

UNIVERZA V LJUBLJANI  
BIOTEHNIŠKA FAKULTETA  
ODDELEK ZA AGRONOMIJO

Jerica TUHTAR

**KAKOVOST VRTNE SOLATE (*Lactuca sativa* L.)  
PRIDELANE IZ SADIK GOJENIH NA RAZLIČNIH  
RASTNIH SUBSTRATIH**

DIPLOMSKO DELO

Visokošolski strokovni študij - 1. stopnja

Ljubljana, 2012

UNIVERZA V LJUBLJANI  
BIOTEHNIŠKA FAKULTETA  
ODDELEK ZA AGRONOMIJO

Jerica TUHTAR

**KAKOVOST VRTNE SOLATE (*Lactuca sativa* L.) PRIDELANE IZ  
SADIK GOJENIH NA RAZLIČNIH RASTNIH SUBSTRATIH**

DIPLOMSKO DELO  
Visokošolski strokovni študij - 1. stopnja

**QUALITY OF LETTUCE (*Lactuca sativa* L.) PRODUCED FROM  
PLANTS GROWN ON DIFFERENT GROWING SUBSTRATES**

B.Sc. Thesis  
Professional Study Programmes

Ljubljana, 2012

Diplomsko delo je zaključek visokošolskega strokovnega študija Kmetijstvo – agronomija in hortikultura – 1. stopnja, na Oddelku za agronomijo Biotehniške fakultete v Ljubljani. Poskus in analitske metode so bile izvedene v rastlinjaki Katedre za sadjarstvo, vinogradništvo in vrtnarstvo in Katedre za pedologijo in varstvo okolja ter laboratoriju Infrastrukturnega centra za pedologijo in varstvo okolja.

Študijska komisija Oddelka za agronomijo je za mentorja imenovala viš. pred. mag. Marka ZUPANA in somentorico doc. dr. Nino KACJAN MARŠIĆ ter recenzentko prof. dr. Marijano JAKŠE.

Komisija za oceno in zagovor:

Predsednik: prof. dr. Franc BATIČ  
Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, oddelek za agronomijo

Član: viš. pred. mag. Marko ZUPAN  
Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, oddelek za agronomijo

Član: doc. dr. Nina KACJAN MARŠIĆ  
Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, oddelek za agronomijo

Član: prof. dr. Marijana JAKŠE  
Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, oddelek za agronomijo

Datum zagovora:

Diplomsko delo je rezultat lastnega dela. Podpisani se strinjam z objavo svojega diplomskega dela na spletni strani Digitalne knjižnice Biotehniške fakultete. Izjavljam, da je delo, ki sem ga oddal v elektronski obliki, identično tiskani verziji.

Jerica Tuhtar

## KLJUČNA DOKUMENTACIJSKA INFORMACIJA

- ŠD Dv1  
DK UDK 631.453:635.52 (043.2)  
KG substrati /solata / analize tal /analize rastlin / kadmij / baker /svinec / cink  
AV TUHTAR, Jerica  
SA ZUPAN, Marko (mentor) / KACJAN MARŠIČ, Nina (somentorica)  
KZ SI-1000 Ljubljana, Jamnikarjeva 101  
ZA Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za agronomijo  
LI 2012  
IN KAKOVOST VRTNE SOLATE (*Lactuca sativa* L.) PRIDELANE IZ SADIK GOJENIH NA RAZLIČNIH RASTNIH SUBSTRATIH
- TD Diplomsko delo (Visokošolski strokovni študij - 1. stopnja)  
OP XI, 33, [7] str., 5. pregl., 19 sl., 3 pril., 26 vir.  
IJ sl  
JI sl/en  
AI V vrtnarstvu je na voljo veliko različnih substratov pri čemer proizvajalci poskrbijo za ustrezno sestavo in dovolj veliko vsebnost rastlinskih hranil. Sadike na tako pripravljenih rastnih substratih lepo zrastejo, vendar lahko vsebujejo preveliko količino nevarnih snovi (kovine). Zanimala nas je vsebnost Cu, Zn, Pb in Cd. in v kakšni meri omenjeni elementi iz sadike gojene na različnih rastnih substratih prehajajo v tehnološko zrelo vrtno solato (*Lactuca sativa* L.) sorte 'Noisette'. Poskus je potekal v rastlinjaki Biotehniške fakultete od 19.marca.2010 do 17.marca 2010. Seme smo ročno posejali v substrate: Neuhaus, Stender, Terra Brill in Valentin. Sadike smo 29. aprila 2010 posadili na poskusne parcele velikosti 1,5 m x 2 m, 30 sadik vsake poskusne kombinacije smo posadili v razdalji 25 cm v treh ponovitvah. Tla smo analizirali na parametre pH, % org. snovi, kationska izmenjala kapaciteta, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, K<sub>2</sub>O in večjih odstopanj med obravnavanji nismo zabeležili. V substratih in sadikah ter tleh in solati smo določili vsebnost Cd, Cu, Pb in Zn, v solati tudi vsebnost nitrata. V pridelku (masa glave, masa tržnega dela) in velikosti glav (višina, širina) tehnološko zrele vrtno solate so med obravnavanji majhne razlike. Maksimalne dovoljene vsebnosti nitrata, kadmija in svineca ni presegal noben vzorec solate ne glede v katerem substratu smo pripravili sadike. Bioakumulacijski faktorji (BAF) so največji pri Zn, kjer je sprejem večji v sadike solate kot tehnološko zelo solato. Akumulacija Cu je bila večja v solati kot v sadikah. Sprejem Pb v solato je pričakovano manjši čeprav je BAF v sadike večji od BAF za baker. Sprejem Cd je večji od sprejema Cu in Pb, pri tehnološko zreli solati tudi od Zn, kljub manjši koncentraciji tako v substratu kot tleh, kjer smo gojili solato.

## KEY WORDS DOCUMENTATION

- ND Dv1  
DC UDC 631. 416: 631. 453: 635.52 (043.2)  
CX growing substrates / lettuce / soil analyses / plant analyses / cadmium / copper / lead / zinc /  
AU TUHTAR, Jerica  
AA ZUPAN, Marko (supervisor) / KACJAN MARŠIČ, Nina (co-supervisor)  
PP SI-1000 Ljubljana, Jamnikarjeva 101  
PB University of Ljubljana, Biotechnical Faculty, Department of Agronomy  
PY 2012  
TY QUALITY OF LETTUCE (*Lactuca sativa* L.) PRODUCED FROM PLANTS GROWN ON DIFFERENT GROWING SUBSTRATES  
DT B. Sc. Thesis (Professional Study Programmes)  
NO XI, 33 p., 5tab., 19 fig., 3 amn., 26. vir.  
LA sl  
Al sl/en  
AB There are many different growing substrates available on the market with an inappropriate mix and sufficient content of plant nutrients. Seedlings growing media so prepared nice growth, but they may contain excessive amounts of hazardous substances (metals). We were interested in the content of Cu, Zn, Pb and Cd in and to what extent these elements in plants grown in different growing substrates to pass through the technology mature lettuce (*Lactuca sativa* L.) varieties 'Noisette'. The experiment conducted in the greenhouses of Biotechnical Faculty from 03/19/2010 to 17/06/2010. The seeds were hand-planted into substrates: Neuhaus, Stender, Terra Brill and Valetnin. On April 29 2010, the seedlings were planted on trial plots, 1.5 m x 2 m in size. 30 seedlings of each trial combination were planted 25 cm apart in three repetition. The soil was analyzed for the following parameters: pH, % organic substance, cation exchange capacity, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, K<sub>2</sub>O and there were no larger differences recorded. In the substrates, seedlings, soil and lettuce the Cd, Cu, Pb and Zn content were determined and in the lettuce, the nitrate content was determined as well. In the produce (mass of heads, mass of marketable parts) and size of heads (height, width) of technologically mature garden lettuce there were small changes in the combinations. No specimen exceeded the maximum allowed nitrate, cadmium and lead content, no matter the substrate. Bioaccumulation factors (BAF) were the largest with Zn, where the intake into seedlings was larger than technologically mature lettuce. Cu accumulation was larger in lettuce than in the seedlings. The lettuce's Pb intake was expectedly lower despite the BAF of the seedlings was larger than copper BAF. Cd intake is larger than Cu and Pb intake, and with technologically mature lettuce, it is also larger than Zn intake, despite the smaller concentration in the substrate, as well as the soil where the lettuce was grown.

