirano vodo dopolnili do 10 ml. Po  $10\ \mu\text{l}$  vzorca smo nato nanegli na predhodno očiščena kvarčna stekelca, posušili, še enkrat nanegli po  $10\ \mu\text{l}$  vzorca, zopet posušili in vstavili v spektrometer. Med posameznimi razklopi smo epruvete očistili z destilirano vodo in 65 %  $\text{HNO}_3$ , da bi preprečili kontaminacijo nadaljnjih vzorcev. Pri vzorcih sokov, stisnjenih iz grozdov, razklop ni bil potreben, sok smo le precedili, dodali  $10\ \mu\text{l}$  galija/ml soka (standard) ter nanegli po  $10\ \mu\text{l}$  vzorca na predhodno očiščena kvarčna stekelca, posušili, še enkrat nanegli po  $10\ \mu\text{l}$  vzorca, zopet posušili in vstavili v spektrometer.

Rezultat merjenja substrata je fluorescenčni spekter, ki se meri toliko časa, da se doseže primerna statistika jakosti spektralnih črt. Naše meritve so trajale od 200-300 s. Iz spektra na podlagi njihovih energij kvalitativno razberemo, kateri elementi so prisotni v vzorcu. Nato je na vrsti kvantitativna analiza. Spektre fluorescentnih X-žarkov smo analizirali kot pri standardni rentgenski fluorescenci, pri čemer smo za kvantifikacijo uporabili dodan interni standard - Ga.

Pri naših meritvah smo določali elemente v energijskem območju od 1,74 -17,4 keV. V talnih in rastlinskih vzorcih smo tako zaznali predvsem S, K, Ca, Mn, Fe, Cu, Zn.

### 3.3.3 Analiza fotosinteznih pigmentov

Z analizo fotosinteznih pigmentov smo določili fiziološko stanje rastlin.

V čiste steklene centrifugirke smo natehtali po 30 mg zmletega liofiliziranega materiala in centrifugirke dali na led, nato smo na material nalili po 5 ml 80% acetona in dobro premešali. To smo čez noč pustili v hladilniku. Naslednji dan smo še enkrat premešali in odcentrifugirali (5 min, 5000 obratov, 25 °C) ter nato izmerili absorpcijo na spektrofotometru (Shimadzu, UV-1800) pri 664 nm za določanje klorofila a, pri 647nm za klorofil b in pri 470 nm za karotenoide.

Izračun količine fotosinteznih pigmentov (MacKinney-evi koeficienti; vir Graan in Ort, 1984):

$$\text{Klorofil a } (\mu\text{mol/l}) = 13,19 * A_{664} - 2,57 * A_{647} \quad \dots(1)$$

$$\text{Klorofil b } (\mu\text{mol/l}) = 22,1 * A_{647} - 5,26 * A_{664} \quad \dots(2)$$

$$1\text{mg kl a} \dots 1,119 \mu\text{mol kl a}$$

$$1\text{ mg kl b} \dots 1,102 \mu\text{mol kl b}$$

$$\text{Karotenoidi } (\mu\text{mol/l}) = (1000 * A_{470} - 1,82 * \text{kl a} - 89,02 * \text{kl b}) / 198 \quad \dots(3)$$

$$\text{Karotenoidi } (\text{mg/g}) = (\text{konc } (\mu\text{mol/l}) * \text{Vekstr}(\text{ml})) / (\text{m}(\text{g}) * 1000) \quad \dots(4)$$

A470 = absorbcija pri 470 nm

Vekstr = volumen ekstrakta

### 3.3.4 Analiza sladkorjev in topnih fenolov

Koncentracijo sladkorjev smo določali s pomočjo refraktometra. Za meritev sok grozdne jagode stisnemo na stekelce refraktometra in z njim odčitamo koncentracijo sladkorjev v Oekslejevih stopinjah (Oe°). Slednje smo za predstavitev meritev preračunali v g/l tako, da smo vrednosti v °Oe pomnožili s faktorjem 2,25. Za določanje skupne vsebnosti topnih fenolov smo uporabili metodo, ki jo je opisal Marigo (1973). Za določitev fenolov smo v kiveto dodali 1ml 2% Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>, 75μl Folin-Ciocalteau reagenta (Kemika, Zagreb) in 100μl fenolnega ekstrakta. Po 15 min inkubacije v temi pri 25°C smo izmerili absorpcijo pri 750 nm. Za standart smo uporabili (+) katehin.

### 3.3.5 Določanje rastlinam dostopnega fosforja

Založno raztopino za ekstrakcijo (77g kalcijevega laktata, 39,5 g kalcijevega acetata in 89,5 g očetne kisline dopolnimo z destiliranov vodo do 1000 ml) smo redčili 5-krat (1 del založne raztopine za ekstrakcijo in 4 dele vode) in umerili pH na 4,1 z očetno kislino. Založno raztopino amonijevega molibdata smo redčili 10- krat (1 del raztopine amonijevega heptamolibdata in 9 delov vode). Raztopino askorbinske kisline smo pripravili iz 0,308 g askorbinske kisline (0,0044 g/l), ki smo jo raztopili v 70 ml vode. Raztopino pripravimo svežo in njeno količino prilagodimo številu vzorcev.

Umeritveno krivuljo za fosfor smo pripravili iz  $\text{PO}_4^{3-}$  (995  $\mu\text{g P/ml H}_2\text{O}$ ; Merck). 30,6 ml  $\text{PO}_4^{3-}$  dopolnimo z vodo do 100 ml. Vzamemo 0,5; 1; 1,5; 2; 2,5; 3; 3,5; 4 ml standarda (= 100 mg/ml) in dopolnimo do 100 ml z založno raztopino za ekstrakcijo.

Ekstrakcija materiala je potekala tako, da smo 5 g suhe zemlje stresali z 100 ml delovne raztopine za ekstrakcijo 2 uri pri 180 rpm. Po tem pustimo, da se zemlja malo posede in nato prefiltriramo z nagubanim papirnatim filtrom, pri čemer prvi del filtrata zavržemo (približno 10 ml).

V epruveto z raztopino smo odmerili 1 ml ekstrakta, 1,6 ml delovne raztopine amonijevega heptamolibdata in 0,2 ml raztopine askorbinske kisline.

Analizo smo izvedli s spektrofotometrom (Shimadzu, UV-1800) pri 660 nm, nato pa izračunali koncentracijo P ( $\mu\text{g}$ ) na g tal po formuli:

$$c \text{ P } (\mu\text{g}) / \text{ g tal} = (((A_{660} * 19) / 10) / 5) * 10^6 \quad \dots(5)$$

$A_{660}$  = absorbcija pri 660 nm

### 3.3.6 Določanje fosfatov v rastlinskih vzorcih razklop s $\text{HNO}_3$

Ker je bila metoda TXRF premalo občutljiva za določanje fosforja, smo le tega določili spektrofotometrično po metodi Olesen in Sommers, 1982.

Reagenti: 65%  $\text{HNO}_3$ , amonijev paramolibdat-vanadat (MoV;  $\langle(\text{NH}_4)_6\text{Mo}_7\text{O}_{24} * 4\text{H}_2\text{O}\rangle$ - $\text{NH}_4\text{VO}_3$ ).



Priprava standarda: metoda je zanesljiva, ko je standard je linearen, tj. v območju od 0,1-2 mg/l, zato smo si iz osnovne komercialne standardne raztopine pripravili 10-kratno redčitev (15 ml), da smo dobili izhodno koncentracijo 10 mg/l, ki smo jo uporabljali za nadaljnjo pripravo standardnih raztopin.

V epruvete smo odpipetirali ustrezne količine zredčenega standarda, kot kaže tabela 1. Reagent MoV smo dodajali s stekleno pipeto in epruvete dopolnili z 0,2% HNO<sub>3</sub> do 10 ml.

Tabela 1: Priprava standardnih raztopin za umeritveno krivuljo

Št.	Izhodna konc (mg/l)	Končna konc. (mg/l)	Skupaj (ml)	Standard (ml)	Reagent MoV (ml)	0,2 % HNO <sub>3</sub> (ml)
1	10	0,2	10	0,2	2	7,8
2	10	0,4	10	0,4	2	7,6
3	10	0,6	10	0,6	2	7,4
4	10	0,8	10	0,8	2	7,2
5	10	1,0	10	1,0	2	7,0
6	10	1,2	10	1,2	2	6,8
7	10	1,4	10	1,4	2	6,6
8	10	1,6	10	1,6	2	6,4
9	10	1,8	10	1,8	2	6,2
10	10	2,0	10	2,0	2	6,0

Vzorci: Iz razklopljenega vzorca (glej postopek razklopa oziroma razkroja pri rentgenski fluorescenci s popolnim odbojem) smo vzeli 1 ml raztopine, dodali 2 ml reagenta MoV in 7 ml 0,2% HNO<sub>3</sub>.

Standarde in vzorce smo merili na spektrofotometru (Shimadzu, UV-1800) pri valovni dolžini 400nm.

Slepi vzorec je bil 2 ml reagenta MoV in 8 ml 0,2% HNO<sub>3</sub>

Izračun: Iz umeritvene krivulje (s koeficientom korelacije  $R^2 > 0,95$ ) smo odčitali koncentracijo fosforja v izmerjenem vzorcu in jo preračunali na maso in volumen vzorca (=količina s katero smo redčili razklopljen vzorec (5ml)):

$$\text{Fosfor (mg/g)} = \text{fosfor (mg/g iz UK} * V \text{ vzorca)} / m \text{ vzorca} \quad \dots(6)$$

UK=umeritvena krivulja

### 3.3.7 Določanje skupne organske snovi v talnih vzorcih

Vsebnost organske snovi smo določali s kromovo metodo (Kandeler, 1995). Metoda je primerna za tla, ki vsebujejo do 8% organske snovi in ni primerna za določevanje organske snovi v humusnih gozdnih tleh. Temelji na oksidaciji organske snovi s pomočjo kalijevega dikromata in žveplove (VI) kisline. Kolorimetrično smo določili krom Cr (III), ki se tvori pri tem in predstavlja ekvivalent v tleh prisotni organski snovi.

Pripravili smo standarde, ki ustrezajo 0, 2, 4, 6 in 8% organskih snovi v tleh. V pet 10 ml sterilnih bučk smo natehtali po 0; 0,058; 0,116; 0,174 in 0,232 g mioinozitola (Serva), v vsako dodali 2 ml raztopine kalijevega dikromata, ki smo jo pripravili predhodno. V digestoriju smo previdno po kapljicah dodali 1,5 ml koncentrirane žveplove (VI) kisline (Merck). Raztopine smo pustili stati 3 ure, nato smo do oznake 10 ml dolili bidestilirano vodo in pustili stati čez noč.

Vzorci prsti smo pripravili na enak način. V 10 ml bučke smo natehtali 0,2 g prsti, v vsako dodali 2 ml kalijevega dikromata in 1,5 ml žveplove (VI) kisline (Merck). Po 3 urni inkubaciji smo raztopino dopolnili do 10 ml z destilirano vodo in pustili stati čez noč. Pred fotometrično analizo smo 1 ml standardnih raztopin in raztopin vzorcev prenesli v epruvete in jih razredčili z bidestilirano vodo do 25 ml. Vsebinsko smo rahlo premešali. S spektrofotometrom (Shimadzu, UV-1800) smo izmerili absorpcijo pri valovni dolžini 570 nm. Organsko snov v vzorcih prsti smo izrazili kot % prsti; izračunali smo jo iz umeritvene krivulje standarda po formuli:

$$\% \text{ org snovi} = S \cdot 2 / SM \quad \dots(7)$$

S – organska snov vzorca (%)

2 – faktor pretvorbe

SM – začetna masa posušene prsti

### 3.3.8 Statistična analiza

Podatke smo analizirali s standardnimi statističnimi metodami. Pri tem smo uporabili programsko opremo MS Excel 2007, programski komplet Statistica (Statsoft 7.0.61.0 EN) in programski komplet SigmaPlot (11.0 EN). Za izračun statistično značilnih razlik smo uporabili statistične teste enosmerna ANOVA, Duncan's test,  $p < 0,05$ . Faktorske analize variance smo izračunali s testom Faktorska ANOVA,  $p < 0,05$ . Med posameznimi izmerjenimi parametri smo določali tudi korelacijske povezave, pri čemer smo uporabili Spearmanov korelacijski koeficient,  $p < 0,05$ . Statistično značilno razliko smo na rezultatih označili z a in b (po potrebi tudi c in d). Oznaki a in

b pomenita, da se vzorca med seboj razlikujeta, če sta obe oznaki a, pomeni, da se vzorca med seboj ne razlikujeta. Linearno diskriminantno analizo smo opravili v programu Excel s podprogramom StatistiXL. Analiza je bila narejena na osnovi koncentracij elementov (P, S, K, Ca, Mn, Fe, Cu, Zn) v listih, vzorčenih junija, avgusta in septembra v Čertežah in Dobravah. Funkciji 1 in 2 sta zasnovani tako, da poskušata poiskati tako linearno kombinacijo merjenih spremenljivk, da si bodo vnaprej določene skupine glede na vrednosti tako dobljene linearne kombinacije, med seboj čimbolj različne in tako kar najboljše pojasnjujejo razlike med skupinami. Tako bo tudi napaka pri uvrščanju enot v skupine najmanjša.

### **3.3.9 Kolonizacija korenin z AM glivami**

#### **3.3.9.1 Vzorčenje in barvanje koreninskih fragmentov**

Opazovanje glivnih struktur pod svetlobnim mikroskopom nam omogoča selektivno barvanje hitina, ki je sestavina celične stene simbiotske glive. To smo dosegli z barvilom tripan modro, postopek pa smo povzeli Philipsu in Haymanu (1970). Na terenu smo vzorčili del koreninskega sistema in ga sprali pod tekočo in destilirano vodo. Korenine smo razporedili v označene epruvete in jih prelili z 10% KOH, ki smo ga pripravili iz 1 litra destilirane vode in 100 g KOH (Merck) ter jih v sušilniku 20 minut segrevali pri 90°C. Nato smo iz epruvet odlili 10 % KOH in koreninice večkrat sprali pod tekočo vodo. V epruvete smo nalili 0,05% barvilo tripan modro, ki smo ga pripravili iz 40 g destilirane vode, 40 g mlečne kisline (Kemika), 80 g glicerola (Kemika) in 0,08 g tripan modrega (Fluka) in jih sušili v sušilniku 15 minut pri 90°C.

#### **3.3.9.2 Ocenjevanje kolonizacije z AM glivami**

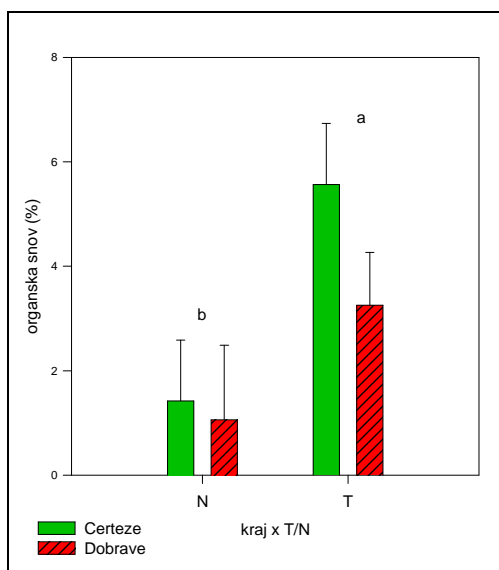
Ocenjevanje kolonizacije je povzeto po Trouvelot in sod. (1986, Priloga 1) in temelji na opazovanju 30 naključno izbranih koreninskih odsekov, obarvanih s tripan modrim. Koreninske odseke smo pregledovali s svetlobnim mikroskopom (Zeiss, KF 2) in v vsakem odseku ocenili stopnjo mikorizne kolonizacije, na osnovi 6 stopenjske lestvice, pri kateri razred 0 predstavlja 0 % kolonizacijo, razred 1 do 1 % kolonizacijo, razred 2 od 1 do 10 % kolonizacijo, razred 3 od 10 do 50 % kolonizacijo, razred 4 od 50 do 90 % kolonizacijo in razred 5 več kot 90% kolonizacijo. Mikorizna frekvenca predstavlja frekvenco fragmentov z glivo in je povezana s številom in homogenostjo razporeditve AM propagulov v tleh. Podatke smo vnesli v program MycoCalc (<http://www2.dijon.inra.fr/mychintec/Mycocalc-prg/download.html>) in dobili številčne vrednosti posameznih parametrov, ki smo jih statistično obdelali.

## 4 REZULTATI

### 4.1 VREDNOST pH, DELEŽ ORGANSKE SNOVI IN KONCENTRACIJE MINERALNIH HRANIL V TLEH

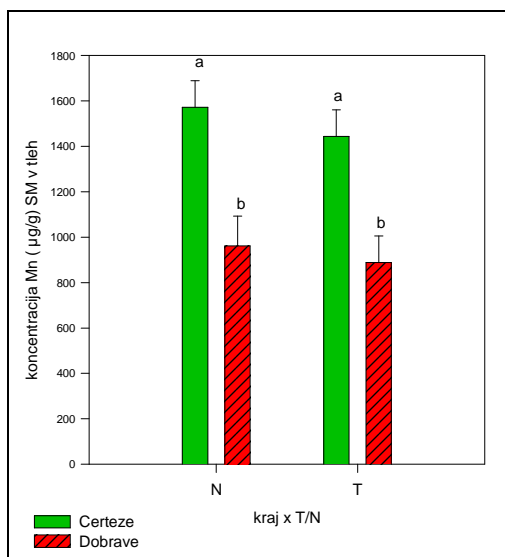
Vrednosti pH v tleh se gibljejo od 7,95 do 8,56 in niso pokazale statistično značilnih razlik med Čertežami in Dobravami, prav tako ni statistično značilnih razlik pri različni zatavljenosti vrst vinske trte (priloga B). Deleži organske snovi v tleh prav tako ni pokazal statistično pomembnih razlik med Čertežami in Dobravami, je pa opazna statistično pomembna razlika v različni zatavljenosti vrst vinske trte in sicer je organske snovi v zatavljeni vrsti od 2-4% višja, kot tista v nezatavljeni vrsti (slika 3).

Koncentracije makronutrientov (P, S, K in Ca) in mikronutrientov (Fe, Cu in Zn) (na suho maso) v tleh ne kažejo statistično značilnih razlik med Čertežami in Dobravami, prav tako ni statistično pomembnih razlik pri različni zatavljenosti vrst vinske trte (priloga C). Koncentracije fosforja se gibljejo med 380 in 45220  $\mu\text{g g}^{-1}$  suhe mase (v nadaljevanju  $\mu\text{g g}^{-1}$  SM), koncentracije žvepla med 274000 in 611000  $\mu\text{g g}^{-1}$  SM, koncentracije kalija med 13100 in 23300  $\mu\text{g g}^{-1}$  SM, koncentracije kalcija med 6670 in 67300  $\mu\text{g g}^{-1}$  SM, koncentracije železa med 29000 in 52900  $\mu\text{g g}^{-1}$  SM, koncentracije bakra med 79 in 173  $\mu\text{g g}^{-1}$  SM, cinka pa med 100 in 154  $\mu\text{g g}^{-1}$  SM. Koncentracije mangana (slika 4) kažejo statistično pomembne razlike med Čertežami in Dobravami, v Dobravah so koncentracije fosforja višje, koncentracije mangana pa so višje v Čertežah. Pri različni zatavljenosti vrst vinske trte ne opazimo statistično značilnih razlik.



Slika 3: Delež organske snovi v tleh (%) na različnih rastiščih.

Primerjali smo rastišči Čerteže in Dobrave ter zatravljene in nezatravljene vrste vinske trte. Statistično značilna razlika je opazna le pri različni zatravljenosti (oznake a in b). Prikazano je povprečje  $\pm$  SN (N=5), različne črke nad stolpci pomenijo statistično značilno razliko (dvosmerna ANOVA–Holm–Sidak).