## KAZALO VSEBINE

KLJUČNA DOKUMENTACIJSKA INFORMACIJA	III
KEY WORDS DOCUMENTATION	IV
KAZALO VSEBINE	V
KAZALO PREGLEDNIC	VII
KAZALO SLIK	VII
KAZALO PRILOG	VIII
OKRAJŠAVE IN SIMBOLI	IX
<b>1 UVOD</b>	<b>1</b>
1.1 NAMEN DELA	1
1.2 DELOVNE HIPOTEZE	1
<b>2 PREGLED OBJAV</b>	<b>2</b>
2.1 RASTNI SUBSTRATI	2
<b>2.1.1 Definicija rastnega substrata</b>	<b>2</b>
<b>2.1.2 Substrati za gojenje sadik</b>	<b>2</b>
<b>2.1.3 Kemijske lastnosti</b>	<b>2</b>
<b>2.1.4 Zahteve za rastne substrate</b>	<b>4</b>
2.2 ANORGANSKE NEVARNE SNOVI	4
<b>2.2.1 Baker (Cu)</b>	<b>5</b>
<b>2.2.2 Cink (Zn)</b>	<b>6</b>
<b>2.2.3 Svinec (Pb)</b>	<b>6</b>
<b>2.2.4 Kadmij (Cd)</b>	<b>6</b>
2.3 VRTNA SOLATA	7
<b>2.3.1 Botanična uvrstitev vrtno solate</b>	<b>7</b>
<b>2.3.2 Morfološke lastnosti</b>	<b>7</b>
<b>2.3.3 Rastne razmere za solato</b>	<b>8</b>
<b>2.3.4 Gojenje solate v zavarovanih prostorih</b>	<b>9</b>
<b>3 MATERIAL IN METODE</b>	<b>11</b>
3.1 MATERIAL ZA POSKUS	11
<b>3.1.1 Substrati</b>	<b>11</b>
<b>3.1.2 Testna rastlina</b>	<b>11</b>
3.2 METODA DELA	11
<b>3.2.1 Zasnova, oskrba poskusa in odvzem vzorcev</b>	<b>11</b>
3.3 ANALITSKE METODE	14
<b>3.3.1 Meritev pH tal</b>	<b>14</b>
<b>3.3.2 Meritev vsebnosti Corg., organske snovi in skupnega dušika v tleh</b>	<b>14</b>
<b>3.3.3 Meritev rastlinam dostopnega P in K (AL) v tleh</b>	<b>14</b>
<b>3.3.4 Vsebnost nitrata v rastlinskih vzorcih</b>	<b>14</b>

<b>3.3.5</b>	<b>Meritev Cd, Cu, Pb in Zn v substratih, tleh, sadikah in glavah solate</b>	14
3.4	MORFOLOŠKI PARAMETRI RASTLIN	15
3.5	OBDELAVA PODATKOV	15
<b>4</b>	<b>REZULTATI</b>	16
4.1	MERITVE TALNIH VZORCEV	16
<b>4.1.1</b>	<b>Povprečna pH vrednost tal</b>	16
<b>4.1.2</b>	<b>Povprečna organska snov tal</b>	16
<b>4.1.3</b>	<b>C/N razmerje tal</b>	17
<b>4.1.4</b>	<b>Vsebnost rastlinam dostopnega fosforja in kalija</b>	18
<b>4.1.5</b>	<b>Kationska izmenjalna kapaciteta tal</b>	19
<b>4.1.6</b>	<b>Vsebnost Zn v tleh</b>	19
<b>4.1.7</b>	<b>Vsebnost Pb v tleh</b>	20
<b>4.1.8</b>	<b>Vsebnost Cd v tleh</b>	21
<b>4.1.9</b>	<b>Vsebnost Cu v tleh</b>	21
<b>4.1.10</b>	<b>Vsebnost kovin v tleh in rastnih substratih</b>	22
4.2	MERITVE RASTLIN	22
<b>4.2.1</b>	<b>Povprečne vrednosti morfoloških rastnih parametrov</b>	22
<b>4.2.2</b>	<b>Vsebnost nitrata v pridelku solate</b>	24
<b>4.2.3</b>	<b>Vsebnost Cu, Zn, Cd in Pb v pridelku vrtno solate</b>	25
<b>4.2.4</b>	<b>Bioakumulacijski faktorji (BAF)</b>	27
<b>5</b>	<b>RAZPRAVA IN SKLEPI</b>	28
5.1	RAZPRAVA	28
5.2	SKLEPI	31
<b>6</b>	<b>POVZETEK</b>	32
<b>7</b>	<b>VIRI</b>	34
	ZAHVALA	
	PRILOGE	

## KAZALO PREGLEDNIC

Preglednica 1:: Označe poskusnih kombinacij poimenovane po substratih v treh ponovitvah .....	12
Preglednica 2: Izračun povprečnih vrednosti za vsebnost Cd v tleh v mg/kg s.s poskusnih kombinacij, kjer smo <LOD (<0,50) nadomestili z LOD/2 (0,25) .....	21
Preglednica 3 Primerjava vsebnosti kovin v tleh in rastnih substratih .....	22
Preglednica 4: Primerjava povprečnih vsebnosti kovin v rastlinah tehnološko zrele solate in sadikah, ki so bile gojene v različnih substratih.....	26
Preglednica 5 Koncentracija in bioakumulacijski faktorji (BAF) za Zn, Cu, Cd in Pb v sadikah solate oziroma tehnološko zrelem pridelku solate .....	27

## KAZALO SLIK

Slika 1: Sadike solate sorte 'Noisette' v različnih substratih .....	12
Slika 2: Vzorčenje tal na parcelah poskusnih kombinacij v plastenjaku.....	13
Slika 3: Posajena solata sorte 'Noisette' katere sadike so bile pripravljene v substratu Valentin (V/II).....	13
Slika 4: Povprečje pH poskusnih parcel .....	16
Slika 5: Povprečne vrednosti organske snovi v poskusnih kombinacijah parcel .....	17
Slika 6: Povprečne vrednosti C/N razmerja v poskusnih kombinacijah parcel.....	17
Slika 7: Povprečne vrednosti P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> v poskusnih kombinacijah .....	18
Slika 8: Povprečne vrednosti K <sub>2</sub> O v poskusnih kombinacijah .....	18
Slika 9: Povprečna kationska izmenjalna kapaciteta v poskusnih kombinacijah.....	19
Slika 10: Povprečne vrednosti Zn v poskusnih kombinacijah.....	20
Slika 11: Povprečne vrednosti Pb v poskusnih kombinacijah.....	20
Slika 12 Povprečne vrednosti Cd v poskusnih kombinacijah.....	21
Slika 13 Povprečne vrednosti Cu v poskusnih kombinacijah.....	22
Slika 14 Teža glav in masa tržnega dela testne rastline po poskusnih kombinacijah parcel .....	23
Slika 15 Povprečna višina nadzemnega dela rastline po poskusnih kombinacijah .....	23
Slika 16: Povprečna širina glav solate po poskusnih kombinacijah parcel .....	24
Slika 17: Povprečne vsebnosti nitrata v tehnološko zreli solati .....	24
Slika 18: Povprečna vrednost Cu v rastlinah po poskusnih kombinacijah .....	25
Slika 19: Povprečne vrednosti Zn v rastlinah po poskusnih kombinacijah.....	26



## KAZALO PRILOG

### PRILOGA A

Pril. A1: Vsebnost kovin navedena na embalaži nekaterih substratov

Pril. A2: Vsebnost kovin navedena na embalaži nekaterih substratov

### PRILOGA B

Pril. B1: Vsebnost kovin v rastnih substratih (razklop z zlatotopko)

Pril. B2: Vsebnost kovin v tleh (razklop z zlatotopko)

Pril. B3: Standardni pedološki parametri

### PRILOGA C

Pril. C1: Vsebnost sveže in suhe mase solate ter delež suhe snovi v rastlinskih vzorcih

Pril. C2: Vsebnost nitrata v rastlinskih vzorcih

Pril. C3: Vsebnost kovin v suhi snovi solate

## OKRAJŠAVE IN SIMBOLI

Al	aluminij
As	arzen
BAF	bioakumulacijski faktorji
CaCl	kalcijev diklorid
Cd	kadmij
Co	kobalt
Cr	krom
Cu	baker
F	fluor
Fe	železo
Hg	živo srebro
I	jod
K	kalij
KCl	kalijev klorid
K <sub>2</sub> O	dikalijev oksid
	kationska izmenjalna
KIK	kapaciteta
Mn	mangan
Mo	molibden
Ni	nikelj
P	fosfor
Pb	svinec
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	difosforjev pentoksid
Se	selen
Sn	kositer
Ti	titan
V	vanadij
Zn	cink

## 1 UVOD

Rastni substrati so lahko mešanica zemlje, šote in različnih organskih odpadkov, ki so običajno predhodno kompostirani (odpadna biomasa, predelana blata čistilnih naprav in drugo (Mihelič in sod., 2001)). Na voljo je veliko različnih substratnih mešanic za uporabo v vrtnarstvu in zelenjadarstvu pri čemer proizvajalci poskrbijo za ustrezno sestavo in dovolj veliko vsebnost rastlinskih hranil, da substrat zagotavlja optimalne razmere za gojenje sadik vrtnin. Sadike ob ustreznih rastnih klimatskih razmerah praviloma lepo zrastejo in ustrezajo morfološkim karakteristikam, vendar lahko vsebujejo preveliko količino nevarnih snovi, predvsem težkih kovin, ki se lahko prenesejo tudi v tehnološko zreli pridelek vrtnine.

### 1.1 NAMEN DELA

V diplomski nalogi bomo preverili kakovost vrtno solate, kjer smo sadike pripravili (gojili) v različnih substratih. Zanima nas kakovost sadik oziroma kakovost tehnološko zrelega pridelka solate, ki jo bomo preverili z morfološkimi lastnosti (velikost, dolžina listov in korenin, sveža in suha masa) sadik oziroma glav in z vsebnostjo nitrata Cu, Zn, Cd in Pb.

### 1.2 DELOVNE HIPOTEZE

Predvidevamo, da kakovost vrtno solate v tehnološki zrelosti ni odvisna od kakovosti rastnega substrata za gojenje sadik.

Pridelek vrtno solate in morfološki parametri tehnološko zrele solate niso odvisni od vrste rastnega substrata za gojenje sadik.

Vsebnost esencilanih elementov Cu in Zn ter potencialno toksičnih elementov Cd in Pb je v vzorcih sadik in vzorcih tehnološko zrelega pridelka vrtno solate različna.

Vsebnost nitrata, Cd in Pb v vzorcih vrtno solate v tehnološki zrelosti ne presega normativnih vrednosti.

## **2 PREGLED OBJAV**

### **2.1 RASTNI SUBSTRATI**

#### **2.1.1 Definicija rastnega substrata**

Naloga rastnih substratov je nudenje opore rastlini in ustvarjanje življenjskega okolja koreninam. Dober rastni substrat omogoča stalni dotok vode, kisika in hranil iz medija v koreninski sistem. Omogočati mora izmenjavo plinov, ki jih izločajo mikroorganizmi in korenine gojene rastline (Reinikainen, 2003).

Za substrate je predvsem pomembno, da svojo strukturo v času gojenja sadik tudi ohranjajo. Pomembno je da imajo dovolj velik delež večjih por, katere zagotavljajo primeren odtok vode, hkrati pa sposobnost zadrževanja vode, da ni potrebno prepogosto zalivanje. Idealen rastni substrat sestavljajo naslednji deleži por: 20% por s težko razpoložljivo vodo, 15% por z vodno pufersko kapaciteto, 25% por z lahko dostopno vodo, 25% z zračnimi porami in 15% trdnih delcev (Osterc, 2010).

#### **2.1.2 Substrati za gojenje sadik**

Za gojenje zdravih in kakovostnih sadik je potrebno uporabiti substrat z dobrimi fizikalno-kemijskimi lastnostmi. Pomembno je da ima izbrani substrat veliko kapaciteto sprejema vode in mineralnih snovi, dobro zračnost, delci naj imajo fino granulacijo. To omogoča enakomerno polnjenje gojitvenih plosč, sposobnost hitrega ogrevanja substrata, dobre drenažne sposobnosti, hkrati pa zagotavljati dobro dostopnost hranil. V večini primerov so substrati pripravljene iz šote ali raznih mešanic organskih in anorganskih snovi. Substrati so lahko pripravljene na industrijski ali "vrtičkarski način". Pri prvem načinu (v primeru trženja) dosežemo izenačeno kakovost substrata, pri drugem načinu (uporaba organskih ostankov na obratu) je kakovost in izenačenost substrata vprašljiva. Da je nadaljnja rast gojenih sadik uspešna, je potrebna izenačenost kakovosti substrata in pravilna oskrba gojenih sadik (Osvald in Kogoj-Osvald, 2005).

#### **2.1.3 Kemijske lastnosti**

Rastline pridobijo večino hranil v obliki ionov, ki so raztopljeni v vodi rastnega substrata, zato morajo biti korenine rastlin izpostavljene primerni koncentraciji hranilnih snovi, v substratu ne sme biti prisotnih toksinov. Kljub temu, da so lahko kemijske lastnosti substrata odlične, rastlina ne raste dobro, če nima zagotovljene tudi primerne preskrbe z vodo in zrakom (Bodman in Sharman, 1993, cit. po Debeljak, 2004).

### 2.1.3.1 pH ravnega substrata

Pri merjenju pH vrednosti v rastnem substratu gre za merjenje koncentracije vodikovih ionov. Merjenje pH je nujen del pri vrednotenju in sestavljanju kvalitete ravnega substrata. pH vrednost vpliva na dostopnost rastlinskih hranil. Idealna vrednost pH v ravnih substratih je za večino rastlin 5 do 6 in 4,5 do 5,5 za rastline, katerim ugaia kisko okolje. Pri takšnih vrednosti pH bo rastlini dostopna večina potrebnih hranil.