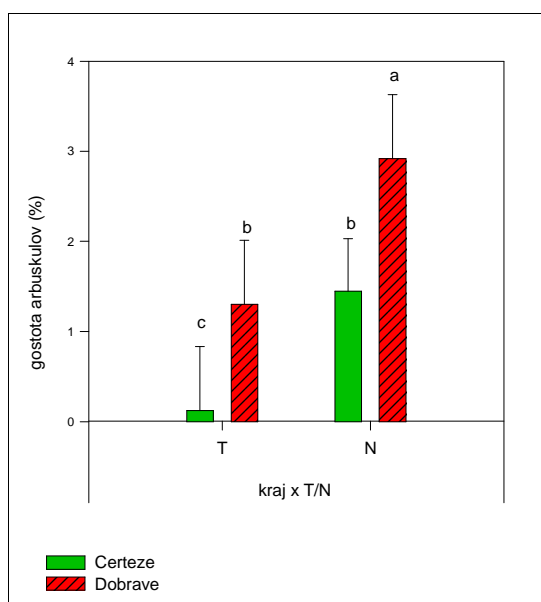


Slika 4: Koncentracija mangana (Mn) v tleh (µg/g SM) na različnih rastiščih

Primerjali smo rastišči Čerteže in Dobrave ter zatravljene in nezatravljene vrste vinske trte. Prikazano je povprečje  $\pm$  SN (N=5), različne črke nad stolpci pomenijo statistično značilno razliko (dvosmerna ANOVA–Holm–Sidak).

## 4.2 STOPNJA GLIVNE KOLONIZACIJE

Vrednosti mikorizne frekvence AM gliv (F%), splošne intenzitete AM (M%) ter gostote mikrosklerocijev v koreninskem sistemu (MS%) pri kolonizaciji ne kažejo statistično značilnih razlik med krajema Čerteže in Dobrave, prav tako ni statistično značilnih razlik pri različni zatravljenosti vrst vinske trte (priloga Č). Gostota arbuskulov v koreninskem sistemu pri kolonizaciji kaže statistično značilne razlike tako med Čertežami in Dobravami, kot tudi pri različni zatravljenosti vrst vinske trte. Večjo gostoto arbuskulov opazimo v Dobravah in pri nezatravljeni vrsti vinske trte (slika 5).



Slika 5: Gostota arbuskulov (A%) v koreninskem sistemu.

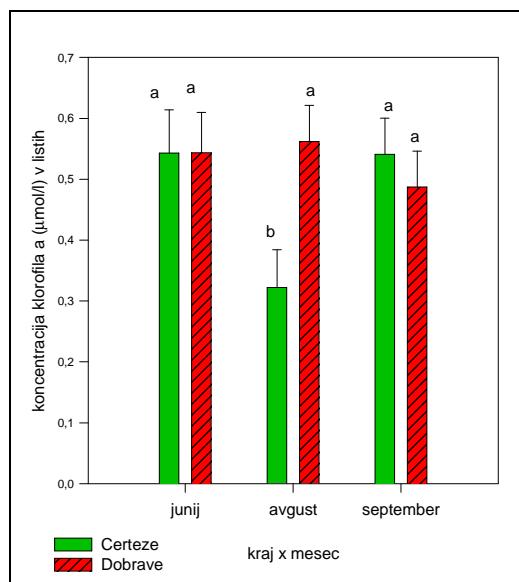
Primerjali smo rastišči Čerteže in Dobrave ter zatravljene in nezatravljene vrste vinske trte. Prikazano je povprečje  $\pm$  SN (N=5), različne črke nad stolpci pomenijo statistično značilno razliko (dvosmerna ANOVA–Holm–Sidak).

#### 4.3 KONCENTRACIJE MINERALNIH HRANIL V KORENINAH

Koncentracije makronutrientov (P, S, K in Ca) in mikronutrientov (Mn, Fe, Cu in Zn) (na suho maso) v koreninah ne kažejo statistično značilnih razlik med Čertežami in Dobravami, prav tako ni statistično značilnih razlik pri različni zatravljenosti vrst vinske trte (priloga D). Koncentracije fosforja se gibljejo med 500 in 2350  $\mu\text{g g}^{-1}$  SM, koncentracije žvepla med 173 in 1040  $\mu\text{g g}^{-1}$  SM, koncentracije kalija med 2400 in 9280  $\mu\text{g g}^{-1}$  SM, koncentracije kalcija med 7610 in 24200  $\mu\text{g g}^{-1}$  SM, koncentracije mangana med 5,34 in 59,1  $\mu\text{g g}^{-1}$  SM, koncentracije železa med 401 in 2650  $\mu\text{g g}^{-1}$  SM, koncentracije bakra med 12,2 in 56,1  $\mu\text{g g}^{-1}$  SM, koncentracije cinka pa med 27 in 305  $\mu\text{g g}^{-1}$  SM.

#### 4.4 KONCENTRACIJE FOTOSINTEZNIH PIGMENTOV V LISTIH

Koncentracija klorofila a (na suho maso) v listih kaže statistično značilno razliko med krajema v avgustu (tabela E1 v prilogi E), ko je koncentracija klorofila a v Čertežah nižja kot v Dobravah (slika 6). Koncentracije klorofila a pri ostalih meritvah so med seboj primerljive. Koncentracije klorofila b in karotenoidov (na suho maso) ne kažejo statistično značilne razlike med krajema, kot tudi ne med posameznimi meseci (priloga F).

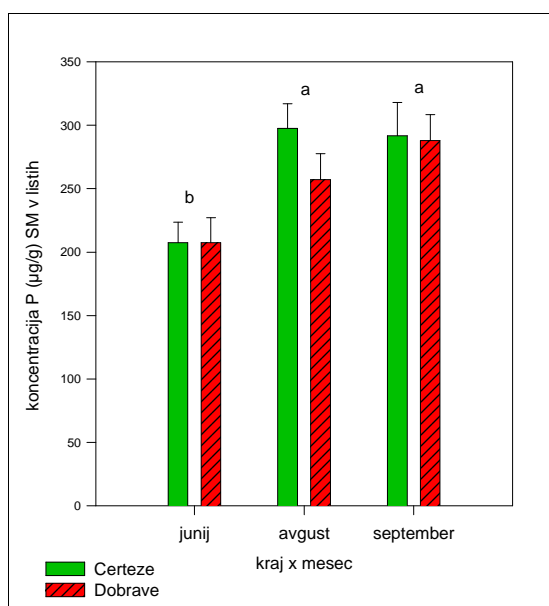


Slika 6: Koncentracija klorofila a v listih ( $\mu\text{mol/l}$ ).

Primerjali smo rastišči Čerteže in Dobrave ter mesece junij, avgust in september. Prikazano je povprečje  $\pm$  SN (N=10), različne črke nad stolpci pomenijo statistično značilno razliko (enosmerna ANOVA–Holm–Sidak).

#### 4.5 KONCENTRACIJE MINERALNIH HRANIL V LISTIH

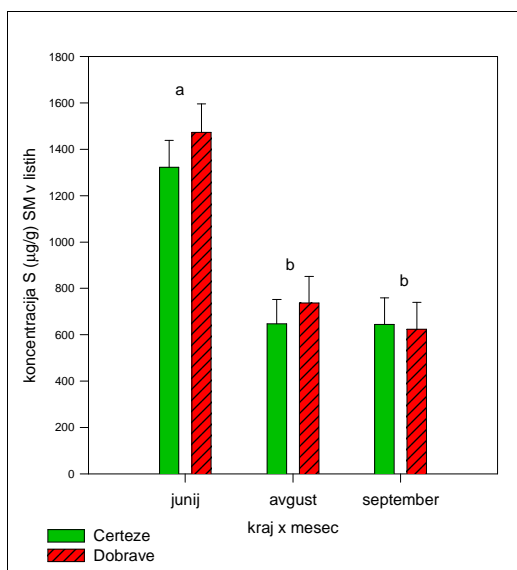
Koncentracije makronutrientov in mikronutrientov (na suho maso) v listih (priloga G) kažejo statistično značilne razlike v koncentraciji mineralnih hranil med posameznimi meseci, ne kažejo pa statistično značilnih razlik med Čertežami in Dobravami, razen pri cinku, katerega koncentracija je v Čertežah višja kot v Dobravah. Koncentracije cinka so junija najvišje, avgusta in septembra pa so nižje in med seboj primerljive (slika 12). Koncentracije fosforja so najnižje junija, avgusta in septembra pa so višje in med seboj primerljive (slika 7). Koncentracije žvepla (slika 8), mangana (slika 10) in železa (slika 11) so junija višje kot avgusta in septembra, ko so primerljive. Koncentracije kalija postopoma naraščajo od junija do septembra (slika 9). Koncentracije bakra so junija zelo nizke, precej narastejo avgusta in spet padejo septembra, vendar ne na junijsko raven (slika 13). Koncentracije kalcija (Ca) se gibljejo med 17100 in 49300  $\mu\text{g g}^{-1}$  SM in ne kažejo statistično pomembnih razlik med krajema Čerteže in Dobrave, kot tudi ne med posameznimi meseci (priloga H).



Slika 7: Koncentracija fosforja (P) v listih ( $\mu\text{g/g}$  SM).

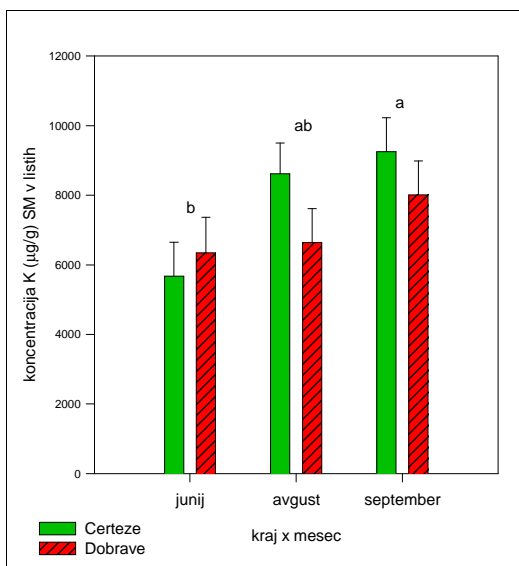
Primerjali smo rastišči Čerteže in Dobrave ter mesece junij, avgust in september. Statistično značilna razlika je opazna le pri različnih mesecih (oznake a in b). Prikazano je povprečje  $\pm$  SN (N=10), različne črke nad stolpci pomenijo statistično značilno razliko (dvosmerna ANOVA–Holm-Sidak).





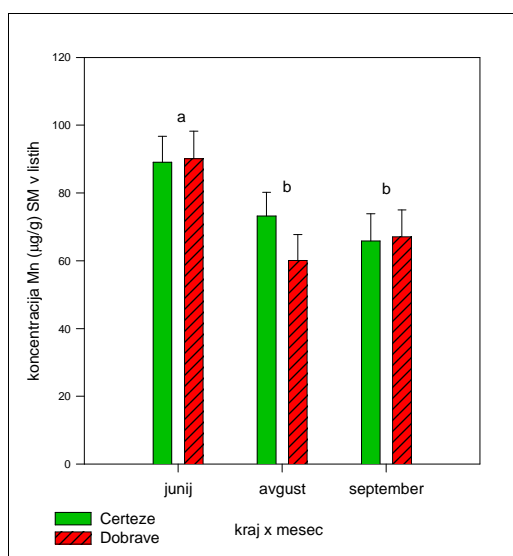
Slika 8: Koncentracija žvepla (S) v listih (µg/g SM).

Primerjali smo rastišči Čerteže in Dobrave ter mesece junij, avgust in september. Statistično značilna razlika je opazna le pri različnih mesecih (oznake a in b). Prikazano je povprečje ± SN (N=10), različne črke nad stolpci pomenijo statistično značilno razliko (dvosmerna ANOVA–Holm-Sidak).



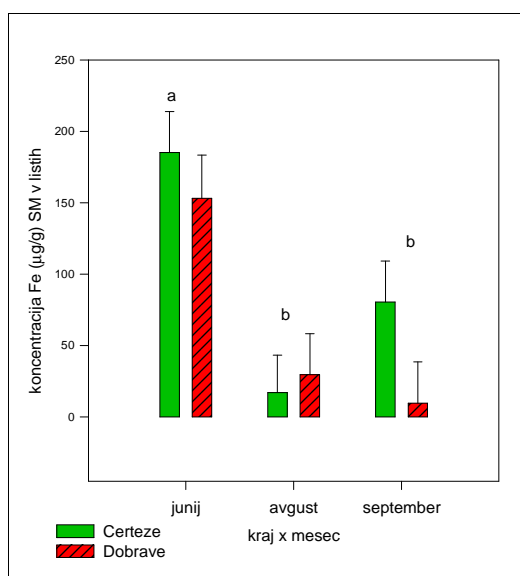
Slika 9: Koncentracija kalija (K) v listih (µg/g SM)

Primerjali smo rastišči Čerteže in Dobrave ter mesece junij, avgust in september. Statistično značilna razlika je opazna le pri različnih mesecih (oznake a in b). Prikazano je povprečje ± SN (N=10), različne črke nad stolpci pomenijo statistično značilno razliko (dvosmerna ANOVA–Holm-Sidak).



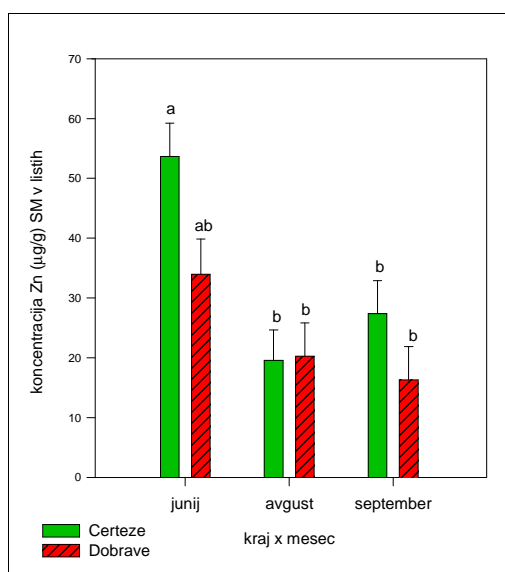
Slika 10: Koncentracija mangana (Mn) v listih ( $\mu\text{g/g SM}$ )

Primerjali smo rastišči Čerteže in Dobrave ter mesece junij, avgust in september. Statistično značilna razlika je opazna le pri različnih mesecih (oznake a in b). Prikazano je povprečje  $\pm$  SN (N=10), različne črke nad stolpci pomenijo statistično značilno razliko (dvosmerna ANOVA–Holm-Sidak).



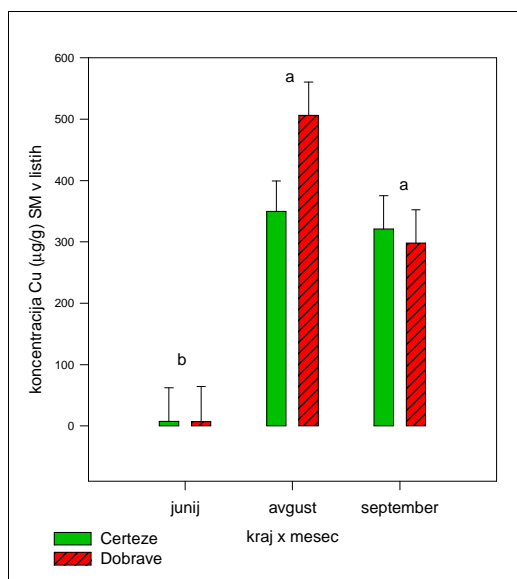
Slika 11: Koncentracija železa (Fe) v listih ( $\mu\text{g/g SM}$ ).

Primerjali smo rastišči Čerteže in Dobrave ter mesece junij, avgust in september. Statistično značilna razlika je opazna le pri različnih mesecih (oznake a in b). Prikazano je povprečje  $\pm$  SN (N=10), različne črke nad stolpci pomenijo statistično značilno razliko (dvosmerna ANOVA–Holm-Sidak).



Slika 12: Koncentracija cinka (Zn) v listih (µg/g SM).

Primerjali smo rastišči Čerteže in Dobrave ter mesece junij, avgust in september. Prikazano je povprečje ± SN (N=10), različne črke nad stolpci pomenijo statistično značilno razliko (dvosmerna ANOVA–Holm-Sidak).

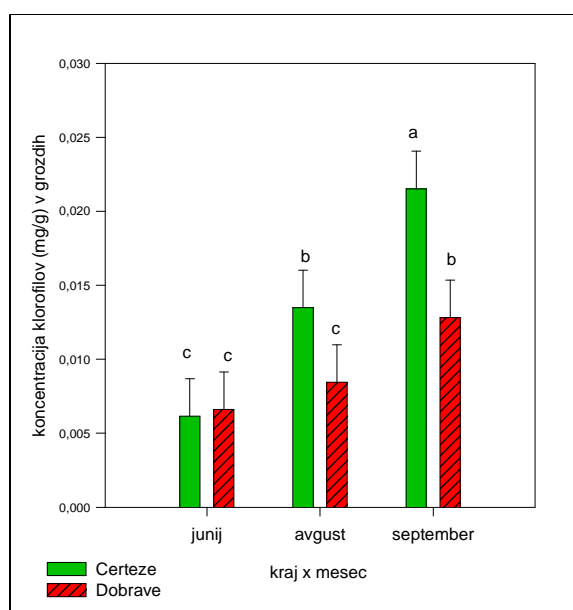


Slika 13: Koncentracija bakra (Cu) v listih (µg/g SM).

Primerjali smo rastišči Čerteže in Dobrave ter mesece junij, avgust in september. Statistično značilna razlika je opazna le pri različnih mesecih (oznake a in b). Prikazano je povprečje ± SN (N=10), različne črke nad stolpci pomenijo statistično značilno razliko (dvosmerna ANOVA–Holm-Sidak).

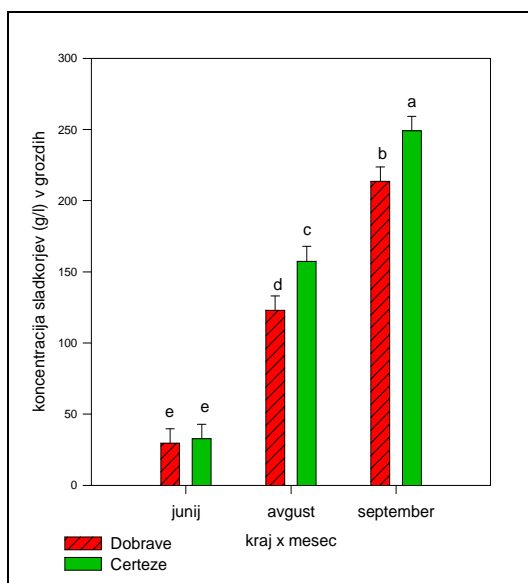
#### 4.6 KONCENTRACIJE SKUPNIH Klorofilov, Fenolov IN SLADKORJEV V GROZDIH

Koncentracije skupnih klorofilov (na suho maso) v grozdih kažejo statistično značilne razlike med posameznimi meseci (tabela I1 v prilogi I), ter v avgustu in septembru tudi med Čertežami in Dobravami. Koncentracije skupnih klorofilov v grozdih namreč naraščajo od junija proti septembru ter so v avgustu in septembru višje v Čertežah (slika 14). Koncentracije fenolov (na suho maso) v grozdih kažejo statistično značilno razliko med posameznimi meseci (tabela I3 v prilogi I). Najvišje koncentracije fenolov so v juniju, najnižje v septembru, avgustovske koncentracije pa se nahajajo med junijskimi in septembrskimi (slika 16). Koncentracije sladkorjev (na suho maso) kažejo statistično značilno razliko tako med krajema, kot tudi med posameznimi meseci (tabela I2 v prilogi I). Najvišje koncentracije sladkorjev so septembra v Čertežah, za približno 20 g/l so nižje v Dobravah (slika 15). V avgustu so koncentracije sladkorjev nižje kot v septembru, zopet so v Dobravah za približno 20 g/l nižje kot v Čertežah. Junija so koncentracije sladkorjev najnižje in primerljive med krajema.



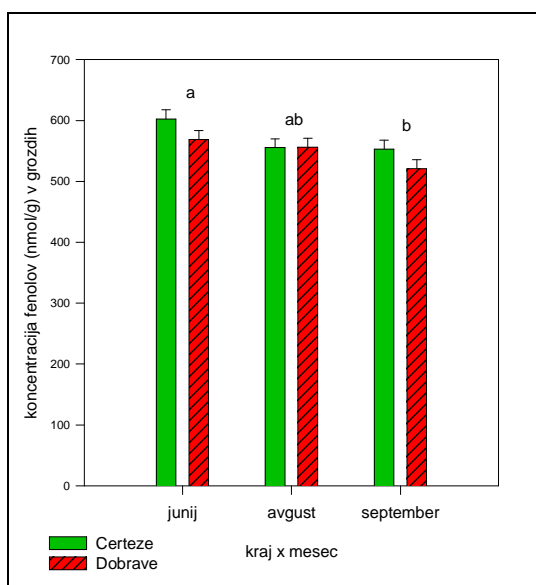
Slika 14: Koncentracija skupnih klorofilov v grozdih ( $\mu\text{mol/l}$ ).

Primerjali smo rastišči Čerteže in Dobrave ter mesece junij, avgust in september. Prikazano je povprečje  $\pm$  SN (N=10), različne črke nad stolpci pomenijo statistično značilno razliko (enosmerna ANOVA–Holm–Sidak).



Slika 15: Koncentracija sladkorjev v grozdih (g/l).

Primerjali smo rastišči Čerteže in Dobrave ter mesece junij, avgust in september. Prikazano je povprečje  $\pm$  SN (N=10), različne črke nad stolpci pomenijo statistično značilno razliko (enosmerna ANOVA–Holm-Sidak).

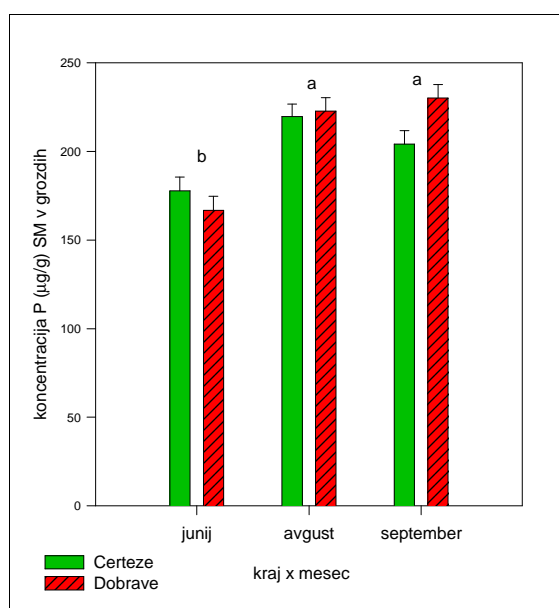


Slika 16: Koncentracija fenolov v grozdih (nmol/g).

Primerjali smo rastišči Čerteže in Dobrave ter mesece junij, avgust in september. Statistično značilna razlika je opazna le pri različnih mesecih (oznake a in b). Prikazano je povprečje  $\pm$  SN (N=10), različne črke nad stolpci pomenijo statistično značilno razliko (dvosmerna ANOVA–Holm-Sidak).

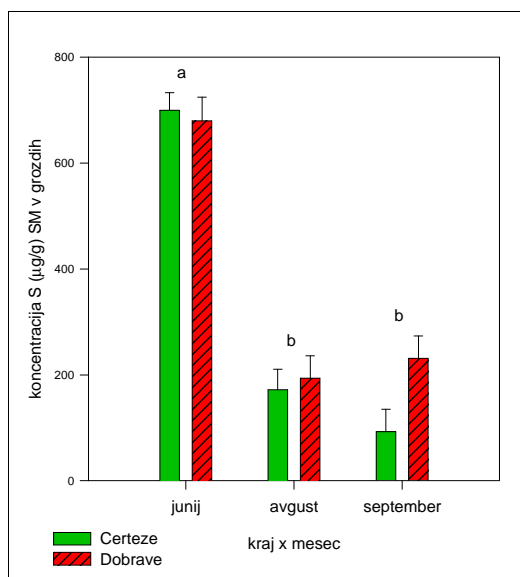
#### 4.7 KONCENTRACIJE MINERALNIH HRANIL V GROZDIH

Koncentracije makronutrientov P in S in mikronutrientov Mn, Fe in Cu (na suho maso) v grozdih (priloga J) kažejo statistično značilne razlike v vsebnosti hranil med posameznimi meseci, ne kažejo pa statistično pomembnih razlik med Čertežami in Dobravami. Koncentracije Ca in Zn (na suho maso) kažejo statistično značilne razlike tako med posameznimi meseci, kot tudi med Čertežami in Dobravami (priloga J). Koncentracije fosforja so najvišje junija, med obema krajema ni opazne razlike, avgusta in septembra pa koncentracije padejo in se razlikujejo med obema krajema (slika 17). Koncentracije kalcija (slika 19) in cinka (slika 22) so junija prav tako najvišje in padejo v avgustu in septembru, le septembrske koncentracije v Čertežah so podobne junijskim. Koncentracije žvepla (slika 18), mangana (slika 20), železa (slika 21) in bakra (slika 23) so junija najvišje, avgusta in septembra pa so nižje in med seboj primerljive. Koncentracije kalija (K) se gibljejo med 5360 in 35200  $\mu\text{g g}^{-1}$  SM in ne kažejo statistično pomembnih razlike med krajema Čerteže in Dobreve, kot tudi ne med posameznimi meseci (priloga K).



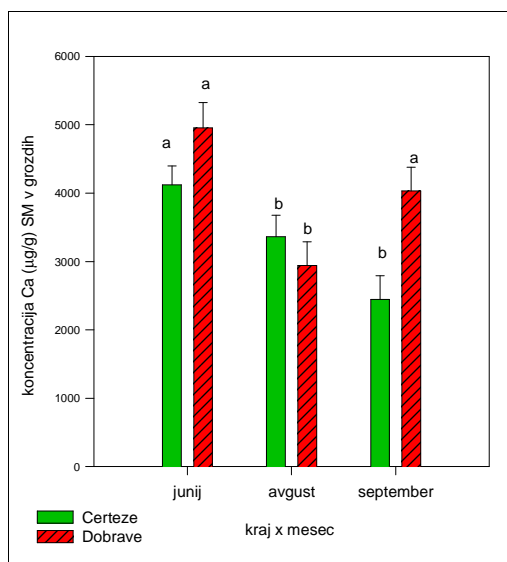
Slika 17: Koncentracija fosforja (P) v grozdih ( $\mu\text{g/g}$  SM).

Primerjali smo rastišči Čerteže in Dobreve ter mesece junij, avgust in september. Statistično značilna razlika je opazna le pri različnih mesecih (oznake a in b). Prikazano je povprečje  $\pm$  SN (N=10), različne črke nad stolpci pomenijo statistično značilno razliko (dvosmerna ANOVA–Holm-Sidak).



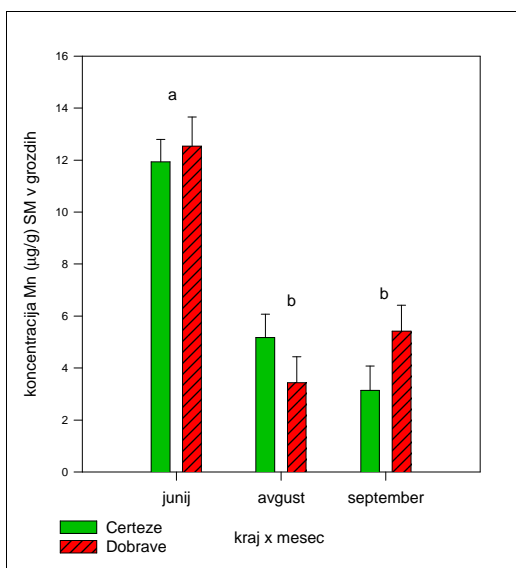
Slika 18: Koncentracija žvepla (S) v grozdih (µg/g SM).

Primerjali smo rastišči Čerteže in Dobrave ter mesece junij, avgust in september. Statistično značilna razlika je opazna le pri različnih mesecih (oznake a in b). Prikazano je povprečje ± SN (N=10), različne črke nad stolpci pomenijo statistično značilno razliko (dvosmerna ANOVA–Holm-Sidak).



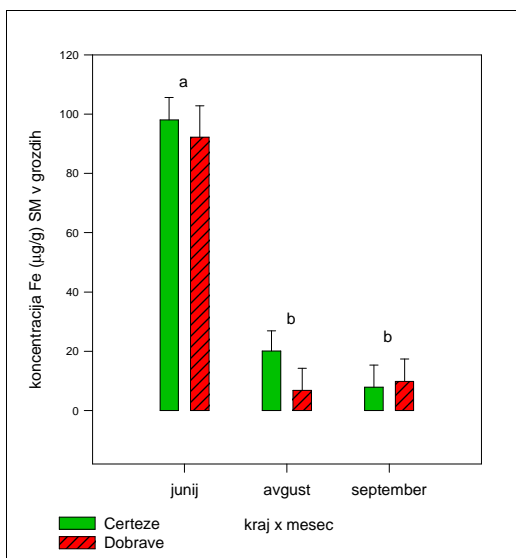
Slika 19: Koncentracija kalcija (Ca) v grozdih (µg/g SM).

Primerjali smo rastišči Čerteže in Dobrave ter mesece junij, avgust in september. Prikazano je povprečje ± SN (N=10), različne črke nad stolpci pomenijo statistično značilno razliko (enosmerna ANOVA–Holm-Sidak).



Slika 20: Koncentracija mangana (Mn) v grozdih ( $\mu\text{g/g}$  SM).

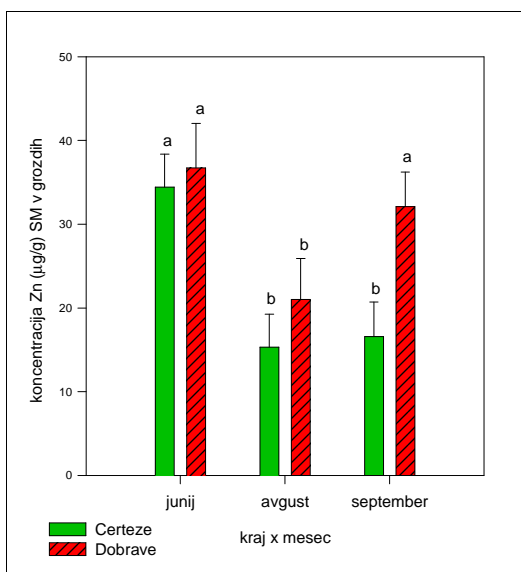
Primerjali smo rastišči Čerteže in Dobrave ter mesece junij, avgust in september. Statistično značilna razlika je opazna le pri različnih mesecih (oznake a in b). Prikazano je povprečje  $\pm$  SN (N=10), različne črke nad stolpci pomenijo statistično značilno razliko (dvosmerna ANOVA–Holm-Sidak).



Slika 21: Koncentracija železa (Fe) v grozdih ( $\mu\text{g/g}$  SM).

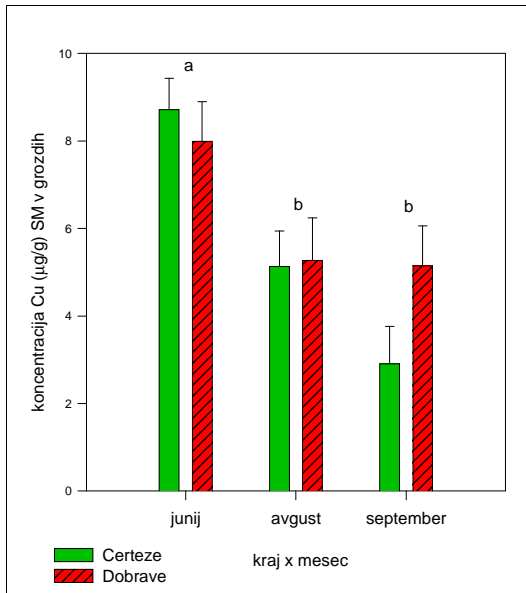
Primerjali smo rastišči Čerteže in Dobrave ter mesece junij, avgust in september. Statistično značilna razlika je opazna le pri različnih mesecih (oznake a in b). Prikazano je povprečje  $\pm$  SN (N=10), različne črke nad stolpci pomenijo statistično značilno razliko (dvosmerna ANOVA–Holm-Sidak).





Slika 22: Koncentracija cinka (Zn) v grozdih (µg/g SM).

Primerjali smo rastišči Čerteže in Dobrave ter mesece junij, avgust in september. Prikazano je povprečje ± SN (N=10), različne črke nad stolpci pomenijo statistično značilno razliko (enosmerna ANOVA–Holm–Sidak).

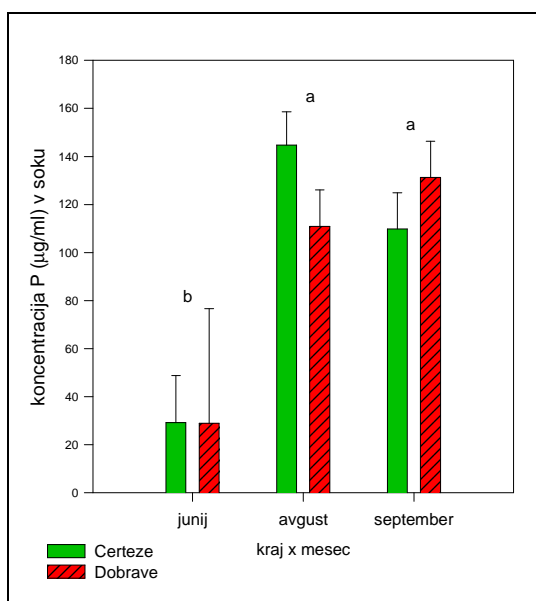


Slika 23: Koncentracija bakra (Cu) v grozdih (µg/g SM).

Primerjali smo rastišči Čerteže in Dobrave ter mesece junij, avgust in september. Statistično značilna razlika je opazna le pri različnih mesecih (oznake a in b). Prikazano je povprečje ± SN (N=10), različne črke nad stolpci pomenijo statistično značilno razliko (dvosmerna ANOVA–Holm–Sidak).

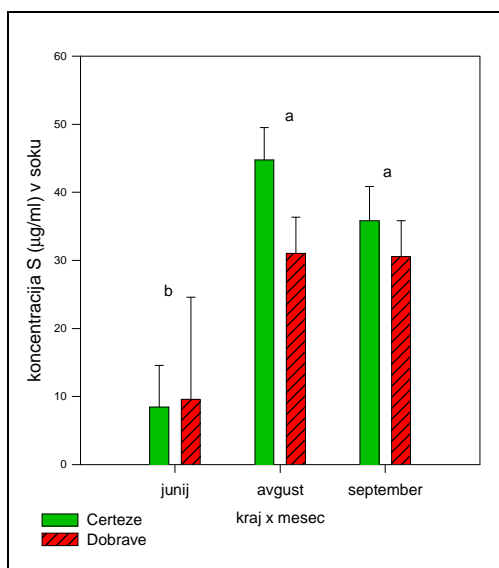
#### 4.8 KONCENTRACIJE MINERALNIH HRANIL V SOKU

Koncentracije makronutrientov P in S in mikronutrientov Mn, Fe, Cu in Zn v soku (priloga L) kažejo statistično značilne razlike v koncentraciji hranil ( $\mu\text{g/ml}$ ) med posameznimi meseci, ne kažejo pa statistično značilnih razlik med Čertežami in Dobravami. Koncentracije K in Ca ( $\mu\text{g/ml}$ ) kažejo statistično pomembne razlike tako med posameznimi meseci, kot tudi med Čertežami in Dobravami (priloga L). Koncentracije kalija so najnižje junija, med obema krajema ni opazne razlike, avgusta in septembra pa koncentracije narastejo in se septembra tudi razlikujejo med obema krajema (slika 26). Koncentracije kalcija so junija prav tako najnižje, med obema krajema ni opazne razlike in narastejo v avgustu in septembru ter se razlikujejo med obema krajema (slika 27). Koncentracije fosforja (slika 24), žvepla (slika 25), mangana (slika 28), cinka (slika 30) in bakra (slika 31) so junija najnižje, avgusta in septembra pa so višje in med seboj primerljive. Koncentracije železa so najnižje avgusta in najvišje septembra, junijske koncentracije pa se nahajajo med avgustovskimi in septembrskimi (slika 29).



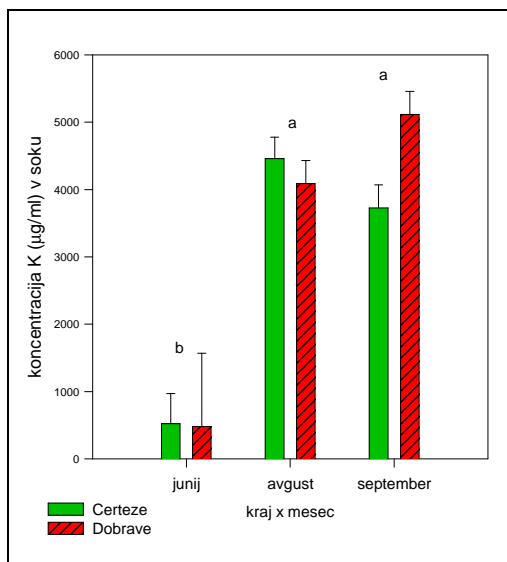
Slika 24: Koncentracija fosforja (P) v soku ( $\mu\text{g/ml}$ ).

Primerjali smo rastišči Čerteže in Dobrave ter mesece junij, avgust in september. Statistično značilna razlika je opazna le pri različnih mesecih (oznake a in b). Prikazano je povprečje  $\pm$  SN (N=10), različne črke nad stolpci pomenijo statistično značilno razliko (dvosmerna ANOVA–Holm–Sidak).



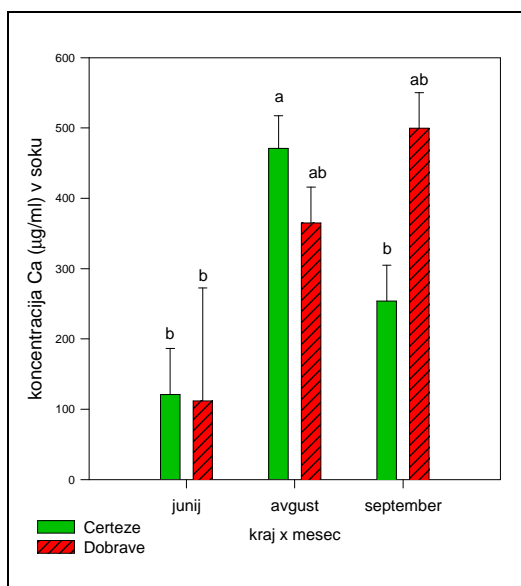
Slika 25: Koncentracija žvepla (S) v soku (µg/ml).

Primerjali smo rastišči Čerteže in Dobrave ter mesece junij, avgust in september. Statistično značilna razlika je opazna le pri različnih mesecih (oznake a in b). Prikazano je povprečje  $\pm$  SN (N=10), različne črke nad stolpci pomenijo statistično značilno razliko (dvosmerna ANOVA–Holm-Sidak).



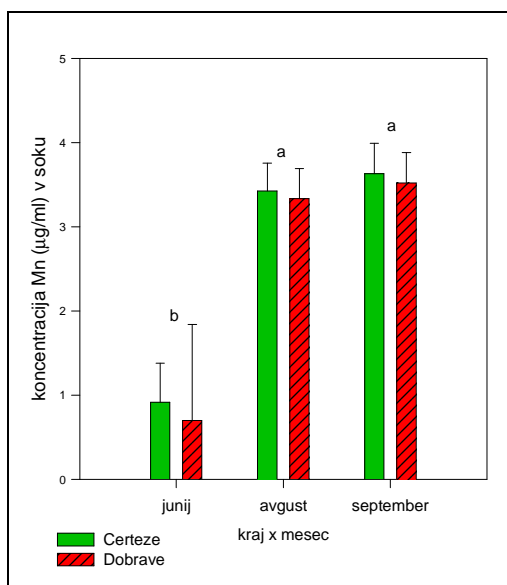
Slika 26: Koncentracija kalija (K) v soku (µg/ml).