V primerih ko je oskrba s hranili skromna, je pH vrednost še posebej pomembna za njihovo biodostopnost. Ena od metod za zvišanje pH je dodajanje apna v rastni substrat. Največkrat uporabljeni materiali, ki se dodajajo, so dolomit, apnenec, magnezijev oksid in kalcijev hidroksid. Gibs je dober izvor kalcija in žvepla, ne poviša pa pH vrednosti. Uporaba alkalne vode pri namakanju je najbolj pogost razlog za zvečanje pH vrednosti substrata (cit. po Debeljak, 2004).

### 2.1.3.2 Elektroprevodnost ravnega substrata

Voda vsebuje raztopljene snovi, ki prevajajo električni tok, npr. soli. Višja kot je koncentracija soli, večja je elektroprevodnost. Enota za električno prevodnost je mS/cm (miliSiemens /cm). Ekstraktu ravnega substrata lahko izmerimo celotni delež raztopljenih soli in sicer s konduktometrom - napravo, ki meri električno prevodnost. Konduktometer ne pove, katera sol je prisotna, temveč poda indikacijo o tem, kolikšna je količina soli. Velika prevodnost v substratu lahko pomeni, preveliko količino uporabljenega gnojila ali da ima voda s katero namakamo, prevelik delež soli. Preveliki deleži soli se izražajo kot ožigi na rastlinah (najbolj prizadeti so starejši listi; rjavenje konic in robov listov) (Aendekerk in sod., 2000).

### 2.1.3.3 Rastlinam dostopni P in K

Fosfor in kalij spadata med najpomembnejša rastlinska makrohranila, zato je pomembno poznati njuno dinamiko v tleh in fiziološki pomen v rastlinah. Lahko dostopni fosfor in kalij je tisti del celokupne vsebnosti teh dveh elementov, ki se nahaja v talni raztopini ali pa je kot izmenljivi ion adsorbtivno vezan na talnih koloidih in kot tak dostopen za rastline- rastlinam dostopni fosfor in kalij (Suhadolc in sod., 2007).

Fosfor se v tleh nahaja do globine 20 cm. Največji delež fosforja v tleh se nahaja v obliki anorganskih soli (fosfatov) in organskih spojin; ki so rastlinam dostopni šele po procesu preperevanja oziroma mineralizacije. Fosfati se v tleh močno vežejo na mineralni in organski sorptivni del tal zato lahko s fosforjem gnojimo tudi na zalogo. Dostopnost vezanega fosforja rastlinam je odvisna od talnih dejavnikov, najbolj od kislosti tal oziroma prostih karbonatov v tleh (Suhadolc in sod., 2007).

#### 2.1.4 Zahteve za rastne substrate

1. Da substrat zagotavlja visoko vodno in zračno kapaciteto pri maksimalni vsebnosti vode, je potreben čim večji volumen por (cit. po Debeljak, 2004)
2. Da bo rastna doba rastlin v substratu daljša, je potrebna njegova dobra stabilnost strukture.
3. Dobra puferna sposobnost in velika izmenjalna kapaciteta za preprečevanje zasoljenosti tal in za zmanjšanje izpiranja hranil. Kemično stabilnost tal določajo koloidi: uravnavajo pH tal- imajo sposobnost vezave in posredovanja hranilnih snovi, ki jih rastline potrebujejo. Tako skrbijo za zmanjšanje izpiranje hranil in preprečevanje zasoljenosti tal.
4. Sposobnost ponovnega omočenja.
5. Sposobnost skladiščenja ne da bi se ob tem spremenila kakovost substrata.
6. Homogenost.
7. Stabilnost pri razkuževanju.
8. Masa ali teža (gostota), naj bo čim manjša.
9. Primeren pH.
10. Možnost reciklaže.
11. Cenovno ugoden in lokalno dostopen.
12. Da zagotavlja optimalno rast rastlini in da je odporen na krčenje.

#### 2.2 ANORGANSKE NEVARNE SNOVI

Anorganske snovi v tleh, med katerimi je večina kovin (težkih kovin), se v tleh pojavljajo kot posledica naravnih procesov (preperevanje kamnin), človekovih aktivnosti (rudarjenje, taljenje rude, industrija, kmetijstvo, promet, odlaganje odpadkov...). Povečana vsebnost kovin v tleh, predvsem As, Cd, Hg, in Pb, je posledica rudarjenja in taljenja rude. Posledica prometa se izraža v povečanju koncentracije Pb in Cd, z uporabo fitofarmaceutskih sredstev v kmetijstvu danes pa se povečuje vsebnost Cu (nekoč tudi Hg in Pb) z uporabo mineralnih gnojil pa Zn, Cd, in As. Industrija glede na to kaj proizvaja/predeluje prispeva različne kovine: industrija plastike Cd, Cr, Hg, Co; tekstilna industrija Zn, Sn, Al in Ti; metalurgija Pb, Cd, As, Cu, Zn, Cr, Ni, Mn in druge. Zaradi številnih izvorov kovin (naravni, antropogeni), ter različnih procesov premeščanja kovin v tleh, je lahko identifikacija izvora onesnaževanja otežena (Zupan in sod., 2008).

Težke kovine so tiste kovine, katerih gostota presega  $5 \text{ g/cm}^3$ . Te elemente pogostokrat imenujemo tudi elementi v sledovih saj predstavljajo precej manj kot 1% zemeljske skorje (Leštan, 2002).

Elementi v sledovih so mnogokrat v večjih koncentracijah strupeni za organizme, medtem ko so nekateri v manjših količinah kot mikrohranilo organizmom nujno potrebni

(esencialni). Poleg Fe, Al in Mn, ki so v tleh zastopani v večjih koncentracijah, so esencialni elementi še: Ni, Zn, Cu, V, Co, Cr, Mo, Sn, Se, I, F (Leštan, 2002).

Da je nek element esencialen, pomeni da ima specifično vlogo v rastlini in ga v celoti ali delno drug element ne more nadomestiti, rastlina pa brez njega ne more zaključiti življenjskega cikla vse do tvorbe viabilnih semen, saj prihaja do resnih motenj rasti in razvoja (Vodnik, 2012).

Nekatere kovine, ki so prisotne v talni raztopini pa rastlinam niso potrebne, kot na primer kadmij in svinec (med sabo delujeta tudi sinergistično in tako predstavljata večje tveganje) jih lahko rastline vseeno asimilirajo. Toksični elementi preko rastlin oziroma prehranjevalne verige vstopajo v prehranjevalno verigo in postanejo nevarne za ljudi in živali. V telesa organizmov lahko vstopajo tudi na druge načine (vdihavanjem prahu oziroma delcev onesnaženih tal, s pitjem onesnažene vode...) (Leštan, 2002).

### **2.2.1 Baker (Cu)**

Baker je v tleh naravno prisoten s preperevanjem magmatskih kamnin in pedogenezo. Baker se že dolgo uporablja v obliki modre galice ( $\text{CuSO}_4$ ) v fitofarmaceutskih pripravkih (za zaščito hmelja, trte in drugih kultur) kar posledično povečana vsebnost bakra v vinogradniških tleh (Leštan, 2002). Poleg uporabe bakra v vinogradništvu so antropogeni izvori bakra tudi železarne, jeklarne, metalurška industrija, sredstva za zaščito lesa. Tudi organska gnojila lahko vsebujejo večje količine Cu. V neonesnaženih tleh so povprečne koncentracije Cu med 5 in 30 mg/kg; dosegaajo lahko tudi do 100 mg/kg (Zupan in sod., 2008).

Cu je esencialen element. V tleh z visokim pH, visoko vsebnostjo organske snovi tal, glinenih materialov ter v tleh kjer je značilna hitra infiltracija vode, se njegova dosegljivost za rastline zmanjša. Baker je nujno potreben vsem organizmom in je pomemben kofaktor številnim encimom, sestavni del metaloproteinov, citokromom, sodeluje pri nastanku klorofila .