Primerjali smo rastišči Čerteže in Dobrave ter mesece junij, avgust in september. Statistično značilna razlika je opazna le pri različnih mesecih (oznake a in b). Prikazano je povprečje  $\pm$  SN (N=10), različne črke nad stolpci pomenijo statistično značilno razliko (dvosmerna ANOVA–Holm-Sidak).



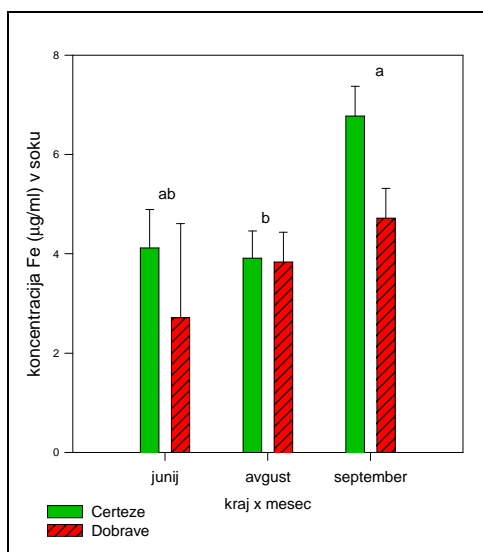
Slika 27: Koncentracija kalcija (Ca) v soku (µg/ml).

Primerjali smo rastišči Čerteže in Dobrave ter mesece junij, avgust in september. Prikazano je povprečje ± SN (N=10), različne črke nad stolpci pomenijo statistično značilno razliko (enosmerna ANOVA–Holm–Sidak).



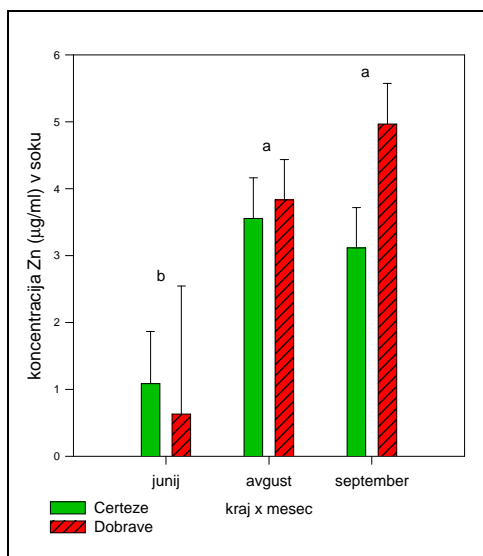
Slika 28: Koncentracija mangana (Mn) v soku (µg/ml).

Primerjali smo rastišči Čerteže in Dobrave ter mesece junij, avgust in september. Statistično značilna razlika je opazna le pri različnih mesecih (oznake a in b). Prikazano je povprečje ± SN (N=10), različne črke nad stolpci pomenijo statistično značilno razliko (dvosmerna ANOVA–Holm–Sidak).



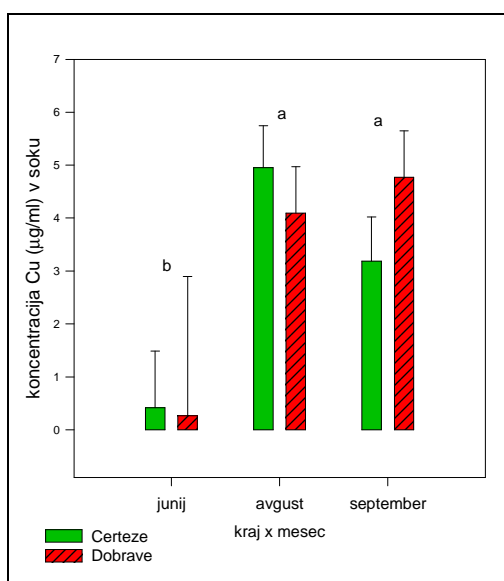
Slika 29: Koncentracija železa (Fe) v soku (µg/ml).

Primerjali smo rastišči Čerteže in Dobrave ter mesece junij, avgust in september. Statistično značilna razlika je opazna le pri različnih mesecih (oznake a in b). Prikazano je povprečje  $\pm$  SN (N=10), različne črke nad stolpci pomenijo statistično značilno razliko (dvosmerna ANOVA–Holm-Sidak).



Slika 30: Koncentracija cinka (Zn) v soku (µg/ml).

Primerjali smo rastišči Čerteže in Dobrave ter mesece junij, avgust in september. Statistično značilna razlika je opazna le pri različnih mesecih (oznake a in b). Prikazano je povprečje  $\pm$  SN (N=10), različne črke nad stolpci pomenijo statistično značilno razliko (dvosmerna ANOVA–Holm-Sidak).



Slika 31: Koncentracija bakra (Cu) v soku ( $\mu\text{g/ml}$ ).

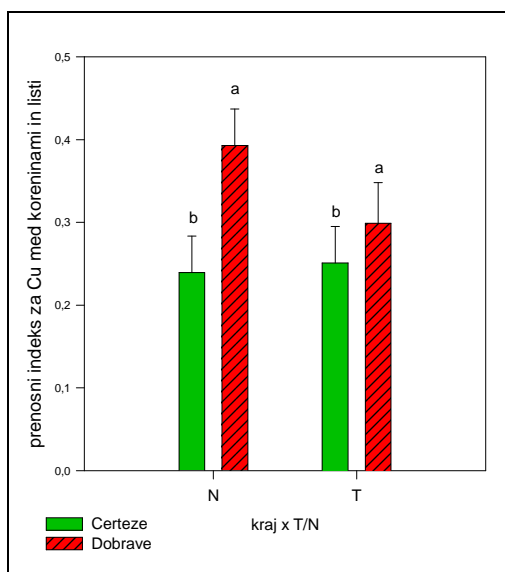
Primerjali smo rastišči Čerteže in Dobrave ter mesece junij, avgust in september. Statistično značilna razlika je opazna le pri različnih mesecih (oznake a in b). Prikazano je povprečje  $\pm$  SN (N=10), različne črke nad stolpci pomenijo statistično značilno razliko (dvosmerna ANOVA–Holm-Sidak).

#### 4.9 PRENOSNI INDEKS MED TLEMI IN KORENINAMI

Pri prenosnih indeksih za makroelemente (P, S, K in Ca) in mikroelemente (Mn, Fe, Cu in Zn) nismo opazili statistično značilnih razlik ne med Čertežami in Dobravami, kot tudi ne pri različni zatravljenosti vrst vinske trte (priloga M).

#### 4.10 PRENOSNI INDEKS MED KORENINAMI IN LISTI

Dvosmerne analize (Holm-Sidak) so pokazale, da je na prenosni indeks za baker vplival kraj. V Dobravah je namreč prenosni indeks za baker višji kot v Čertežah (slika 32). Pri prenosnih indeksih za ostale makroelemente (P, S, K in Ca) in mikroelemente (Mn, Fe in Zn), nismo opazili statistično značilnih razlik ne med Čertežami in Dobravami, kot tudi ne pri različni zatravljenosti vrst vinske trte (priloga N).

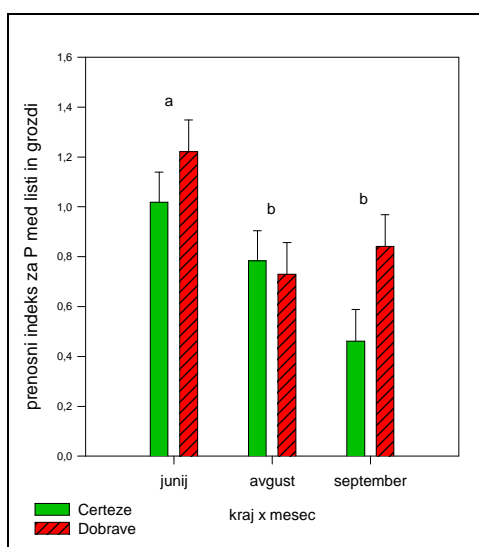


Slika 32: Prenosni indeks za baker (Cu) med koreninami in listi.

Primerjali smo rastišči Čerteže in Dobrave ter mesece junij, avgust in september. Statistično značilna razlika je opazna le pri različnih mesecih (oznake a in b). Prikazano je povprečje  $\pm$  SN (N=10), različne črke nad stolpci pomenijo statistično značilno razliko (dvosmerna ANOVA–Holm-Sidak).

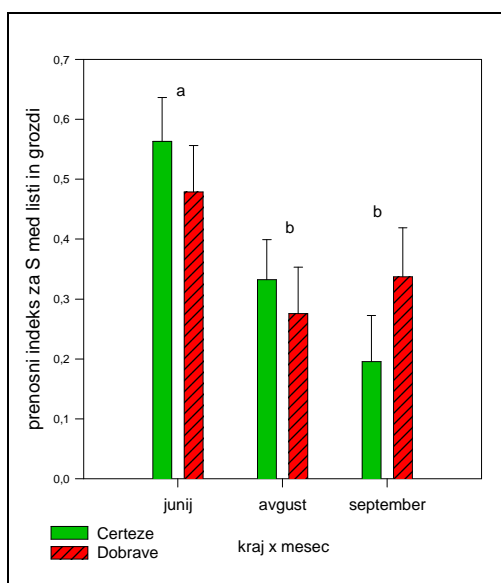
#### 4.11 PRENOSNI INDEKS MED LISTI IN GROZDI

Dvosmerne analize (Holm-Sidak) so pokazale, da je na prenosni indeks za Ca vplival kraj (priloga O), v Dobravah je namreč prenosni indeks za kalcij višji kot v Čertežah (slika 35). Na prenosni indeks za P, S, Mn, Cu in Zn (priloga O) je vplivala sezona. Prenosni indeksi so pri fosforju (slika 33), žveplu (slika 34), manganu (slika 36) in bakru (slika 38) najvišji junija in padejo avgusta in septembra, ko so primerljivi med seboj. Pri cinku prenosni indeks narašča od junija do septembra (slika 37). Pri prenosnih indeksih za kalij in železo nismo opazili statistično značilnih razlik (priloga P).



Slika 33: Prenosni indeks za fosfor (P) med listi in grozdi.

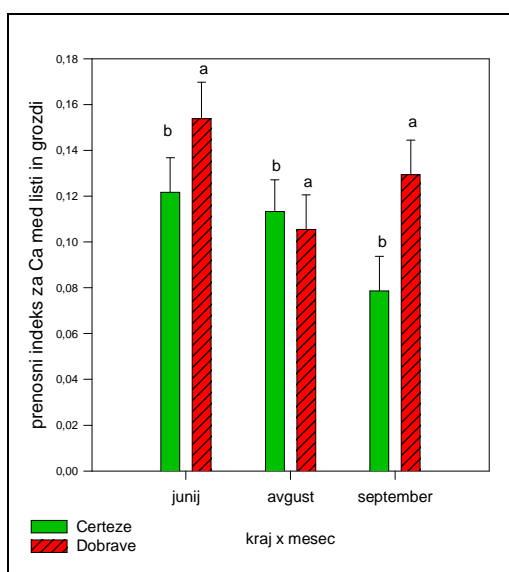
Primerjali smo rastišči Čerteže in Dobrave ter mesece junij, avgust in september. Statistično značilna razlika je opazna le pri različnih mesecih (oznake a in b). Prikazano je povprečje  $\pm$  SN (N=10), različne črke nad stolpci pomenijo statistično značilno razliko (dvosmerna ANOVA–Holm-Sidak).



Slika 34: Prenosni indeks za žveplo (S) med listi in grozdi.

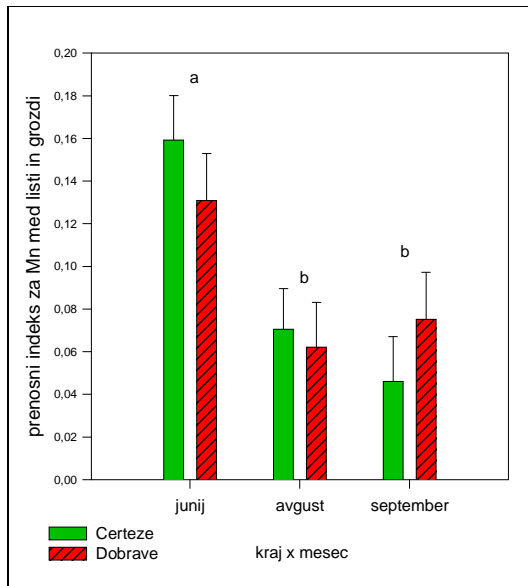
Primerjali smo rastišči Čerteže in Dobrave ter mesece junij, avgust in september. Statistično značilna razlika je opazna le pri različnih mesecih (oznake a in b). Prikazano je povprečje  $\pm$  SN (N=10), različne črke nad stolpci pomenijo statistično značilno razliko (dvosmerna ANOVA–Holm-Sidak).





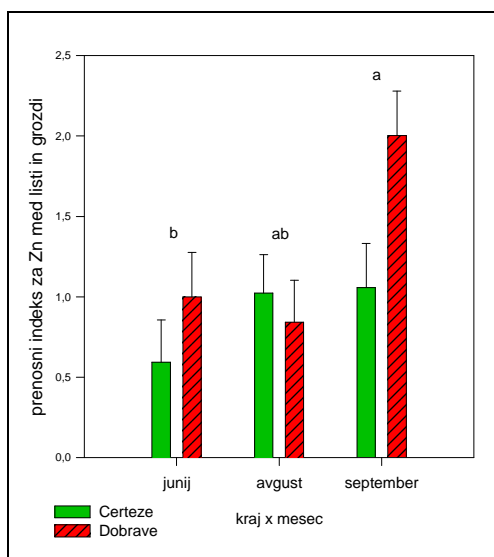
Slika 35: Prenosni indeks za kalcij (Ca) med listi in grozdi.

Primerjali smo rastišči Čerteže in Dobrave ter mesece junij, avgust in september. Prikazano je povprečje  $\pm$  SN (N=10), različne črke nad stolpci pomenijo statistično značilno razliko (enosmerna ANOVA–Holm-Sidak).



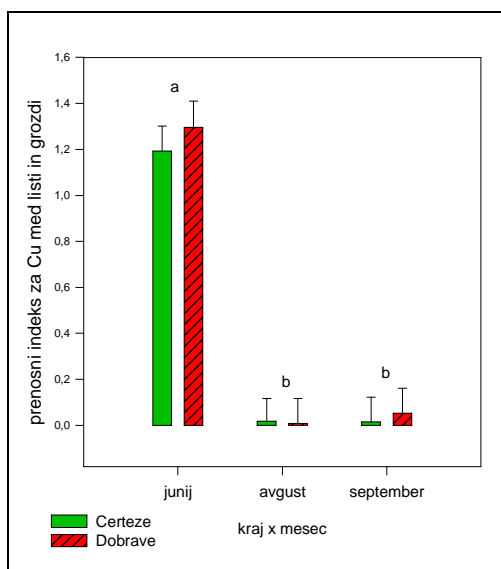
Slika 36: Prenosni indeks za mangan (Mn) med listi in grozdi.

Primerjali smo rastišči Čerteže in Dobrave ter mesece junij, avgust in september. Statistično značilna razlika je opazna le pri različnih mesecih (oznake a in b). Prikazano je povprečje  $\pm$  SN (N=10), različne črke nad stolpci pomenijo statistično značilno razliko (dvosmerna ANOVA–Holm-Sidak).



Slika 37: Prenosni indeks za cink (Zn) med listi in grozdi.

Primerjali smo rastišči Čerteže in Dobrave ter mesece junij, avgust in september. Statistično značilna razlika je opazna le pri različnih mesecih (oznake a in b). Prikazano je povprečje  $\pm$  SN (N=10), različne črke nad stolpci pomenijo statistično značilno razliko (dvosmerna ANOVA–Holm-Sidak).

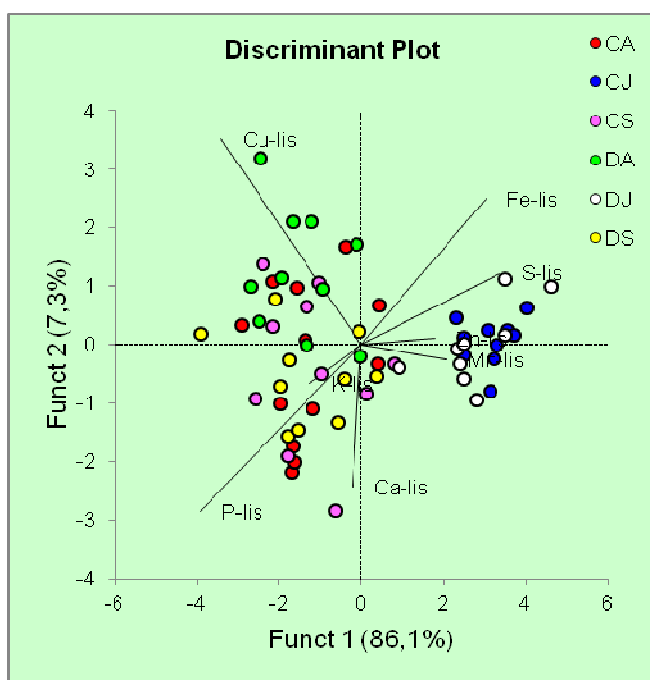


Slika 38: Prenosni indeks za baker (Cu) med listi in grozdi.

Primerjali smo rastišči Čerteže in Dobrave ter mesece junij, avgust in september. Statistično značilna razlika je opazna le pri različnih mesecih (oznake a in b). Prikazano je povprečje  $\pm$  SN (N=10), različne črke nad stolpci pomenijo statistično značilno razliko (dvosmerna ANOVA–Holm-Sidak).

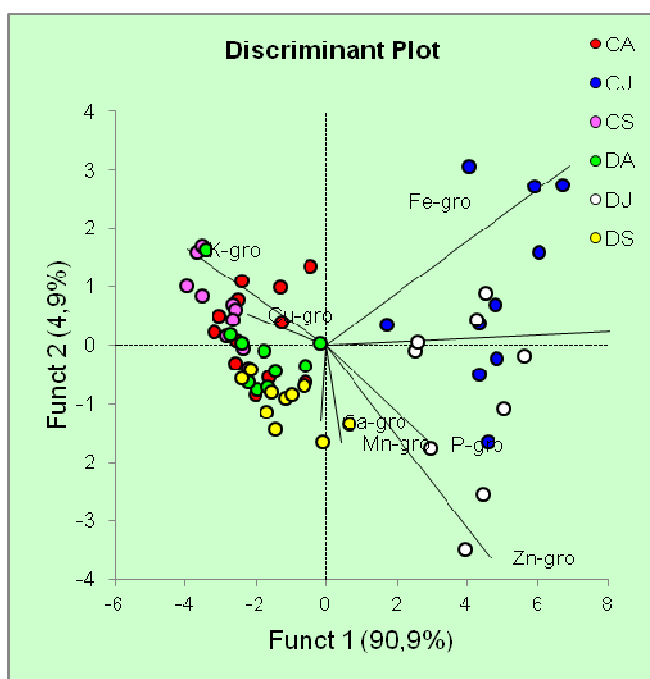
#### 4.12 LINERARNE DISKRIMINANTNE ANALIZE ZA LISTE IN GROZDE

Na sliki 39 je prikazana linearna diskriminantna analiza za vzorce listov v različnih mesecih. Vidimo, da se junijski vzorci (CJ, DJ) vidno ločijo od avgustovskih in septembrskih (CA, DA, CS, DS), medtem ko med Čertežami in Dobravami ni večjih razlik. Na sliki 40 je prikazana linearna diskriminantna analiza za vzorce grozdov v različnih mesecih. Tudi tu vidimo, da se junijski vzorci (CJ, DJ) vidno ločijo od avgustovskih in septembrskih (CA, DA, CS, DS). Poleg tega se pri vzorcih grozdov vidi razlika v junijskih vzorcih med Čertežami in Dobravami, kar opazimo tudi pri avgustovskih in septembrskih vzorcih. Prav tako na linearni diskriminantni analizi za vzorce listov in grozdov (slika 41) vidimo razliko med junijskimi ter avgustovskimi in septembrskimi vzorci. Vzorci iz Čertež in Dobrav se tudi tu lepo ločijo med seboj, tako pri junijskih, kot pri avgustovskih in septembrskih vzorcih. Na skupnem grafu se namreč razlike med Čertežami in Dobravami, ki so opazne že na sliki 40, še povečajo.