Previsoke vrednosti Cu v tleh so toksične za rastline, živali in ljudi. Pri rastlinah povzročajo železno klorozo (Leštan, 2002).

### **2.2.2 Cink (Zn)**

Zn se nahaja v vseh kamninah zemeljske skorje in z njihovim preperevanjem pride v tla. V tleh je zastopan v koncentracijah med 10-300 ug/kg tal ( Leštan, 2002). Antropogeni izvori cinka so rudarjenja, taljenje rude, industrija tekstila, mikroelektronike in metalurgije, odlaganje odpadkov in blat čistilnih naprav ter kmetijstvo (vnos mineralnih in organskih gnojil v tla, fitofarmaceutskimi sredstvi) (Zupan in sod., 2008).

Zn je za organizme esencialen element. Zn je pomemben sestavni del encimov, kateri sodelujejo pri različnih metaboličnih poteh. Ena njegovih vlog je tudi pri ekspresiji genov. Večje količine cinka lahko povzročajo motnje v reprodukciji (Leštan, 2002).

Ob povečanih koncentracij Zn v tleh, prihaja do fitotoksičnih učinkov, predusem v kislih tleh, v tleh z majhno vsebnosti glinenih mineralov, majhno vsebnostjo fosfatov in majhno izmenjalno kapaciteto (Kabata-Pendias in Pendias,1984).

### **2.2.3 Svinec (Pb)**

Svinec je predvsem prisoten v tleh zaradi antropogenih izvorov (rudarjenje in taljenje rude, rafinerije, atmosferski depoziti in odlaganja odpadkov). Kmetijstvo pa ga je predvsem v preteklosti vnašalo v tla z uporabo fitofarmaceutskih pripravkov na osnovi Pb. Svinec je poleg kadmija in živega srebra eden izmed najpogostejših onesnažil v tleh (Zupan in sod., 2008).

Pb ni esencialen za rastline, zaradi biološkega antagonizma pa v rastlinskih tkivih lahko zamenja kalcij in druge elemente (Leštan, 2002).

### **2.2.4 Kadmij (Cd)**

Kadmij je v tleh naravno prisoten, sicer pa so za njegovo povečano prisotnost krivi antropogeni izvori (rudniško in topilniška dejavnost, industrije kovine, plastike in mikroelektronike, izgorevanje fosilnih goriv, mineralna gnojila, odlaganje odpadkov) (Zupan in sod., 2008).

Kadmij akumulirajo predvsem žita pa tudi solata, špinača, zelena in zelje, navadno v visokih koncentracijah, ki pa za same rastline niso škodljive in zunanje spremembe niso vidne. Tako lahko v prehrano ljudi pride neopazno. Cd je potencialno karcinogen element (Leštan, 2002).



## 2.3 VRTNA SOLATA

### 2.3.1 Botanična uvrstitev vrtno solate

Vrtno solato (*Lactuca sativa* L.) agronomsko uvrščamo v skupino solatnic in je toplotno manj zahtevna rastlina. Pridelujemo jo zaradi listov, kateri se razvijejo na skrajšanem stebelu (Osvald in Kogoj-Osvald, 1999).

Oddelek: SPERMATOPHYTA- semenovke

Pododdelek: ANGIOSPERMAE (MAGNOLIOPHYTINA)- kritosemenke

Razred: DICOTYLEDONEAE- dvokaličnice

Podrazred: SYMPETALE- zraslovenčnice

Družina: CICHORIACEAE- radičevke

Rod: *LACTUCA*

Vrsta: *SATIVA*

#### VRSTE SOLATE

Najbolj razširjene v pridelovanju so naslednje vrste hortikulturene različice vrtno solate (Osvald in Kogoj-Osvald, 1999):

- var. *capitata* L.- glavnata solata
- var. *acephala* L.- berivka
- var. *secalina* L.- solata rezivka
- var. *longifolia* L.- vezivka, romanska solata.

### 2.3.2 Morfološke lastnosti

Vrtna solata je enoletna rastlina. Glavna korenina je vretenasta, mesnata in razvejana. Večina korenin je v zgornjih 30 cm tal, v premeru ustreza premeru rozete. Steblo je v vegetativni fazi skrajšano, vendar se v generativni fazi hitro podaljšuje in doseže do 1,2 m višine. Listi na začetku vegetativne faze tvorijo rozeto. Po obliki in strukturi lista se je tekom let razvoja oblikovalo več varietet (Lešić in sod., 2004). List solate je lahko majhen, srednje velik ali velik; oblike pa je lahko ovalno okrogle, okrogle, lopatičaste. Lahko je zguban, mehurjast ali gladek. Barva listov je lahko svetlo zelena, rumeno zelena, rdečkasta, rjavkasto lisasta.

Glava je glede na sorto lahko različno oblikovana. Po obliki je ovalna, narobe jajčasta, okrogla in ploščata. Glave med sabo ločimo tudi po velikosti. Lahko je majhna, srednje velika in velika. Seme je sortno značilno in različno obarvano. Je bele, črne ali črno rjave barve (Osvald in Kogoj-Osvald, 2005).

### 2.3.3 Rastne razmere za solato

#### 2.3.3.1 Temperatura

Vrtna solata je rastlina, ki je toplotno manj zahtevna. Za vegetativno fazo razvoja rozete in glave, ki je glavni cilj gojenja, so optimalne temperature od 12 do 20 °C. Minimalne temperature za kalitev so od 2 do 5 °C, optimalne od 15 do 20 °C.

Temperature višje od 25 °C povzročajo tako imenovano termo-dormantnost ali sekundarno dormantnost, ki zmanjšuje kaljivost in vznik normalno kaljivega semena pade pod 50 %, odvisno od sorte. Pri temperaturi nad 30 °C večina sort ne kali. Kratka izpostavitve navlaženega semena temperaturi od 2 do 5 °C med 12 in 48 ur, lahko ustavi termo-dormantnost, na podlagi tega seme normalno kali (Lešić in sod., 2004).

Dobro ukoreninjene sadike vrtno solate lahko vzdržijo nizke temperature do -5 °C. Medtem, ko je solata, ki je bližje tehnološki zrelosti, občutljiva na nizke temperature. Zaradi nizkih temperatur, površina lista postane nagubana (tkivo med žilama deluje mehurjasto), kar lahko zamenjamo z simptomom viroze. Listi se zvijajo (Lešić in sod., 2004).

Kadar so temperature do tvorjenja glav nizke, se tvorijo večje in čvrste glave. Kadar pa so temperature v času tvorjenja glav višje, se tvorijo manjše in bolj rahle glave.

Pri gojenju v zavarovanem prostoru moramo temperature uskladiti z jakostjo svetlobe. Za tvorjenje glav je zaželena temperatura tal okoli korenin od 12 do 20 °C.

#### 2.3.3.2 Svetloba

Bela ali rdeča svetloba, pospešujeta proces kalitve, vendar ni nujno potrebna za večino sort. Vpliv izpostavljenosti svetlobi je bolj izrazit pri visokih temperaturah (Ugrinović, 2000).

Mlade rastline vrtno solate potrebujejo med razvojem dovolj svetlobe, sicer se celice hipokotila močno podaljšujejo in se razvijejo pretegnjene rastline.

Normalen razvoj in rast solate močno pogojuje osvetljenost. Tako vrtna solata na senčnih legah ali v senci višjih rastlin slabo uspeva in oblikuje rahle glave. Intenzivnejši razvoj listov dosežemo pri boljši osvetlitvi in temperaturi. Ta dva dejavnika vplivata tudi na dimenzije listov, kateri bodo ob intenzivnejši in daljši osvetlitvi širši in krajši kot pri slabši in krajši osvetlitvi. Zato so listi pri kratkih dnevih in slabi osvetlitvi, ozki in dolgi, pri dolgih dnevih in intenzivni osvetlitvi pa kratki in široki. Jakost osvetlitve in temperatura

vplivata tudi na maso glave. Ob večji osvetlitvi in zmerni temperaturi v času oblikovanja glav, bodo le te težje kot ob slabi osvetlitvi in visokih temperaturah (Ugrinovič, 2000).

#### 2.3.3.3 Vlaga

Da bo gojenje vrtno solate na prostem ali v zavarovanih prostorih čim bolj uspešno, lahko to dosežemo z pravilno oskrbo z vodo (namakanjem). Nasičenost tal z vodo ne sme pasti pod 40 % poljske kapacitete tal v lahkih tleh, v težkih tleh pa ne pod 60 %. Namakalni sistem položimo že pri zasnovi posevka, oziroma uredimo zadovoljivo oskrbo z vodo saj solata potrebuje veliko vode, vendar ta ne sme zastajati. Ob močnejšem namakanju ali obilnejših padavinah prično odmirati korenine. Da preprečimo preobilno vlažnost zemljišča, solato na težjih tleh sadimo na grebene brazd. Za izboljšanje oskrbe z vodo na lahkih zemljiščih pa sadimo sadike na dno brazde (s tem posledično dosežemo tudi varovanje sadik pred spomladanskim pozebam) (Osvald in Kogoj-Osvald, 1999).

#### 2.3.4 Gojenje solate v zavarovanih prostorih

Z energijsko krizo gojenje vrtno solate v zaščiteneh prostorih v svetu in pri nas, pridobiva na vse večjem pomenu. Manjše potrebe po toploti in kratka vegetacija od sajenja do tehnološke zrelosti omogoča gojenje od 2 do 3 posevke tekom jeseni, zime in zgodnjem poletju v istem objektu, odvisno od okoljskih razmer območja in možnosti ogrevanja. Že manjša zaščita na pokritih gredah, visoki in nizki tuneli skrajšajo vegetacijsko dobo in omogočijo zgodnejšo pobiranje pridelka. To se posebej nanaša na mediteransko področje, kjer so zimske razmere ugodne, še posebej zaradi več sončnih dni in večje intenzivnosti svetlobe (Lešić in sod., 2004).

##### 2.3.4.1 Gojenje pod folijo

Za takšno obliko gojenja se odločimo za pozno jesensko in zgodnje pomladansko pridelovanje (od decembra do maja). Posevek zasnujemo z vzgojo sadik (kdaj je setev primerna je odvisno od temperaturnih razmer). Sadike presajamo, ko imajo le te razvite 4 do 6 listov, to je približno 4 do 5 tednov po setvi. Presajamo sadike, ki smo jih vzgojili v gojitvenih ploščah. Priporočena sadilna razdalja za ta tip gojenja je 25 x 25 ali 20 x 20 cm. Posevek ustrezno oskrbujemo (prezračevanje, zalivanje, okopavanje, dognojevanje...). Vzdrževane temperature naj bodo podnevi 16 °C, ponoči 12 °C (Osvald in Kogoj-Osvald, 1999).

##### 2.3.4.2 Gojenje v rastlinjakih

Kadar so pridelovalne razmere neugodne in v toplotno manj ugodnih območjih ni možno pridelati dovolj vrtno solate za oskrbo, je priporočljivo gojenje v ogrevanih ali neogrevanih plastenjakih ali steklenjakih. Posevke zasnujemo preko vzgoje sadik s koreninsko grudo ali brez nje ali z direktno setvijo obloženega semena. V gojitvenem prostoru vzdržujemo podnevi temperaturo 12 do 20 °C in ponoči 6 do 10 °C (čas setve od septembra do marca).

V poznojesenskem in zimskem času je primerna temperatura tal pri 8 °C. Ob previsokih temperaturah pride do zadrževanja tvorbe glav in pospešenega cvetenja (uhajanje v cvet). Ustrezna vlažnost zemljišča v gojitvenem prostoru je od 65 do 70 % poljske kapacitete, vlažnost zraka pa od 70 do 75 % relativne vlage. Prevelika vlaga v prostoru povzroča širjenje bolezni (gnitje, plesen...). V zavarovanih gojitvenih prostorih je potrebno poskrbeti tudi za ustrezno svetlobo, saj vrtna solata zahteva dobro osvetlitev (boljše zavijanje glav). Osvetlitev prostora naj bo od 2000 do 4000  $\mu\text{mol m}^2/\text{s}$ . Tla morajo biti odcedna, sposobna zadrževati vlago in dobro pognojena. Posevek vrtno solate je potrebno ustrezno oskrbovati v vsem času rasti (zalivanje, dognojevanje, varstvo posevka, okopavanje v primeru sajenja na nepokrita tla...) (Osvald in Kogoj-Osvald, 1999).

### 3 MATERIAL IN METODE

#### 3.1 MATERIAL ZA POSKUS

##### 3.1.1 Substrati

Izbrali smo štiri različne substrate, kateri se pogosto uporabljajo za gojenje sadik in jih lahko kupimo v trgovini. Izbrali smo slovenske in tuje blagovne znamke Neuhaus, Stender, Terra Brill in Valentin. Podatki, ki so podani na embalaži substratov, so podani v prilogi A. V nalogi smo proučevali vpliv potencialnega vnosa esencialnih in neesencialnih kovin iz substratov preko sadik v užitno zrele vrtnine, zato hranilne vrednosti substratov nismo podrobno analizirali.

##### 3.1.2 Testna rastlina

Testna rastlina v nalogi je bila vrtna solata tipa 'batavia' sorte 'Noisette' nizozemske semenarske firme Enza Zaden. Sorta 'Noisette' je pokončno rastoča vrtna solata z nazobčanimi listi in je primerna za spomladansko in jesensko pridelavo. Ne uhaja v cvet, odporna je na rjavenje listnega roba in dobro prenaša transport (Enza Zaden, 2002).

#### 3.2 METODA DELA

##### 3.2.1 Zasnova, oskrba poskusa in odvzem vzorcev

Testirali smo štiri različne rastne substrate, kjer smo v 3 ponovitvah (3 gojitvene plošče s 160 vdolbinami) gojili testno rastlino vrtno solate sorte 'Noisette' (*Lactuca sativa* L.). Setev smo opravili ročno. Sadike smo gojili v rastlinjaku Oddelka za agronomijo od 19. marca 2010 do 29. aprila 2010. Med rastjo smo skrbeli za vzdrževanje vlažnosti (zalivanje) in temperature (ogrevanje oziroma hlajenje rastlinjaka). Varstvo rastlin ni bilo potrebno, saj so bile sadike popolnoma zdrave (Slika 1). Sadike smo konec aprila presadili v plastenjaki Razvojno raziskovalnega centra za proučevanje rasti in razvoja kmetijskih rastlin. Iz vsakega substrata smo odvzeli tudi tri združene vzorce sadik (30sadik/ vzorec) in jih analizirali na vsebnost mikroelementov Zn, Cu, Pb in Cd.

V plastenjaku smo pripravili zemljišče z motokultivatorjem in ga razdelili na 12 parcel dimenzije 1,5 m x 2 m, tako da smo zagotovili tri ponovitve za sadike iz istega substrata. Oznake poskusnih kombinacij so navedene v preglednici 1. Pred sajenjem smo opravili odvzem vzorcev tal na vsaki parceli (Slika 2). Nato smo položili namakalne cevi in gredice prekrili s PE folijo. Na vsaki poskusni parceli smo posadili 30 sadik vrtno solate iz istega substrata v razdalji 25 x 25 cm (Slika 3). Solato smo optimalno zalivali; dognojevanja in varstva rastlin nismo uporabili.