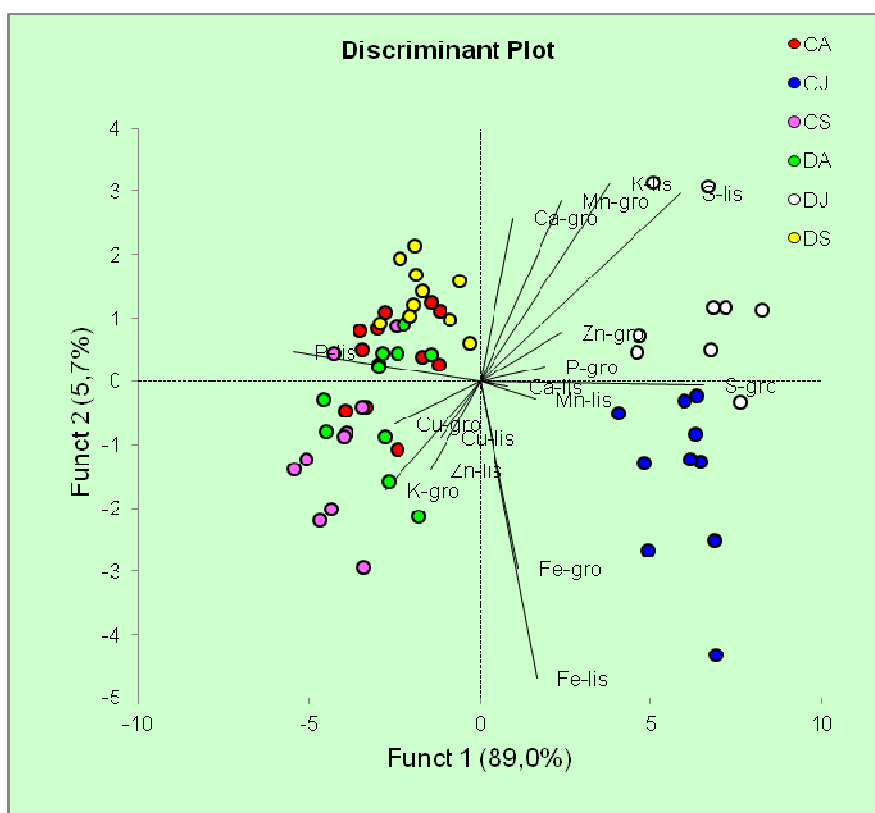
Slika 39: Rezultati linearne diskriminantne analize za liste.

Analiza je bila narejena na osnovi koncentracij elementov (P, S, K, Ca, Mn, Fe, Cu, Zn) v listih, vzorčenih junija, avgusta in septembra v Čertežah in Dobravah. Funkciji 1 in 2 sta zasnovani tako, da poskušata poiskati tako linearno kombinacijo merjenih spremenljivk, da si bodo vnaprej določene skupine glede na vrednosti tako dobljene linearne kombinacije, med seboj čimbolj različne in tako kar najboljše pojasnjujejo razlike med skupinami. Tako bo tudi napaka pri uvrščanju enot v skupine najmanjša.



Slika 40: Rezultati linearne diskriminantne analize za grozde.

Analiza je bila narejena na osnovi koncentracij elementov (P, S, K, Ca, Mn, Fe, Cu, Zn) v listih, vzorčenih junija, avgusta in septembra v Čertežah in Dobravah. Funkciji 1 in 2 sta zasnovani tako, da poskušata poiskati tako linearno kombinacijo merjenih spremenljivk, da si bodo vnaprej določene skupine glede na vrednosti tako dobljene linearne kombinacije, med seboj čimbolj različne in tako kar najboljše pojasnjujejo razlike med skupinami. Tako bo tudi napaka pri uvrščanju enot v skupine najmanjša.



Slika 41: Rezultati linearne diskriminantne analize za liste in grozde

Analiza je bila narejena na osnovi koncentracij elementov (P, S, K, Ca, Mn, Fe, Cu, Zn) v listih, vzorčenih junija, avgusta in septembra v Čertežah in Dobravah. Funkciji 1 in 2 sta zasnovani tako, da poskušata poiskati tako linearno kombinacijo merjenih spremenljivk, da si bodo vnaprej določene skupine glede na vrednosti tako dobljene linearne kombinacije, med seboj čimbolj različne in tako kar najboljše pojasnjujejo razlike med skupinami. Tako bo tudi napaka pri uvrščanju enot v skupine najmanjša.

## 5 RAZPRAVA

### 5.1 VREDNOST pH, DELEŽ ORGANSKE SNOVI IN KONCENTRACIJE MINERALNIH HRANIL V TLEH

Talni pH je rezultat ravnotežja med talnimi minerali, ioni v talni raztopini in kationske izmenjave med talno raztopino in adsorpcijskimi kompleksi (Zupan in sod., 1998). Trta najbolje uspeva v slabo kislih tleh, kjer je večina hranil najlažje dostopnih. Z večjo stopnjo kislosti se dostopnost hranil večinoma manjša, podobno velja tudi za nevtralna in bazična tla (Sušin in sod., 2008). Naši rezultati kažejo, da je vrednost pH na izbranih rastiščih Čerteže in Dobrave od 7,95 do 8,56, kar pomeni rahlo bazično reakcijo in posledično težjo dostopnost mineralnih hranil.

Organska snov so živi organizmi in odmrli rastlinski in živalski ostanki. Organska snov v tleh s številnimi prostimi skupinami, kot so karboksilne, karbonilne in druge, povečuje kationsko izmenjevalno kapaciteto tal (Zupan in sod., 1998). Optimalen delež organske snovi za vinograd bi bil okrog 2% (Leskošek in Vršič, 1999). Naši rezultati kažejo, da je obdelava vinogradov z ozelenitvijo precej pomembna za količino organske snovi. V zatravljenih vrstah vinske trte je namreč organske snovi od 3 do 5%, medtem, ko je v nezatravljenih vrstah organske snovi le malo več kot 1%. Zatavljanje vrst vinske trte namreč povečuje količino organske snovi v tleh ter izboljša prepustnost tal za vodo in zrak (Vršič in Lešnik, 2010). Med Čertežami in Dobravami ni opaznih statistično značilnih razlik v deležu organske snovi v tleh.

Koncentracije mineralnih hranil v tleh so višje kot koncentracije mineralnih hranil v koreninah, kar je posledica naravne geloške sestave tal, lahko pa tudi prekomernega dodajanja hranil v zemljo. Rastline običajno porabijo manj kot polovico mineralnih hranil, ki so v zemlji kot posledica prekomernega gnojenja (Loomis in Conner, 1992). Večjih razlik med krajema v koncentraciji različnih mineralnih hranil v tleh ne opazimo, kot tudi ne pri različni zatravljenosti vrst vinske trte. Izjema je mangan, ki ga je več v Čertežah. Koncentracije mineralnih hranil v tleh večinoma niso relevantne, saj na privzem v rastline ne vpliva le skupna koncentracija hranil, temveč njihova biodostopnost, ki je pogojena predvsem s pH vrednostjo, speciacijo in vezavno obliko hranil v tleh (Christensen and Peacock, 2011). Glede na izmerjeni rahlo bazični pH tal v izbranih vinogradih lahko sklepamo, da so bila mineralna hranila težje dostopna.

## 5.2 STOPNJA GLIVNE KOLONIZACIJE

Pri simbiozi glive z rastlino gliva tvori neseptirane hife, ki se zadebeljujejo in tvorijo vezikle ali pa se dihotomno znotrajcelično razcepljajo in tvorijo arbuskule (Gurevitch in sod., 2002). Ti so mesta izmenjave med rastlino in glivo, pri čemer rastlina glivo oskrbuje s fotosintezniimi produkti, gliva pa rastlini pomaga pri preživetju ob neugodnih abiotskih in biotskih dejavnikih tako, da poveča dostop vode in hranil, ki so drugače za rastlino manj dostopna in s tem olajšajo razvoj in preživetje populacije v stresnih razmerah (Gaur in Adholeya, 2004). Naši rezultati ne kažejo statistično pomembnih razlik v stopnji glivne kolonizacije med Čertežami in Dobravami, kot tudi ne pri različni zatravljenosti vrst vinske trte pri vrednostih mikorizne frekvence AM gliv (F%), splošne intenzitete AM (M%) ter gostote mikrosklerocijev v koreninskem sistemu (MS%). Razlika je opazna le pri gostoti arbuskulov (A%), tako med krajema, kot tudi pri različni zatravljenosti vrst vinske trte. Gostota arbuskulov je večja v Dobravah ter pri nezatravljeni vrsti vinske trte, poleg tega pa je v nezatravljenih vrstah vsebnost organske snovi precej nižja, posledično je tam tudi nižja vsebnost dostopnih hranil. Na to najverjetneje vpliva obdelava vinogradov. Ker v Čertežah odstranijo večji del grozdov, se lahko več mineralnih hranil v času senescence prenese v trajne dele rastline, kjer se shranijo za naslednjo sezono (Vršič in Lešnik, 2010). V Dobravah pustijo na vinski trti večji del grozdov, kar ima sicer za posledico večji donos, vendar pa to vinsko trto izčrpa večine mineralnih hranil. V času senescence se tako v trajne organe vinske trte shrani manjša količina mineralnih hranil, ki bodo na voljo v naslednji sezoni (Vršič in Lešnik, 2010). Sklepamo, da je gostota arbuskulov v Dobravah večja, da pomaga vinski trti v pridobiti kar največ hranil iz tal.

## 5.3 KONCENTRACIJE MINERALNIH HRANIL V KORENINAH

Koncentracije mineralnih hranil v koreninah ne kažejo statistično pomembnih razlik med Čertežami in Dobravami, kot tudi ne pri različni zatravljenosti vrst vinske trte. Je pa opazna nižja koncentracija mineralnih hranil glede na njihovo koncentracijo v tleh, kar je posledica zmanjšane dostopnosti določenih mineralnih hranil v tleh za privzem v korenine, na kar vpliva tudi bazična pH vrednost (Sušin in sod., 2008) in nadzorovan privzem mineralnih hranil iz tal v korenine (Ross, 1994; Kabata-Pendias and Pendias, 2001; Li et al., 2007).

Zanimivo bi bilo raziskati tudi, kako na koncentracije mineralnih hranil v koreninah vplivajo sezonske spremembe, saj Vršič in Lešnik (2010) navajata, da vinska trta večino hranil, ki bodo potrebna za prve faze razvoja v naslednjem letu, sprejme v času od cvetenja do dozoritve grozdja in jih akumulira v trajne organe (korenine, oleseneli deli), kjer se shranijo do naslednje

pomladi. Raziskave namreč kažejo, da vinska trta v prvih fazah razvoja (do cvetenja) potrebe po hranilih pokrije iz lastnih zalog (Vršič in Lešnik, 2010).

#### 5.4 KONCENTRACIJE FOTOSINTEZNIH PIGMENTOV V LISTIH

Koncentracije fotosinteznih pigmentov smo izmerili v listih vinske trte v različnih mesecih in na dveh različnih lokacijah. Koncentracije klorofila b in karotenoidov ne kažejo statistično pomembnih razlik med krajema in med sezono, pri klorofilu a pa je opazna razlika v mesecu avgustu med krajema Čerteže in Dobrave. V Čertežah je namreč klorofila a precej manj, kar je verjetno posledica stresa na rastlino zaradi visokih temperatur in pomanjkanja vode (Taiz, 2006). Čerteže so namreč bolj izpostavljene soncu kot Dobrave in avgusta, ko so temperature najvišje in količina vode najnižja, se je to odrazilo kot padec klorofila a v Čertežah, verjetno zaradi stresnih razmer. Razen padca koncentracije klorofila a v avgustu v Čertežah, so koncentracije klorofila a med seboj primerljive.

#### 5.5 KONCENTRACIJE MINERALNIH HRANIL V LISTIH

Koncentracije mineralnih hranil v listih se spreminjajo med sezono rasti. Koncentracije fosforja in kalija med sezono naraščajo. Conradie (1980) je ugotovil, da listi ob koncu sezone rasti vinske trte delujejo kot ponor za fosfor, kar se kaže v povečevanju njegove koncentracije med sezono. Fosfor je namreč pomemben pri fotosintezi, pa tudi za zorenje grozdov in rast mladik (Vršič in Lešnik, 2010). Kalij je pomemben pri gospodarnejši rabi vode (Vršič in Lešnik, 2010), zato je smiselno, da njegova koncentracija v listih med sezono narašča, saj narašča tudi zunanja temperatura, kalij pa tako listom vinske trte pomaga pri gospodarjenju z vodo, kar je še posebno pomembno v sušnejših letih. Koncentracije žvepla, mangana, železa in cinka med sezono padajo, kar je verjetno posledica prenosa mineralnih hranil iz listov v druge dele rastlin, kjer so potrebna za rastne procese, kar je ugotovil tudi Conradie (1980). Koncentracije bakra so najnižje junija, narastejo avgusta in spet padejo v septembru, kar je posledica prenosa v druge dele rastlin. Padec v septembru je sicer nepričakovan glede na raziskave Conradie-a (1980), vendar je verjetno povezan s povečano uporabo bakrovih fungicidov pred avgustovskim vzorčenjem. Med Čertežami in Dobravami nismo opazili statistično pomembnih razlik v koncentracijah mineralnih hranil.



## 5.6 KONCENTRACIJE FOTOSINTEZNIH PIGMENTOV, SLADKORJEV IN FENOLOV V GROZDIH

V grozdih najdemo klorofile tako v kožici, kot tudi v notranjosti jagode in opazimo povečevanje vsebnosti klorofilov tekom rasti, saj v času rasti grozdnih jagod v njih nastaja tudi klorofil (Conde s sod., 2007; Vršič in Lešnik, 2010). Grozdne jagode namreč del organskih snovi (do 20%) pridobijo z lastno fotosintezo, preostali del organskih snovi (80%) pa se prenese iz listov (Vršič in Lešnik, 2010). Opazna je tudi razlika med krajema, v Čertežah je klorofilov v grozdih precej več kot v Dobravah, verjetno zaradi obdelave vinograda. V Čertežah poleti (sredina julija) redčijo grozde na posamezni trti, zato se v preostalih grozdih lahko nabere večja količina hranil in to posredno vpliva na sintezo fotosinteznih pigmentov in količino sladkorjev.

Sladkorji nastajajo v listih in se transportirajo v grozdne jagode v obliki saharoze. V juniju so njihove koncentracije nizke, saj se v začetni fazi zorenja večina sladkorjev metabolizira. Tekom zorenja se začnejo sladkorji akumulirati v vakuolah kot heksoze, nato pa jagode do konca zorenja akumulirajo bolj ali manj enake količine glukoze in fruktoze (Robinson in Davies, 2000). Koncentracija sladkorjev se med sezono povečuje, saj se sladkorji akumulirajo v grozdih (Vršič in Lešnik, 2010). Rezultati kažejo, da je vsebnost sladkorjev višja v Čertežah, čemur je najverjetneje vzrok obdelava z redčenjem grozdja, kar vpliva na povečano koncentracijo sladkorja na posamezen grozd (Bavčar, 2006).

Fenoli se nahajajo v kožici in pečkih grozdnih jagod (Conde s sod., 2007). Tekom zorenja se njihova skupna koncentracija zmanjšuje zaradi večanja grozdnih jagod med sezono rasti, takrat se volumen celic povečuje na račun povečanega privzema vode (Vršič in Lešnik, 2010). Zmanjšanje skupne koncentracije fenolov v grozdih med sezono smo opazili tudi pri naših rezultatih. Med Čertežami in Dobravami nismo opazili statistično značilnih razlik v koncentracijah fenolov.

## 5.7 KONCENTRACIJE MINERALNIH HRANIL V GROZDIH IN SOKU

Koncentracije mineralnih hranil v grozdih večinoma padajo med sezono, kar je posledica večanja grozdnih jagod (Robinson in Davies, 2000; Winkler, 1974). Grozdje ima tri faze zorenja, prva so celične delitve, sledita še privzem vode in akumulacija zalog (Vršič in Lešnik, 2010). Junija je koncentracija mineralnih hranil največja, nato pa pada do septembra, kar je verjetno posledica rasti jagod in s tem akumulacije ogljikovih hidratov (celuloznih komponent v apoplastu in sladkorjev v simplastu), zato količina mineralnih hranil navidezno pade.

Septembra lahko opazimo približno enake koncentracije mineralnih hranil kot avgusta, saj grozdne jagode takrat že dosežejo končno velikost in se tako koncentracije mineralnih hranil ne spreminjajo več veliko (Vršič in Lešnik, 2010). Med Čertežami in Dobravami nismo opazili statistično značilnih razlik v koncentracijah mineralnih hranil v grozdih.

Koncentracije mineralnih hranil v soku smo merili v  $\mu\text{g}$  na ml soka, zato je primerjava z ostalimi rezultati nekoliko težja. Koncentracije mineralnih hranil med sezono naraščajo, kar kaže na to, da se mineralna hranila med sezono kopičijo v simplastu grozdov, kjer so potrebna za dozorevanje grozdov in akumulacijo organskih snovi (Vršič in Lešnik, 2010). V soku, kjer smo merili koncentracije mineralnih hranil, je bila namreč prisotna tudi voda, katere količina v grozdih se med zorenjem grozdja lahko zmanjšuje (Vršič in Lešnik, 2010), koncentracije mineralnih hranil pa se tako navidezno povečajo. Med Čertežami in Dobravami nismo opazili statistično značilnih razlik v koncentracijah mineralnih hranil v soku.

## 5.8 PRENOSNI INDEKS MED TLEMI IN KORENINAMI

Prenosni indeks med tlemi in koreninami ne kaže statistično pomembnih razlik med krajema in zatravljenostjo vrst vinske trte. Za večino mineralnih hranil je prenosni indeks manjši kot 1, kar pomeni, da se iz tal v korenine prenese manjša količina hranil kot jih je na voljo v tleh oz. kaže na zmanjšano biotostopnost hranil v tleh (Christensen and Peacock, 2011). To kaže po drugi strani kontroliran privzem mineralnih hranil iz tal v korenine, ki zadovoljuje potrebe vinske trte po hranilih ter obenem preprečuje strupenost (Ross, 1994; Kabata-Pendias and Pendias, 2001; Li et al., 2007). Z večjo stopnjo kislosti se dostopnost hranil večinoma manjša, podobno velja tudi za nevtralna in bazična tla (Sušin in sod., 2008).

Prenosni indeks med tlemi in koreninami je pri cinku večji od 1, kar kaže na njegovo lažjo biodostopnost (Taiz, 2006). Od 1 višji prenosni indeks med tlemi in koreninami za cink lahko razložimo tudi s tem, da vinska trta v začetku rastne sezone potrebuje večje količine cinka in ga pospešeno privzema (Vršič in Lešnik, 2010). Da bi to lahko bolje razložili, bi bile potrebne še meritve koncentracij mineralnih hranil v avgustu in septembru.