Slika 1: Sadike vrtno solate sorte 'Noisette' v različnih substratih

Preglednica 1: Oznake poskusnih kombinacij poimenovane po substratih v treh ponovitvah

Substrat (oznaka)	Oznaka poskusne kombinacije
Neuhaus (N)	N/I, N/II, N/III*
Stender (S)	S/I, S/II, S/III
Terra Brill (T)	T/I, T/II, T/III
Valentin (V)	V/I, V/II, V/III

\* I, II, III - oznake za tri ponovitve

V sredini junija je vrtna solata dosegla tehnološko zrelost, zato smo 17. 6. 2010 opravili meritve morfoloških parametrov in količine pridelka ter odvzem vzorcev za analize.

Iz vsake poskusne kombinacije parcel smo odbrali po osem tehnološko zrelih glav solate. Pri tem smo se izogibali rastlinam posejanih na robu gredice ter ekstremno velikim in ekstremno majhnim glavam. Izbirali smo rastline, ki so si bile po višini in širini glave čim bolj podobne. Glavo vrtno solate smo odrezali z nožem iz nerjavečega jekla, jo položili na tehtnico in odčitali maso glave (g). Nato smo odstranili tržno nezanimive liste (nagnite, poškodovane, posušene) in ponovno položili na tehtnico ter odčitali maso tržnega dela (g), glavi smo izmerili še višino in širino (cm). Glavo smo nato razrezali na štiri enake dele in odvzeli notranje in primerne zunanje liste, jih prešteli, nato pa dali v papirnato vrečko na katero smo napisali datum vzorčenja, ime in priimek, označbo parcele in laboratorijsko številko. Po vsakem odvzetem vzorcu smo nož sprali z destilirano vodo, ga obrisali z papirnato brisačo in le tako preprečili kontaminacijo med rastlinskimi vzorci. Prav tako smo umili in obrisali ravnilo ter tehtnico. Vzorce rastlin smo posušili v sušilniku pri 40 °C. Suhe vzorce smo stehali in zmleli v mlinu za rastlinske vzorce RETCH ZM100.





Slika 2: Vzorčenje tal na parcelah poskusnih kombinacij v plastenjaku



Slika 3: Posajena vrtna solata sorte 'Noisette' katere sadike so bile pripravljene v substratu Valentin (V/II)

### 3.3 ANALITSKE METODE

#### 3.3.1 Meritev pH tal

Merili smo potencialno kislost v ekstrakciji tal z  $\text{CaCl}_2$ . Ekstrakcijo smo naredili tako, da smo z merilno žlico odmerili 7,5 ml zračno suhega homogeniziranega talnega vzorca in dodali 37,5 ml ekstrakcijske raztopine (razmerje vzorec – ekstrakcijska raztopina = 1 : 5). Suspenzijo smo dobro premešali in pustili stati preko noči. Naslednji dan smo suspenzijo dobro premešali in izmerili pH vrednost z električnim pH metrom (WTW, pH 538) (SIST ISO 10390, 2005).

#### 3.3.2 Meritev vsebnosti Corg., organske snovi in skupnega dušika v tleh

Vsebnost organskega ogljika in skupnega dušika smo merili z elementno analizo na aparatu ELEMENTAR CNS (Variomax) po postopku suhega sežiga (SIST ISO 10694, 1996; SIST ISO 13878, 1999). V žarilno posodo smo zatehtali 0,3 g homogeniziranega vzorca tal. Na analitskem aparatu smo vnesli zatehte za vse vzorce v seriji in sprožili postopek avtomatske meritve. Meritev obeh elementov temelji na principu suhega sežiga pri temperaturi 900 °C in meritvi količine ogljika in dušika v plinasti fazi. Oba elementa podajamo v utežnih %, organsko snov smo preračunali iz organskega ogljika po sledeči formuli:

$$\text{Org. sn.(\%)} = \text{Corg (\%)} \times 1,742 \quad \dots(1)$$

#### 3.3.3 Meritev rastlinam dostopnega P in K (AL) v tleh

Izmenljiva, "rastlinam dostopna" fosfor in kalij smo ekstrahirali z amon-laktatno raztopino. Fosfor smo merili spektrofotometrično (Perkin Elmer, Lambda 2), kalij pa s plamensko fotometrijo (FLAPO 40) (ÖNORM L 1087, 1993).

#### 3.3.4 Vsebnost nitrata v rastlinskih vzorcih

Stehtali smo 2 g zmletega, zračno suhega vzorca, prelili z 100 ml vode in dali za 30 min na stresalnik. Prefiltrirali (filter papir), prvih 15-20 ml filtra smo zavrgli in nato izvedli meritve nitrata. Določali smo z reflektometrično določitvijo (bolj natančna), poleg ustreznih lističev potrebujemo za odčitavanje koncentracije tudi reflektometer. Ustrezni listič pomočiš za 1 sekundo v ekstrakcijsko raztopino in streseš, ko reflektometer zapiska, listič vstaviš v režo in počakaš da odšteje potreben čas in odčitaš vrednost ki se prikaže na ekranu.

#### 3.3.5 Meritev Cd, Cu, Pb in Zn v substratih, tleh, sadikah in glavah solate

Vsebnost kovin smo merili po kislinskem razklopu v zaprtem mikrovalovnem sistemu CEM (MARS Xpress). Vsebnost Cd, Cu, Pb in Zn smo merili s plamensko tehniko



atomske absorpcijske spektroskopije na aparatu AA 240 FS, Varian in podali rezultate v mg/kg zračno suhega vzorca (SIST ISO 11047, 1999).

### 3.4 MORFOLOŠKI PARAMETRI RASTLIN

Testna rastlina je po mesecu in pol rasti na poskusnih parcelah v plastenjaku dosegla primerno razvite glave za izvedbo vzorčenja rastlinskih vzorcev. Na vsaki testni parceli smo odvzeli po 8 rastlin, jih stehali, odstranili poškodovane liste in stehali maso tržnega dela. Izmerili smo tudi višino in širino glav solate ter prešteli notranje in zunanje liste, ki so primerni za nadaljnje laboratorijske analize.

### 3.5 OBDELAVA PODATKOV

Podate meritev in kemijskih analiz smo vnesli in uredili v računalniškem programu MS Excel. Pripravili smo preglednice, iz ponovitev smo izračunali povprečne vrednosti, izbrane podatke smo grafično prikazali. Iz razmerja koncentracij kovin v rastnih substratih, v listih sadik, iz tal v rastlinjaku in nadzemnih delih vrtno solate smo izračunali bioakumulacijske faktorje (BAF Cu, BAF Zn, BAF Cd, BAF Pb). Izračunali smo tri količnike med koncentracijami elementov in sicer:

- iz substrata v nadzemni del sadike (BAF sadika/substrat);
- iz tal v nadzemni del tehnološko zrele solate (BAF solata/tla);
- iz sadike v tehnološko zrelo solato (BAF solata/sadika).