## 5.9 PRENOSNI INDEKS MED KORENINAMI IN LISTI

Prenosni indeks med koreninami in listi je pri večini mineralnih hranil večji od 1, kar kaže na akumulacijo mineralnih hranil v listih. Prenos je odvisen od mobilnosti elementov ter apoplastne pregrade v koreninah, od te pregrade je namreč odvisno ali je nalaganje v simplast in transport v liste uspešen. Če so mineralna hranila vezana na organske ligande, sta reakcija z apoplastom in prenos v rastlino lažja, če pa so mineralna hranila kompleksirana kot fosfat ali karbonat, ne disociirajo v talni raztopini in so posledično težje prenosljiva (Taiz, 2006). Pri bakru, železu in cinku je prenosni indeks nižji od 1, kar pomeni, da se ta mineralna hranila težje prenašajo iz korenin v liste, saj ne disociirajo v talni raztopini in se tako težje prenašajo po rastlini (Taiz, 2006). Med Čertežami in Dobravami nismo opazili statistično značilnih razlik pri prenosnem indeksu med koreninami in listi.

## 5.10 PRENOSNI INDEKS MED LISTI IN GROZDI

Prenosni indeks med listi in grozdi večinoma pada med sezono, kar kaže na to, da je prenos najvišji junija, takrat je prenos mineralnih hranil iz listov v grozde največji (Vršič in Lešnik, 2010), potem pa prenosni indeks pade in je verjetno posledica večanja jagod skozi sezono zaradi povečanega privzema vode ter nalaganja sladkorjev v grozdne jagode (Robinson in Davies, 2000; Winkler, 1974). Večinoma prenosni indeks ni višji od 1, kar je najverjetneje posledica povečevanja grozdnih jagod med sezono rasti na račun sinteze in akumulacije založnih snovi (Vršič in Lešnik, 2010). Med Čertežami in Dobravami nismo opazili statistično značilnih razlik pri indeksu med listi in grozdi.

## 5.11 LINERARNE DISKRIMINANTNE ANALIZE ZA LISTE IN GROZDE

Linearna diskriminantna analiza za liste je potrdila ugotovitve naše raziskave, in sicer, da se koncentracije mineralnih hranil razlikujejo med sezono. Opazna je razlika med junijskimi ter avgustovskimi in septembrskimi vzorci. Avgustovski in septembrski vzorci se med seboj ne razlikujejo ne glede na sezono, kot tudi ne glede na kraj vzorčenja. Nekatera mineralna hranila se v liste vinske trte bolj opazno prenesejo pred zorenjem grozdov in se potem prenesejo v grozde (Zn, Fe, Mn, S), druga pa se v liste vinske trte prenesejo med zorenjem grozdov (Cu, K, P).

Linearna diskriminantna analiza za grozde je prav tako potrdila ugotovitve naše raziskave, da se koncentracije mineralnih hranil razlikujejo med sezono, saj je opazna razlika med

junijskimi ter avgustovskimi in septembrskimi vzorci. Avgustovski in septembrski vzorci se ne razlikujejo glede na sezono, je pa opazna razlika med Čertežami in Dobravami, ki je opazna tudi pri junijskih vzorcih, kar pri prejšnjih analizah ni bilo opazno. Razlika med krajema je najverjetneje posledica različne obdelave vinogradov. V Čertežah, kjer grozdje redčijo, je pridelka manj, vendar je grozdje bolj kakovostno. V posameznih grozdih se tako lahko nakopiči večja količina mineralnih snovi in sladkorjev (Vršič in Lešnik, 2010). Zaradi manjšega števila grozdov na posamezno trto, se lahko večja količina snovi med senescenco prenese v trajne organe vinske trte, kjer so na voljo v naslednji rastni sezoni. Vinska trta namreč večino hranil, ki bodo potrebna za prve faze razvoja v naslednjem letu, sprejme v času od cvetenja do dozoritve grozdja in jih akumulira v trajne dele (Vršič in Lešnik, 2010).

Linearna diskriminantna analiza za liste in grozde skupaj je prav tako pokazale razliko med junijskimi ter avgustovskimi in septembrskimi vzorci. Med avgustovskimi in septembrskimi vzorci niso opazne sezonske razlike, je pa še bolj opazna razlika med krajema Čerteže in Dobrave, ki je vidna tudi pri junijskih vzorcih. Vzrok je spet različna obdelava vinogradov Čerteže in Dobrave. V Čertežah odstranijo večji del grozdov in zaradi manjše količine pridelka, se lahko večji del mineralnih hranil med senescenco prenese v trajne organe vinske trte, kjer bodo na voljo prihodnje leto (Vršič in Lešnik, 2010).

## 6 SKLEPI

- Vrednost pH je od 8 do 8,5 kar pomeni rahlo bazično reakcijo in posledično težji privzem nekaterih mineralnih hranil iz tal.
- Delež organske snovi je v zatravljenih vrstah vinske trte višji kot v nezatravljenih vrstah vinske trte.
- Gostota arbuskulov je večja v Dobravah ter pri nezatravljeni vrsti vinske trte, kot posledica drugačne obdelave vinogradov. Iz Dobrav, kjer pustijo več grozdov na vinski trti, se z grozdjem odstranijo tudi mineralna hranila. Gostota arbuskulov v Dobravah se tako poveča, da pomagajo vinski trti pridobiti kar največ hranil iz tal.
- Koncentracije mineralnih hranil v koreninah so nižje kot v tleh, kar je posledica nadzorovanega privzema mineralnih hranil iz tal v korenine in zmanjšane biodostopnosti mineralnih hranil.
- V Čertežah je klorofila a v avgustu manj kot v Dobravah, kar je verjetno posledica stresa (pomanjkanje vode, visoke zunanje temperature) na rastlino.
- Koncentracije fosforja in kalija v listih skozi sezono naraščajo, saj listi ob koncu sezone rasti vinske trte delujejo kot ponor za fosfor in kalij. Koncentracije žvepla, mangana, železa in cinka v listih med sezono padajo, kar je verjetno posledica prenosa mineralnih hranil iz listov v druge dele rastlin. Koncentracije bakra so najnižje junija, narastejo avgusta in spet padejo v septembru, kar je posledica prenosa v druge dele rastlin, verjetno pa tudi povečane uporabe bakrovih fungicidov pred avgustovskim vzorčenjem.
- Koncentracije skupnih klorofilov in sladkorjev v grozdih med sezono rastejo, koncentracija fenolov v grozdih pa se med sezono zmanjšuje.
- Skupne koncentracije mineralnih hranil v grozdih večinoma padajo med sezono, kar je posledica večanja grozdnih jagod zaradi sinteze in akumulacije ogljikovih hidratov.
- Koncentracije mineralnih hranil v soku naraščajo med sezono, verjetno predvsem zaradi zmanjševanja količine vode v grozdnih jagodah med zorenjem grozdov.
- Prenosni indeks med tlemi in koreninami je večinoma manjši od 1, kar pomeni, da se iz tal v korenine prenese manjša količina hranil kot jih je na voljo v tleh ter kaže na težjo biodostopnost mineralnih hranil in kontroliran privzem mineralnih hranil iz tal v korenine.
- Prenosni indeks med koreninami in listi je večinoma višji od 1, kar kaže na prenos mineralnih hranil iz korenin v liste. Pri bakru, železu in cinku je prenosni indeks nižji od 1, kar pomeni, da se ta mineralna hranila težje prenašajo iz korenin v liste.
- Prenosni indeks med listi in grozdi večinoma pada skozi sezono, kar pomeni, da je prenos najvišji junija, takrat je prenos mineralnih hranil iz listov v grozde največji, potem pa pade in je verjetno posledica večanja grozdnih jagod med sezono.

- Linearna diskriminantna analiza za liste je pokazala razliko v sezonski dinamiki. Vzorci se razdelijo v dve skupini, junijsko ter avgustovsko in septembrsko.
- Linearni diskriminantni analizi za grozde ter za liste in grozde sta pokazali razliko v sezonski dinamiki, tudi tu se junij lepo loči od avgusta in septembra. Opazna je tudi razlika med Čertežami in Dobravami v vseh treh mesecih, najverjetneje na račun drugačne obdelave vinograda.

## 7 POVZETEK

Na mineralno prehrano vinske trte vplivajo različni dejavniki, tako biotski kot abiotski, pomemben vpliv pa ima tudi človek s svojimi posegi. Vinska trta lahko zelo različno uspeva, čeprav za to ni nobenega posebno vidnega razloga. Vinogradniki opažajo, da se med vinogradi pojavljajo razlike v rodnosti vinskih trt in kvaliteti grozdja ter posledično tudi kvaliteti vina.

V raziskavi smo primerjali dva vinograda v sklopu vinske kleti Santomas in sicer v Čertežah in Dobravah. Oba imata karbonatno podlago ter flišnato-peščeno prst z visoko vsebnostjo kalcija. Ležita na južni strani in sta pod vplivom mediteranskega podnebja. Želeli smo ugotoviti, kako različni abiotski in biotski dejavniki vplivajo na mineralno prehrano vinske trte ter kako se količina mineralnih hranil spreminja skozi letni čas in v obeh vinogradih.

V vinogradih Čerteže in Dobrave smo junija pobrali vzorce tal, korenin, listov in grozdov. Vzorce listov in grozdov smo pobrali tudi avgusta in septembra, saj smo želeli primerjati sezonsko dinamiko. Posušene vzorce tal smo stisnili v tabletko ter v njih izmerili koncentracije mineralnih hranil (S, K, Ca, Mn, Fe, Cu in Zn) s standardno rentgensko fluorescenčno spektrometrijo (XRF). Del vzorcev korenin smo pripravili za pregled glivne kolonizacije, ostali del korenin, pa tudi vzorce listov in grozdov, smo posušili, uprašili in razklopili ter v njih izmerili koncentracije mineralnih hranil (S, K, Ca, Mn, Fe, Cu in Zn) z rentgensko fluorescenčno spektroskopijo s popolnim odbojem (XTRF). Iz grozdov smo stisnili sok, v katerem smo prav tako izmerili koncentracije mineralnih hranil (S, K, Ca, Mn, Fe, Cu in Zn) z rentgensko fluorescenčno spektroskopijo s popolnim odbojem (XTRF). Za fosfor je bila metoda XTRF premalo občutljiva, zato smo ga izmerili fotometrično, pri čemer smo izmerili rastlinam dostopni fosfor v tleh in skupni fosfor v rastlinskih organih. Poleg tega smo v vzorcih tal izmerili še količino organske snovi ter pH. V vzorcih listov smo izmerili še količine fotosinteznih barvil, v vzorcih grozdov pa količine fotosinteznih barvil, fenolov in sladkorjev. Po končanih analizah smo podatke statistično obdelali ter tudi določili prenosne indekse med tlemi in koreninami, koreninami in listi ter listi in grozdi.

Iz analiz smo ugotovili, da je vrednost pH tal rahlo bazična, kar ima za posledico težji privzem nekaterih mineralnih hranil iz tal. Ugotovili smo tudi, da je količina organske snovi v zatravljenih vrstah vinske trte višja kot v nezatravljenih vrstah vinske trte, kar v resnici ni presenetljivo, saj zatravljenost vrst vinske trte učinkuje kot zeleno gnojenje. Ugotovili smo razlike v gostoti arbuskulov, tako med krajema, kot tudi pri različni zatravljenosti vrst vinske trte. Gostota arbuskulov je večja v Dobravah ter pri nezatravljeni vrsti vinske trte. V Dobravah na vinski trti pustijo večji del grozdov, kar vinski trti izčrpa zalogo mineralnih

hranil, pa tudi manj jih lahko shrani za naslednjo sezono. Gostota arbuskulov je tako večja, da pomaga vinski trti pridobiti kar največ hranil iz tal. Koncentracije mineralnih hranil v koreninah so nižje kot v tleh, kar je posledica težje biodostopnosti mineralnih hranil ter nadzorovanega privzema mineralnih hranil iz tal v korenine.

Pri nadzemnih delih vinske trte, kjer smo gledali tudi sezonsko dinamiko, smo ugotovili, da se koncentracija klorofila a ne spreminja veliko, opazen je le padec koncentracije avgusta v Čertežah, kar razlagamo s tem, da je lega vinograda v Čertežah bolj osončena. Avgusta so zunanje temperature najvišje, količina vode pa je najnižja, kar pomeni za rastlino precejšen stres, to pa se je odrazilo na zmanjšani koncentraciji klorofila a. Pri mineralnih hranilih v listih smo ugotovili določene smernice, ki pa se razlikujejo od elementa do elementa, saj imajo le-ti drugačne lastnosti. Koncentracije fosforja in kalija v listih med sezono naraščajo, v avgustu in septembru je opazna tudi višja koncentracija v Čertežah, saj listi ob koncu sezone rasti vinske trte delujejo kot ponor za fosfor in kalij. Koncentracije žvepla, mangana, železa in cinka v listih med sezono padajo, kar je verjetno posledica prenosa mineralnih hranil iz listov v druge dele rastlin, pa tudi večanja listov skozi sezono. Koncentracije bakra v listih so najnižje junija, narastejo avgusta in spet padejo v septembru, kar je posledica prenosa v druge dele rastlin, verjetno pa tudi povečane uporabe bakrovih fungicidov pred avgustovskim vzorčenjem. Koncentracija skupnih klorofilov in sladkorjev v grozdih je višja v Čertežah kot v Dobravah, kar je verjetno pogojeno z drugačno obdelavo vinogradov. Skupna koncentracija fenolov se skozi sezono zmanjšuje, naši rezultati se skladajo z ugotovitvami prejšnjih raziskav, saj grozdne jagode v času rasti privzemajo vodo in organske snovi, to pa vpliva na navidezno zmanjšanje koncentracije fenolov. Skupne koncentracije mineralnih hranil v grozdih večinoma padajo med sezono, kar je posledica večanja grozdnih jagod, koncentracije mineralnih hranil v soku pa skozi sezono naraščajo, kar kaže na to, da se mineralna hranila skozi sezono kopičijo v grozdih, kjer so potrebna za dozorevanje grozdov.

Izračunali smo tudi prenosne indekse med tlemi in koreninami, koreninami in listi, listi in grozdi ter razmerje mineralnih hranil med grozdi in sokom. Prenosni indeks med tlemi in koreninami je večinoma manjši od 1, kar pomeni, da se iz tal v korenine prenese manjša količina hranil kot jih je na voljo v tleh ter kaže na zmanjšano biodostopnost mineralnih hranil ter na kontroliran privzem mineralnih hranil iz tal v korenine. Prenosni indeks med koreninami in listi je večinoma višji od 1, kar kaže na prenos mineralnih hranil iz korenin v liste. Pri bakru, železu in cinku je prenosni indeks nižji od 1, kar pomeni, da se ta mineralna hranila težje prenašajo iz korenin v liste. Prenosni indeks med listi in grozdi večinoma pada med sezono, kar kaže na to, da je prenos najvišji junija, potem pa pade in je verjetno posledica večanja jagod med sezono. Večinoma prenosni indeks ni višji od 1, kar razlagamo z rastjo grozdnih jagod med sezono.



Linearna diskriminantna analiza za liste je pokazala razliko v sezonski dinamiki. Vzorci se razdelijo v dve skupini, junijsko ter avgustovsko in septembrsko. Linearni diskriminantni analizi za grozde ter za liste in grozde skupaj sta pokazali razliko v sezonski dinamiki, tudi tu se junij lepo loči od avgusta in septembra. Opazna je tudi razlika med Čertežami in Dobravami, najverjetneje na račun drugačne obdelave vinograda.

Glede na postavljene hipoteze in cilje raziskave smo ugotovili, da na privzem mineralnih hranil iz tal ne vpliva le mineralna sestava tal, temveč na privzem pomembno vplivata tudi vrednost pH tal, delež organske snovi v tleh ter kolonizacija z arbuskularnimi glivami. Ugotovili smo tudi, da je mineralna sestava v različnih organih vinske trte različna ter, da se v različnih letnih časih mineralna sestava v različnih organih vinske trte spreminja. Pri koncentracijah mineralnih hranil v grozdih in listih smo opazili tudi razliko med Čertežami in Dobravami, ki jo lahko pripišemo drugačni obdelavi vinogradov in nekoliko drugačni legi Čertež in Dobrav.

## 8 VIRI

- Amirdzanov A.G., 1970: *Assimilation of N, P and K by vines during the growing season*. Fiziol Biohim. Kultur Rast. 2, 533-539 str.
- Araujo F., Williams L.E., Matthews M.A., 1995: *A comparative study of young »Thompson Seedless« grapevines (Vitis vinifera) under drip and furrow irrigation*. II. Growth, water use efficiency and nitrogen partitioning. Scientia Horticulturae 60, 251-264 str.
- Arnon D. I., Stout R. R.: *The essentiality of certain elements in minute quantity for plants with special reference to copper*. Plant Physiology 14 (1939), 371 – 375 str.
- Audet P., Charest C., 2006: *Effects of AM colonization on “wild zobacco” plants grown in zinc-contaminated soil*, Mycorrhiza 16: 277-283 str.
- Barrow J.R., 2003: *Atypical morphology of dark septate fungal root endophytes of Bouteloua in arid southwestern USA rangelands*, Forest Ecology and Management 196:413-424 str.
- Bavčar D., 2006: *Kletarjenje danes*. Kmečki glas, Ljubljana
- Bi Y.L., Li X.L., Christie P., 2003: *Influence of early stages of arbuscular mycorrhiza on uptake of zinc and phosphorus by red clover from low-phosphorus soil amended with zinc and phosphorus*, Chemosphere 50: 831-837 str.
- Borgese L., Zacco A., E Bontempi E., Colombi P., Bertuzzi R., Ferretti E., Tenini S., Deperov L.E., 2009: *Total reflection of X-ray fluorescence (TXRF): a mature technique for environmental chemical nanoscale metrology*. Measurement science and technology 20, 8.
- Brady N. C., Weil R. R., 2008: *The nature and properties of soils*, Upper Saddle River, Prentice Hall: 975 str.
- Briat J.F., Lebrun M., 1999: *Plant responses to metal toxicity*. Comp.R.Acad.Sci.Paris 322, 43-54 str.
- Brundrett M., 2004: *Diversity and classification of mycorrhizal associations*: Biol. Rev. 79: 473-495 str.
- Christie P., Li X., Chen B., 2004: *Arbuscular mycorrhiza can depress translocation of zinc to shoots of host plants in soil moderately polluted with zinc*: Plant soil 261: 209-217 str.
- Cindrić P., Korać N., Kovač V., 2000: *Sorte vinove loze: metode, rezultati, ispitivanja*, Novi Sad, Poljoprivedni fakultet, Prometej: 440 str.
- Conde C., Silva P., Fontes N., Dias A., Tavares R., Sousa M., Agasse A., Delrot S., Geros H., 2007: *Biochemical changes throughout grape berry development and fruit and wine quality*. Food, Global science books, 1-22 str.
- Conradie W.J., 1980: *Seasonal uptake of nutrients by Chenin blanc in sand culture*. I. Nitrogen. S. Afr. J. Enol. Vitic. 1, 59-65 str.

*Elaborat o rajonizaciji vinogradniškega območja Republike Slovenije, o sortah vinske trte, ki se smejo saditi in o območjih za proizvodnjo kakovostnih vin*, 1998: Ljubljana, Kmetijski inštitut Slovenije: 96 str.

Gaur A., Adholeya A., 2004: *Prospects of arbuscular mycorrhizal funghi in phytoremediation od heavy metal contaminated soils*, Current science 86 (4).

Greger M., 1999: *Heavy metal stress in plants: from molecules to ecosystems*. Prasad M.N.V., Hagemeyer J. (ur.) Springer Verlag, Berlin

Gurevitch J., Scheiner S., Fow G., 2002: *The ecology of plants*, ZDA, Sinauer Associates: 77-84 str.

Hodge A., Campbell C.D., Fitter A.H., 2001: *An arbuscular mycorrhizal fungus accelerates decomposition and acquires nitrogen directly from organic material*. Nature 413 (6853), 297-299 str.

Hrček L., Korošec-Koruza Z., 1996: *Sorte in podlage vinske trte: Ilustrirani prikaz trsnega izbora za Slovenijo*, Ptuj, Slovenska vinska akademija Veritas: 112-115 str.

Jackson R. S., 2000: *Wine science: principles, practice, perception*, San Diego, Academic press: 648 str.

Kabata-Pendias A., Pendias H., 2001: *Trace Elements in Soils and Plants*. CRC Press, Boca Raton, FL.

L. Peter Christensen and William L. Peacock, 2011: <http://ucce.ucdavis.edu/files/filelibrary/5760/28876.pdf>

Leskošek M., Vršič S., 1999: *Smernice za strokovno utemeljeno gnojenje*, Del 2, Vinogradništvo, Ljubljana, samozaložba: 28 str.

Leštan D., 2002: *Ekopedologija. Študijsko gradivo za študente opredelilnega izbirnega študija ekopedologije*. Ljubljana, Biotehniška fakulteta, Oddelek za agronomijo, 227 str.

Li M.S., Luo Y.P., Su Z.Y., 2007: *Heavy metal concentrations in soils and plant accumulation in a restored manganese mineland in Guangxi, South China*. Environmental Pollution 147, 168-175 str.

Loomis R.S., Connor D.J., 1992: *Crop ecology: Productivity and Management in Agricultural Systems*. Cambridge University Press, Cambridge

Marschner H., 1995: *Mineral nutrition of higher plants*, second edition, 6-77 str., 107-116 str., 231-364 str.

Martinez C.E., Motto H.L., 1999: *Solubility of lead, zinc and kopper added to mineral soils*. Environmental pollution 107, 153-158 str.

Mavrič-Šrukelj M., 2009: *Izbor podatkov o lastnostih tal, vzorčenih v Goriških Brdih leta 2007*, Kmetijsko gozdarski zavod Nova Gorica, Nova Gorica (izpis iz baze podatkov)

Molina R., Massicotte H. in Trappe J.M., 1992: *Specificity phenomena in mycorrhizal symbioses: community-ecological consequences and practical implications*, V: *Mycorrhizal Functioning*. Allen M.J. (editor). Chapman&Hall, London: 357-423 str.

- Nečemer M. in Kump P., 2007: *Analiza vzorcev s tehnikami rentgensko fluorescenčne spektrometrije (XRF in TXRF)*. Collectanea Studentium Physiologiae plantarum 2: 21-24 str.
- Nečemer M., Kump P., Rajčević M., Jačimovič R., Budič B., Ponikvar M., 2003: *Determination of sulfur and chlorine in fodder by X-ray fluorescence spectral analysis and comparison with other analytical methods*. Spectrochimica Acta Part B 58: 1267-1373 str.
- Olsen, S.R. & Sommers, 1982: *L.E. Phosphorus*, Methods of soil analysis Part 2 Chemical and Microbiological Properties 2nd edition
- Petauer T., 1993: *Leksikon rastlinskih bogastev*, 1. izdaja, Ljubljana, Tehniška založba Slovenije: 619-620 str.
- Robinson B.H., Mills T.M., Petit D., Fung L.E., Green S.R., Clothier B.E., 2000: *Natural and induced cadmium-accumulation in poplar and willow: implication for phytoremediation*. Plant soil 227, 301-306 str.
- Robinson P.S., Davies C., 2000: *Molecular biology of grape berry ripening*. Australian journal of grape and wine research 6: 175-188 str.
- Ross S.M., 1994: *Toxic metal in Soil-Plant Systems*. John Wiley & Sons Ltd, Chichester
- Saxena P.K., KrishnaRaj S., Dan T., Perras M.R., Vettakkorumakankav N.N., 1999: *Heavy metal stress in plants: from molecules to ecosystems*. Prasad M.N.V., Hagemeyer J. (ur.) Springer Verlag, Berlin, 304-329 str.
- Schreiner M., Frühmann B., Jembrih-Simbürger D., Linke R., 2004: *X-rays in art and archeology – an overview*. International Centre for Diffraction Data, Advanced in X-ray analysis, volume 47: 1-17 str.
- Schüsler A., Schwarzott D., Walker C., 2001: *A new fungal phylum, the Glomeromycota: phylogeny and evolution*, Mycol Res 105: 1413-1421 str.
- Seregin I.V., Ivanov V.B., 2001: *Physiological aspects of cadmium and lead toxic effects on higher plants*. Russian journal of Plant Physiology 48, 523-544 str.
- Smith S. in Read D., 1997: *Mycorrhizal Symbiosis*. 2<sup>nd</sup> edition, Academic Press, London
- Sušin J., Žnidaršič-Pongarc V., 2008: *Rodovitnost zgornjega sloja tal v slovenskih vinogradih*, Vinarski dan 2008, Ljubljana, Kmetijski inštitut Slovenije: 5-14 str.
- Štabuc R., Hauptman S., Škvarč A., Brdnik M., Maljevič J., Novak E., Vršič S., 2007: *Slovenske trte in vina v Evropski uniji*, V: 3. Slovenski vinogradniško-vinarski kongres, Maribor, 15. In 16.11.2007, Maribor, graffiti studio: 1-17 str.
- Taiz L., Zeiger E., 2006: *Plant Physiology*, Fourth edition, Sinauer Associates, Inc. 73-91 str.
- Turnau K., Orłowska E., Ryszka P., Zubek S., Anielska T., Gawronski S., Jurkiewicz A., 2006: *Role of mycorrhizal fungi in phytoremediation and toxicity monitoring of heavy metal rich industrial wastes in southern Poland. Soil and water pollution monitorin, protection and remediation*: 3-23 str.

van Espen, P.J.M., Janssens, K.H.A., 1993: *Spectrum evaluation*. In: van Grieken RE, Markowicz AA, eds, *Handbook of X-ray spectroscopy; Methods and Techniques*. Marcel Dekker, New York, USA: 181-293 str.

Vekemans B., Janssens K., van Espen P., Adams F., 1994: *Quantitative X-ray Analysis System (QXAS)*, Distributed by International Atomic Energy Agency, Austria.

Vršič S., Lešnik M., 2005: *Vinogradništvo*, Ljubljana, Kmečki glas: 360 str.

Vršič S., Lešnik M., 2010: *Vinogradništvo*, 2. dopolnjena izdaja, Ljubljana, Kmečki glas: 50-63 str.

Wang B., Qiu Y.L., 2006: *Phylogenetic distribution and evolution of mycorrhizal land plants*, Mycorrhiza 16: 299-363 str.

Winkler A.J., Cook J.A., Kliewer W.M., Lider L.A., 1974: *Development and composition of grapes*. University of California press.

[www.santomas.si](http://www.santomas.si)

Zhu Y.G., Christie P., Laidlaw A.S., 2001: *Uptake of Zn by arbuscular mycorrhizal white clover from Zn-contaminated soil*, Chemosphere 42: 193-199 str.

Zupan M., Grčman H., Kočevar H., 1998: *Navodila za vaje iz pedologije za študente agronomije*. Biotehniška fakulteta, oddelek za agronomijo: 47 str.

## ZAHVALA

Izdelava diplomske naloge ni ravno mačji kašelj, potrebnih je bilo veliko ur predanega dela pa tudi nemalo pomoči drugih.

Na tem mestu bi se rada najlepše zahvalila vsem, ki so kakorkoli prispevali k temu, da je ta izdelek končan.

Prva v vrsti sta moj Gašper in mami Ida, hvala jima za vso podporo, za poslušanje, za spodbude, za lepe besede, pa tudi za brce v rit =). Brez njiju ne bi bila to kar sem. Hvala tudi očetu Martinu in bratu Vidu za vso podporo, kljub temu, da nista vedela o čem sploh govorim =).

Hvala tudi Tini in Maši, za vse pogovore, kavice in pomoč.

Zahvala velja tudi vsem na katedri za fiziologijo rastlin (še posebno Katarini=)) za pomoč pri analizah, za nasvete pa tudi za vse ostalo.

Zahvalila bi se še ekipi z Inštituta Jožef Stefan za pomoč in nasvete pri meritvah ter članicam komisije za zagovor za hitre popravke in nasvete pri dokončni izdelavi diplomske naloge.

Hvala tudi kolektivu OMV Škofja Loka za podporo in potrpežljivost v času izdelave diplomske naloge.

Nazadnje bi se zahvalila še vsem, ki ste kakorkoli pripomogli k moji diplomski nalogi, pa vas morda nisem omenila.

Najlepša hvala vsem, zdaj pa novim zmagam naproti =)!

## PRILOGE

### PRILOGA A: Mikorizni parametri za oceno obsega kolonizacije koreninskega sistema (prirejeno po Trouvelot in sod., 1986).

- **F(AM)% Mikorizna frekvenca AM gliv**
  - predstavlja frekvenco fragmentov z glivo in odraža razpoložljivost AM propagulov v tleh
  - $F\% = (\text{št. mikoriznih korenin} / \text{št. vseh korenin}) * 100$
  
- **M(AM)% Splošna intenziteta AM**
  - pove, kolikšen delež skorje celotnega koreninskega sistema je koloniziran z AM glivami
  - $M\% = (95n_5 + 70n_4 + 30n_3 + 5n_2 + n_1) / \text{št. vseh korenin}$   
n<sub>5</sub> = št. koreninskih fragmentov razvrščenih v razred 5, n<sub>4</sub> = št. koreninskih fragmentov razvrščenih v razred 4,...
  
- **A(AM)% Gostota arbuskulov v koreninskem sistemu**
  - je kvalitativna ocena *in situ*
  - $A\% = a * (M / 100)$
  
- **MS(DSE)% Gostota mikrosklerocijev v koreninskem sistemu**
  - je kvalitativna ocena *in situ*
  - $MS\% = ms * (M(DSE) / 100)$

## PRILOGA B: vrednost pH v tleh

Tabela B1: Povprečna vrednost pH v tleh glede na kraj in zatravljenost

Kraj in zatravljenost vrst vinske trte	Povprečna vrednost pH
Čerteže/nezatravljeno	8,19 ± 0,07
Čerteže/zatravljeno	8,20 ± 0,08
Dobrave/nezatravljeno	8,23 ± 0,1
Dobrave/zatravljeno	8,44 ± 0,05



## PRILOGA C: Koncentracije mineralnih hranil v tleh

Tabela C1: Povprečne koncentracije mineralnih hranil ( $\mu\text{g g}^{-1}$  SM) v tleh glede na kraj in zatravljenost

	Čerteže/N	Čerteže/T	Dobrave/N	Dobrave/T
P ( $\mu\text{g g}^{-1}$ SM)	$8,13 \cdot 10^3 \pm 2,63 \cdot 10^3$	$7,68 \cdot 10^3 \pm 1,79 \cdot 10^3$	$6,46 \cdot 10^3 \pm 1,21 \cdot 10^3$	$12,92 \cdot 10^3 \pm 8,20 \cdot 10^3$
S ( $\mu\text{g g}^{-1}$ SM)	$70,4 \cdot 10^3 \pm 3,28 \cdot 10^3$	$75,2 \cdot 10^3 \pm 1,97 \cdot 10^3$	$77,3 \cdot 10^3 \pm 10,43 \cdot 10^3$	$76,5 \cdot 10^3 \pm 8,01 \cdot 10^3$
K ( $\mu\text{g g}^{-1}$ SM)	$18,9 \cdot 10^3 \pm 0,69 \cdot 10^3$	$17,0 \cdot 10^3 \pm 1,86 \cdot 10^3$	$20,5 \cdot 10^3 \pm 2,85 \cdot 10^3$	$16,1 \cdot 10^3 \pm 0,55 \cdot 10^3$
Ca ( $\mu\text{g g}^{-1}$ SM)	$23,3 \cdot 10^3 \pm 11,07 \cdot 10^3$	$24,1 \cdot 10^3 \pm 9,75 \cdot 10^3$	$54,6 \cdot 10^3 \pm 37,28 \cdot 10^3$	$60,9 \cdot 10^3 \pm 32,19 \cdot 10^3$
Fe ( $\mu\text{g g}^{-1}$ SM)	$44,5 \cdot 10^3 \pm 1,34 \cdot 10^3$	$44,4 \cdot 10^3 \pm 1,69 \cdot 10^3$	$34,4 \cdot 10^3 \pm 9,21 \cdot 10^3$	$41,4 \cdot 10^3 \pm 3,50 \cdot 10^3$
Cu ( $\mu\text{g g}^{-1}$ SM)	$170 \pm 25$	$144 \pm 10$	$133 \pm 7,9$	$118 \pm 16$
Zn ( $\mu\text{g g}^{-1}$ SM)	$126 \pm 2,8$	$120 \pm 5$	$190 \pm 69$	$119 \pm 8$

PRILOGA Č: Stopnja glivne kolonizacije

Tabela Č1: Vrednosti mikorizne frekvence AM gliv (F%), splošne intenzitete AM (M%) ter gostote mikrosklerocijev v koreninskem sistemu (MS%) glede na kraj in zatavljenost.

	Čerteže/N	Čerteže/T	Dobrave/N	Dobrave/T
F%	87,27 ± 3,45	82,32 ± 9,35	83,76 ± 4,77	87,12 ± 7,19
M%	14,31 ± 2,49	23,79 ± 7,88	28,70 ± 4,60	21,24 ± 5,52
MS%	1,40 ± 0,85	1,46 ± 0,72	1,34 ± 0,46	1,05 ± 0,52

PRILOGA D: Koncentracije mineralnih hranil v koreninah

Tabela D1: Povprečne koncentracije mineralnih hranil ( $\mu\text{g g}^{-1}$  SM) v koreninah glede na kraj in zatravljenost

	Čerteže/N	Čerteže/T	Dobrave/N	Dobrave/T
P ( $\mu\text{g g}^{-1}$ SM)	804 $\pm$ 150	1469 $\pm$ 200	1423 $\pm$ 270	1055 $\pm$ 180
S ( $\mu\text{g g}^{-1}$ SM)	579 $\pm$ 110	681 $\pm$ 120	527 $\pm$ 50	456 $\pm$ 110
K ( $\mu\text{g g}^{-1}$ SM)	3550 $\pm$ 510	4490 $\pm$ 400	5690 $\pm$ 810	5570 $\pm$ 1320
Ca ( $\mu\text{g g}^{-1}$ SM)	1530 $\pm$ 1470	1320 $\pm$ 610	1360 $\pm$ 3120	1570 $\pm$ 2090
Mn ( $\mu\text{g g}^{-1}$ SM)	38 $\pm$ 5,5	37 $\pm$ 5,5	19 $\pm$ 2	26 $\pm$ 6
Fe ( $\mu\text{g g}^{-1}$ SM)	1350 $\pm$ 220	1180 $\pm$ 300	1120 $\pm$ 390	1230 $\pm$ 220
Cu ( $\mu\text{g g}^{-1}$ SM)	34 $\pm$ 4,3	31 $\pm$ 2	18 $\pm$ 1,8	31 $\pm$ 6,5
Zn ( $\mu\text{g g}^{-1}$ SM)	149 $\pm$ 40	127 $\pm$ 30	164 $\pm$ 40	205 $\pm$ 30

PRILOGA E: Tabelarni prikaz rezultatov faktorjske analize za koncentracije fotosinteznih pigmentov v listih

Tabela E1: Rezultati faktorjske analize za koncentracijo klorofila a listih, ki smo jo opravili s programom Faktorska ANOVA,  $p < 0,05$ .

	<b>SS</b>	<b>Stopinje prostosti</b>	<b>MS</b>	<b>F</b>	<b>p</b>
<b>kraj</b>	0,05127	1	0,05127	1,4648	0,232093
<b>mesec</b>	0,09526	2	0,04763	1,3607	0,266199
<b>kraj*mesec</b>	<b>0,23129</b>	<b>2</b>	<b>0,11564</b>	<b>3,3038</b>	<b>0,045260</b>
<b>Napaka</b>	1,68016	48	0,03500		

## PRILOGA F: Koncentracije klorofila b in karotenoidov v listih

Tabela F1: Povprečne koncentracije klorofila b in karotenoidov ( $\text{mg g}^{-1}$  SM) v listih glede na kraj in mesec

	klorofil b ( $\text{mg/g SM}$ )	Karotenoidi ( $\text{mg/g SM}$ )
Čerteže-junij	$0,35 \pm 0,08$	$0,41 \pm 0,02$
Dobrave-junij	$0,24 \pm 0,03$	$0,46 \pm 0,05$
Čerteže-avgust	$0,26 \pm 0,07$	$0,47 \pm 0,07$
Dobrave-avgust	$0,27 \pm 0,04$	$0,61 \pm 0,06$
Čerteže-september	$0,25 \pm 0,03$	$0,64 \pm 0,07$
Dobrave-september	$0,24 \pm 0,04$	$0,58 \pm 0,07$

PRILOGA G: Tabelarni prikaz rezultatov faktorjske analize za koncentracije mineralnih hranil v listih

Tabela G1: Rezultati faktorjske analize za koncentracijo fosforja (P) v listih, ki smo jo opravili s programom Faktorska ANOVA,  $p < 0,05$ .

	<b>SS</b>	<b>Stopinje prostosti</b>	<b>MS</b>	<b>F</b>	<b>p</b>
<b>kraj</b>	3147	1	3147	0,7482	0,390601
<b>mesec</b>	86517	2	43258	10,2844	0,000150
<b>kraj*mesec</b>	5344	2	2672	0,6353	0,533420
<b>Napaka</b>	243959	58	4206		

Tabela G2: Rezultati faktorjske analize za koncentracijo žvepla (S) v listih, ki smo jo opravili s programom Faktorska ANOVA,  $p < 0,05$ .

	<b>SS</b>	<b>Stopinje prostosti</b>	<b>MS</b>	<b>F</b>	<b>p</b>
<b>kraj</b>	81784	1	81784	0,6142	0,436582
<b>mesec</b>	7059883	2	3529941	26,5087	0,000000
<b>kraj*mesec</b>	73333	2	36666	0,2754	0,760345
<b>Napaka</b>	7323888	55	133162		

Tabela G3: Rezultati faktorjske analize za koncentracijo kalija (K) v listih, ki smo jo opravili s programom Faktorska ANOVA,  $p < 0,05$ .

	<b>SS</b>	<b>Stopinje prostosti</b>	<b>MS</b>	<b>F</b>	<b>p</b>
<b>kraj</b>	1,092354E+07	1	1,092354E+07	1,1534	0,287535
<b>mesec</b>	6,804957E+07	2	3,402479E+07	3,5925	0,034167
<b>kraj*mesec</b>	1,846550E+07	2	9,232752E+06	0,9748	0,383674
<b>Napaka</b>	5,209061E+08	55	9,471020E+06		

Tabela G4: Rezultati faktorjske analize za koncentracijo mangana (Mn) v listih, ki smo jo opravili s programom Faktorska ANOVA,  $p < 0,05$ .

	<b>SS</b>	<b>Stopinje prostosti</b>	<b>MS</b>	<b>F</b>	<b>p</b>
<b>kraj</b>	190,5	1	190,5	0,3288	0,568767
<b>mesec</b>	6840,4	2	3420,2	5,9025	0,004850
<b>kraj*mesec</b>	696,8	2	348,4	0,6012	0,551842
<b>Napaka</b>	30711,2	53	579,5		

Tabela G5: Rezultati faktorjske analize za koncentracijo železa (Fe) v listih, ki smo jo opravili s programom Faktorska ANOVA,  $p < 0,05$ .

	<b>SS</b>	<b>Stopinje prostosti</b>	<b>MS</b>	<b>F</b>	<b>p</b>
<b>kraj</b>	13696,3	1	13696,3	1,65738	0,203349
<b>mesec</b>	243904,1	2	121952,1	14,75731	0,000007
<b>kraj*mesec</b>	18110,0	2	9055,0	1,09574	0,341479
<b>Napaka</b>	454511,2	55	8263,8		

Tabela G6: Rezultati faktorske analize za koncentracijo bakra (Cu) v listih, ki smo jo opravili s programom Faktorska ANOVA,  $p < 0,05$ .

	<b>SS</b>	<b>Stopinje prostosti</b>	<b>MS</b>	<b>F</b>	<b>p</b>
<b>kraj</b>	29283	1	29283	0,9946	0,322989
<b>mesec</b>	1874434	2	937217	31,8327	0,000000
<b>kraj*mesec</b>	100397	2	50199	1,7050	0,191238
<b>Napaka</b>	1619309	55	29442		

Tabela G7: Rezultati faktorske analize za koncentracijo cinka (Zn) v listih, ki smo jo opravili s programom Faktorska ANOVA,  $p < 0,05$ .

	<b>SS</b>	<b>Stopinje prostosti</b>	<b>MS</b>	<b>F</b>	<b>p</b>
<b>kraj</b>	1520,57	1	1520,57	4,9055	0,030932
<b>mesec</b>	6924,96	2	3462,48	11,1703	0,000085
<b>kraj*mesec</b>	1073,13	2	536,56	1,7310	0,186616
<b>Napaka</b>	17048,52	55	309,97		

## PRILOGA H: Koncentracije mineralnih hranil v listih

Tabela H1: Povprečne koncentracije mineralnih hranil ( $\mu\text{g g}^{-1}$  SM) v listih glede na kraj in mesec

	Ca ( $\mu\text{g g}^{-1}$ SM)
Čerteže-junij	$30,0 \cdot 10^3 \pm 1,64 \cdot 10^3$
Dobrave-junij	$28,9 \cdot 10^3 \pm 1,42 \cdot 10^3$
Čerteže-avgust	$33,3 \cdot 10^3 \pm 2,31 \cdot 10^3$
Dobrave-avgust	$28,5 \cdot 10^3 \pm 1,34 \cdot 10^3$
Čerteže-september	$34,3 \cdot 10^3 \pm 2,93 \cdot 10^3$
Dobrave-september	$32,6 \cdot 10^3 \pm 1,86 \cdot 10^3$



PRILOGA I: Tabelarni prikaz rezultatov faktorске analize za koncentracije fotosinteznih pigmentov, sladkorjev in fenolov v grozdih

Tabela I1: Rezultati faktorске analize za koncentracije klorofilov v grozdih, ki smo jo opravili s programom Faktorska ANOVA,  $p < 0,05$ .

	<b>SS</b>	<b>Stopinje prostosti</b>	<b>MS</b>	<b>F</b>	<b>p</b>
<b>kraj</b>	0,000088	1	0,000088	4,5882	0,053398
<b>mesec</b>	0,000352	2	0,000176	9,1627	0,003839
<b>kraj*mesec</b>	0,000064	2	0,000032	1,6623	0,230547
<b>Napaka</b>	0,000231	12	0,000019		

Tabela I2: Rezultati faktorске analize za koncentracije sladkorjev v grozdih, ki smo jo opravili s programom Faktorska ANOVA,  $p < 0,05$ .

	<b>SS</b>	<b>Stopinje prostosti</b>	<b>MS</b>	<b>F</b>	<b>p</b>
<b>kraj</b>	8744	1	8744	8,513	0,005164
<b>mesec</b>	402013	2	201007	195,688	0,000000
<b>kraj*mesec</b>	3352	2	1676	1,632	0,205236
<b>Napaka</b>	54441	53	1027		

Tabela I3: Rezultati faktorске analize za koncentracije fenolov v grozdih, ki smo jo opravili s programom Faktorska ANOVA,  $p < 0,05$ .

	<b>SS</b>	<b>Stopinje prostosti</b>	<b>MS</b>	<b>F</b>	<b>p</b>
<b>kraj</b>	2138	1	2138	3,282	0,095137
<b>mesec</b>	7225	2	3613	5,545	0,019702
<b>kraj*mesec</b>	1137	2	569	0,873	0,442635
<b>Napaka</b>	7818	12	651		

PRILOGA J: Tabelarni prikaz rezultatov faktorjske analize za koncentracije mineralnih hranil v grozdih

Tabela J1: Rezultati faktorjske analize za koncentracijo fosforja (P) v grozdih, ki smo jo opravili s programom Faktorska ANOVA,  $p < 0,05$ .

	<b>SS</b>	<b>Stopinje prostosti</b>	<b>MS</b>	<b>F</b>	<b>p</b>
<b>kraj</b>	198	1	198	0,310	0,580524
<b>mesec</b>	16589	2	8295	12,982	0,000039
<b>kraj*mesec</b>	2368	2	1184	1,853	0,169021
<b>Napaka</b>	27474	43	639		

Tabela J2: Rezultati faktorjske analize za koncentracijo žvepla (S) v grozdih, ki smo jo opravili s programom Faktorska ANOVA,  $p < 0,05$ .

	<b>SS</b>	<b>Stopinje prostosti</b>	<b>MS</b>	<b>F</b>	<b>p</b>
<b>kraj</b>	35587	1	35587	2,0123	0,161117
<b>mesec</b>	3974898	2	1987449	112,3812	0,000000
<b>kraj*mesec</b>	70670	2	35335	1,9980	0,144380
<b>Napaka</b>	1078778	61	17685		

Tabela J3: Rezultati faktorjske analize za koncentracijo kalcija (Ca) v grozdih, ki smo jo opravili s programom Faktorska ANOVA,  $p < 0,05$ .

	<b>SS</b>	<b>Stopinje prostosti</b>	<b>MS</b>	<b>F</b>	<b>p</b>
<b>kraj</b>	7221000	1	7221000	5,9899	0,017282
<b>mesec</b>	27017984	2	13508992	11,2059	0,000072
<b>kraj*mesec</b>	10825798	2	5412899	4,4901	0,015164
<b>Napaka</b>	73537105	61	1205526		

Tabela J4: Rezultati faktorjske analize za koncentracijo mangana (Mn) v grozdih, ki smo jo opravili s programom Faktorska ANOVA,  $p < 0,05$ .

	<b>SS</b>	<b>Stopinje prostosti</b>	<b>MS</b>	<b>F</b>	<b>p</b>
<b>kraj</b>	1,848	1	1,848	0,1143	0,736614
<b>mesec</b>	1031,146	2	515,573	31,8820	0,000000
<b>kraj*mesec</b>	49,834	2	24,917	1,5408	0,223473
<b>Napaka</b>	873,251	54	16,171		

Tabela J5: Rezultati faktorjske analize za koncentracijo železa (Fe) v grozdih, ki smo jo opravili s programom Faktorska ANOVA,  $p < 0,05$ .

	<b>SS</b>	<b>Stopinje prostosti</b>	<b>MS</b>	<b>F</b>	<b>p</b>
<b>kraj</b>	3440,0	1	3440,0	0,45855	0,500995
<b>mesec</b>	327744,9	2	163872,5	21,84380	0,000000
<b>kraj*mesec</b>	3186,2	2	1593,1	0,21235	0,809305
<b>Napaka</b>	435116,7	58	7502,0		

Tabela J6: Rezultati faktorске analize za koncentracijo bakra (Cu) v grozdih, ki smo jo opravili s programom Faktorska ANOVA,  $p < 0,05$ .

	<b>SS</b>	<b>Stopinje prostosti</b>	<b>MS</b>	<b>F</b>	<b>p</b>
<b>kraj</b>	0,044	1	0,044	0,0060	0,938378
<b>mesec</b>	276,812	2	138,406	19,0791	0,000000
<b>kraj*mesec</b>	25,894	2	12,947	1,7847	0,177261
<b>Napaka</b>	406,241	56	7,254		

Tabela J7: Rezultati faktorске analize za koncentracijo cinka (Zn) v grozdih, ki smo jo opravili s programom Faktorska ANOVA,  $p < 0,05$ .

	<b>SS</b>	<b>Stopinje prostosti</b>	<b>MS</b>	<b>F</b>	<b>p</b>
<b>kraj</b>	795,83	1	795,83	4,6961	0,035121
<b>mesec</b>	2525,55	2	1262,77	7,4515	0,001495
<b>kraj*mesec</b>	431,09	2	215,55	1,2719	0,289387
<b>Napaka</b>	8303,86	49	169,47		

## PRILOGA K: Koncentracije mineralnih hranil v grozdih

Tabela K1: Povprečne koncentracije mineralnih hranil ( $\mu\text{g g}^{-1}$  SM) v grozdih glede na kraj in mesec

	K ( $\mu\text{g g}^{-1}$ SM)
Čerteže-junij	$15,2 \cdot 10^3 \pm 1,61 \cdot 10^3$
Dobrave-junij	$13,4 \cdot 10^3 \pm 1,19 \cdot 10^3$
Čerteže-avgust	$14,8 \cdot 10^3 \pm 1,68 \cdot 10^3$
Dobrave-avgust	$12,9 \cdot 10^3 \pm 1,78 \cdot 10^3$
Čerteže-september	$17,6 \cdot 10^3 \pm 1,93 \cdot 10^3$
Dobrave-september	$14,7 \cdot 10^3 \pm 1,13 \cdot 10^3$

PRILOGA L: Tabelarni prikaz rezultatov faktorске analize za koncentracije mineralnih hranil  
v soku

Tabela L1: Rezultati faktorске analize za koncentracijo fosforja (P) v soku, ki smo jo opravili s programom Faktorska ANOVA,  $p < 0,05$ .

	<b>SS</b>	<b>Stopinje prostosti</b>	<b>MS</b>	<b>F</b>	<b>p</b>
<b>kraj</b>	104,6	1	104,6	0,04591	0,831346
<b>mesec</b>	29316,4	2	14658,2	6,43550	0,003590
<b>kraj*mesec</b>	8000,8	2	4000,4	1,75632	0,184840
<b>Napaka</b>	97941,4	43	2277,7		

Tabela L2: Rezultati faktorске analize za koncentracijo žvepla (S) v soku, ki smo jo opravili s programom Faktorska ANOVA,  $p < 0,05$ .

	<b>SS</b>	<b>Stopinje prostosti</b>	<b>MS</b>	<b>F</b>	<b>p</b>
<b>kraj</b>	197,49	1	197,49	0,87904	0,354713
<b>mesec</b>	2398,92	2	1199,46	5,33877	0,009322
<b>kraj*mesec</b>	245,81	2	122,91	0,54705	0,583387
<b>Napaka</b>	8088,11	36	224,67		

Tabela L3: Rezultati faktorске analize za koncentracijo kalija (K) v soku, ki smo jo opravili s programom Faktorska ANOVA,  $p < 0,05$ .

	<b>SS</b>	<b>Stopinje prostosti</b>	<b>MS</b>	<b>F</b>	<b>p</b>
<b>kraj</b>	606407	1	606407	0,5123	0,478004
<b>mesec</b>	46947009	2	23473504	19,8316	0,000001
<b>kraj*mesec</b>	8298759	2	4149379	3,5056	0,038871
<b>Napaka</b>	50896595	43	1183642		

Tabela L4: Rezultati faktorске analize za koncentracijo kalcija (Ca) v soku, ki smo jo opravili s programom Faktorska ANOVA,  $p < 0,05$ .

	<b>SS</b>	<b>Stopinje prostosti</b>	<b>MS</b>	<b>F</b>	<b>p</b>
<b>kraj</b>	10990	1	10990	0,42674	0,517072
<b>mesec</b>	269266	2	134633	5,22772	0,009284
<b>kraj*mesec</b>	326597	2	163299	6,34079	0,003862
<b>Napaka</b>	1107408	43	25754		

Tabela L5: Rezultati faktorске analize za koncentracijo mangana (Mn) v soku, ki smo jo opravili s programom Faktorska ANOVA,  $p < 0,05$ .

	<b>SS</b>	<b>Stopinje prostosti</b>	<b>MS</b>	<b>F</b>	<b>p</b>
<b>kraj</b>	0,1122	1	0,1122	0,0860	0,770787
<b>mesec</b>	22,9613	2	11,4806	8,7932	0,000629
<b>kraj*mesec</b>	0,0113	2	0,0057	0,0043	0,995675
<b>Napaka</b>	56,1416	43	1,3056		

Tabela L6: Rezultati faktorске analize za koncentraciju železa (Fe) v soku, ki smo jo opravili s programom Faktorska ANOVA,  $p < 0,05$ .

	<b>SS</b>	<b>Stopinje prostosti</b>	<b>MS</b>	<b>F</b>	<b>p</b>
<b>kraj</b>	8,1154	1	8,1154	2,2513	0,140812
<b>mesec</b>	42,3724	2	21,1862	5,8772	0,005541
<b>kraj*mesec</b>	10,3187	2	5,1594	1,4313	0,250167
<b>Napaka</b>	155,0062	43	3,6048		

Tabela L7: Rezultati faktorске analize za koncentraciju bakra (Cu) v soku, ki smo jo opravili s programom Faktorska ANOVA,  $p < 0,05$ .

	<b>SS</b>	<b>Stopinje prostosti</b>	<b>MS</b>	<b>F</b>	<b>p</b>
<b>kraj</b>	0,2146	1	0,2146	0,03102	0,861086
<b>mesec</b>	51,1936	2	25,5968	3,69976	0,033552
<b>kraj*mesec</b>	14,6045	2	7,3023	1,05547	0,357521
<b>Napaka</b>	276,7404	40	6,9185		

Tabela L8: Rezultati faktorске analize za koncentraciju cinka (Zn) v soku, ki smo jo opravili s programom Faktorska ANOVA,  $p < 0,05$ .

	<b>SS</b>	<b>Stopinje prostosti</b>	<b>MS</b>	<b>F</b>	<b>p</b>
<b>kraj</b>	1,7932	1	1,7932	0,49033	0,487736
<b>mesec</b>	29,7957	2	14,8979	4,07360	0,024341
<b>kraj*mesec</b>	8,0538	2	4,0269	1,10110	0,342136
<b>Napaka</b>	149,9443	41	3,6572		

PRILOGA M: Prenosni indeks med tlemi in koreninami

Tabela M1: Prenosni indeks med tlemi in koreninami za posamezne elemente glede na kraj in zatavljenost

	Čerteže/N	Čerteže/T	Dobrave/N	Dobrave/T
P	$0,17 \pm 0,08$	$0,22 \pm 0,05$	$0,23 \pm 0,03$	$0,76 \pm 0,58$
S	$1,28 \cdot 10^{-3} \pm 0,30 \cdot 10^{-3}$	$1,55 \cdot 10^{-3} \pm 0,27 \cdot 10^{-3}$	$1,22 \cdot 10^{-3} \pm 0,13 \cdot 10^{-3}$	$1,14 \cdot 10^{-3} \pm 0,25 \cdot 10^{-3}$
K	$0,19 \pm 0,03$	$0,27 \pm 0,02$	$0,31 \pm 0,06$	$0,35 \pm 0,08$
Ca	$1,03 \pm 0,22$	$0,89 \pm 0,23$	$1,65 \pm 0,85$	$0,92 \pm 0,49$
Mn	$0,02 \pm 0,004$	$0,02 \pm 0,002$	$0,03 \pm 0,005$	$0,03 \pm 0,01$
Fe	$0,03 \pm 0,004$	$0,03 \pm 0,006$	$0,26 \pm 0,24$	$0,03 \pm 0,01$
Cu	$0,23 \pm 0,04$	$0,22 \pm 0,02$	$0,14 \pm 0,02$	$0,29 \pm 0,06$
Zn	$1,19 \pm 0,35$	$1,10 \pm 0,31$	$1,21 \pm 0,41$	$1,76 \pm 0,30$

## PRILOGA N: Prenosni indeks med koreninami in listi

Tabela N1: Prenosni indeks med koreninami in listi za posamezne elemente glede na kraj in zatavljenost

	Čerteže/N	Čerteže/T	Dobrave/N	Dobrave/T
P	$1,68 \pm 0,33$	$0,87 \pm 0,13$	$1,36 \pm 0,10$	$0,89 \pm 0,14$
S	$2,75 \pm 0,68$	$2,63 \pm 0,51$	$3,75 \pm 0,36$	$2,66 \pm 0,66$
K	$1,48 \pm 0,17$	$1,46 \pm 0,18$	$0,97 \pm 0,15$	$2,00 \pm 0,47$
Ca	$1,93 \pm 0,27$	$2,44 \pm 0,16$	$2,73 \pm 0,63$	$2,24 \pm 0,65$
Mn	$2,13 \pm 0,25$	$2,98 \pm 0,34$	$3,41 \pm 0,77$	$5,26 \pm 1,30$
Fe	$0,16 \pm 0,02$	$0,18 \pm 0,03$	$0,14 \pm 0,04$	$0,17 \pm 0,04$
Zn	$0,42 \pm 0,11$	$0,48 \pm 0,15$	$0,29 \pm 0,09$	$0,17 \pm 0,06$



PRILOGA O: Tabelarni prikaz rezultatov faktorске analize za prenosni indeks med listi in grozdi

Tabela O1: Rezultati faktorске analize za prenosni indeks za fosfor (P) med listi in grozdi, ki smo jo opravili s programom Faktorska ANOVA,  $p < 0,05$ .

	SS	Stopinje prostosti	MS	F	p
kraj	0,43238	1	0,43238	2,9759	0,090689
mesec	2,25352	2	1,12676	7,7552	0,001165
kraj*mesec	0,44089	2	0,22045	1,5173	0,229234
Napaka	7,26457	50	0,14529		

Tabela O2: Rezultati faktorске analize za prenosni indeks za žveplo (S) med listi in grozdi, ki smo jo opravili s programom Faktorska ANOVA,  $p < 0,05$ .

	SS	Stopinje prostosti	MS	F	p
kraj	0,032454	1	0,032454	0,37128	0,544960
mesec	0,589143	2	0,294571	3,37000	0,042054
kraj*mesec	0,127409	2	0,063704	0,72880	0,487350
Napaka	4,545319	52	0,087410		

Tabela O3: Rezultati faktorске analize za prenosni indeks za kalcij (Ca) med listi in grozdi, ki smo jo opravili s programom Faktorska ANOVA,  $p < 0,05$ .

	SS	Stopinje prostosti	MS	F	p
kraj	0,009464	1	0,009464	4,1501	0,046455
mesec	0,012779	2	0,006389	2,8020	0,069374
kraj*mesec	0,009410	2	0,004705	2,0633	0,136756
Napaka	0,125418	55	0,002280		

Tabela O4: Rezultati faktorске analize za prenosni indeks za mangan (Mn) med listi in grozdi, ki smo jo opravili s programom Faktorska ANOVA,  $p < 0,05$ .

	SS	Stopinje prostosti	MS	F	p
kraj	0,000098	1	0,000098	0,0223	0,881827
mesec	0,086001	2	0,043000	9,8149	0,000231
kraj*mesec	0,008039	2	0,004019	0,9174	0,405684
Napaka	0,236581	54	0,004381		

Tabela O5: Rezultati faktorске analize za prenosni indeks za baker (Cu) med listi in grozdi, ki smo jo opravili s programom Faktorska ANOVA,  $p < 0,05$ .

	SS	Stopinje prostosti	MS	F	p
kraj	0,00924	1	0,009235	0,1387	0,711094
mesec	14,25739	2	7,128695	107,0392	0,000000
kraj*mesec	0,00929	2	0,004643	0,0697	0,932740
Napaka	3,52974	53	0,066599		

Tabela O6: Rezultati faktorske analize za prenosni indeks za cink (Zn) med listi in grozdi, ki smo jo opravili s programom Faktorska ANOVA,  $p < 0,05$ .

	<b>SS</b>	<b>Stopinje prostosti</b>	<b>MS</b>	<b>F</b>	<b>p</b>
<b>kraj</b>	0,40207	1	0,40207	0,9283	0,340136
<b>mesec</b>	<b>2,90576</b>	<b>2</b>	<b>1,45288</b>	<b>3,3544</b>	<b>0,043293</b>
<b>kraj*mesec</b>	0,95200	2	0,47600	1,0990	0,341446
<b>Napaka</b>	20,79015	48	0,43313		

## PRILOGA P: Prenosni indeks med listi in grozdi

Tabela P1: Prenosni indeks med listi in grozdi za posamezne elemente glede na kraj in mesec

	K	Fe
Čerteže-junij	$3,04 \pm 0,65$	$1,04 \pm 0,33$
Dobrave-junij	$2,20 \pm 0,19$	$0,75 \pm 0,11$
Čerteže-avgust	$2,08 \pm 0,38$	$2,11 \pm 0,84$
Dobrave-avgust	$2,22 \pm 0,31$	$0,39 \pm 0,07$
Čerteže-september	$2,08 \pm 0,20$	$0,82 \pm 0,10$
Dobrave-september	$1,96 \pm 0,15$	$1,03 \pm 0,18$