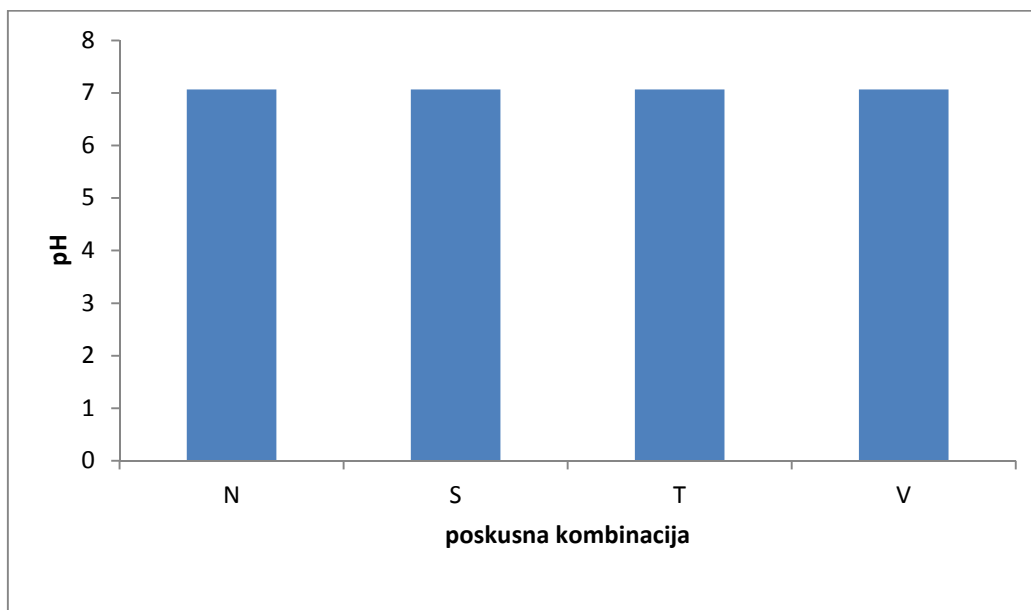
## 4 REZULTATI

### 4.1 MERITVE TALNIH VZORCEV

Rezultati meritev v vzorcih tal iz parcel vseh poskusnih kombinacij kažejo na določeno heterogenost poskusnega polja v plastenjaku. Razlike med posameznimi obravnavanji so majhne, razen nekaj izjem, ki so lahko posledica neizogibnih napak pri vzorčenju zaradi antropogeno heterogenih tal, kjer že več let potekajo poskusi z rastlinami. Takšen primer je vsebnost rastlinam dostopnega fosforja na parceli N/III. Rezultati vseh meritev v ponovitvah so prikazani v preglednici v prilogi B. V nadaljevanju grafično prikazujemo povprečja treh meritev, kjer oznake poskusnih kombinacij pomenijo, da so bile uporabljene sadike sledečih substratov: N – Neuhaus, S - Stender, T – Terra Brill in V – Valentin.

#### 4.1.1 Povprečna pH vrednost tal

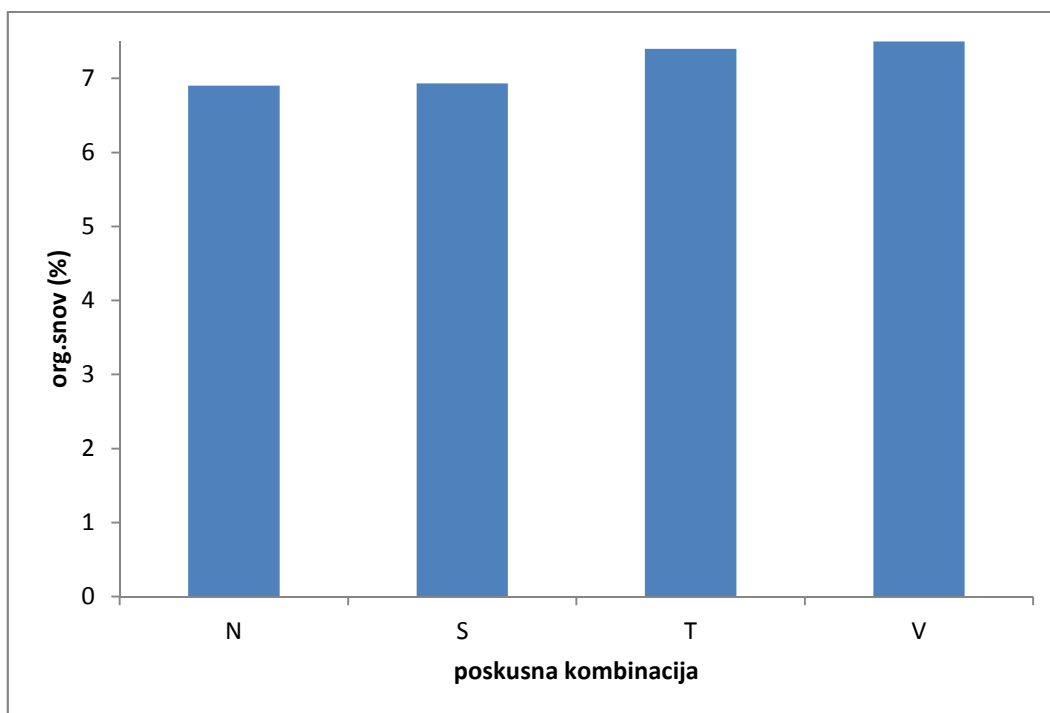
Povprečna potencialna kislost (pH v  $\text{CaCl}_2$ ) posameznih poskusnih parcel je izenačena in je 7,07 (Slika 4).



Slika 4: Povprečje pH poskusnih parcel

#### 4.1.2 Povprečna organska snov tal

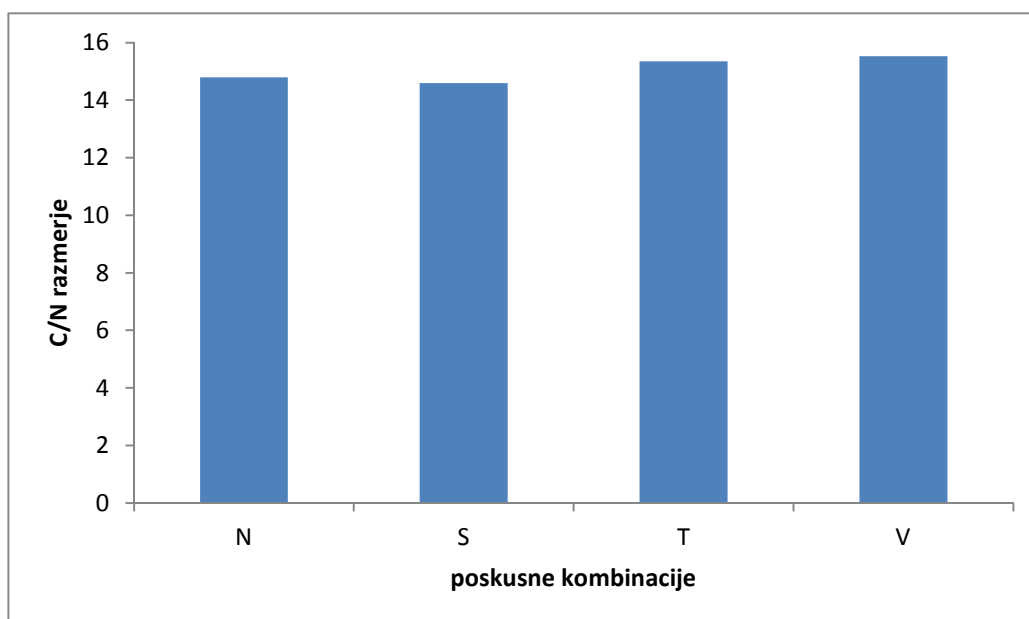
Slika 5 prikazuje povprečne vsebnosti organske snovi. Največja vsebnost je na parceli poskusnih kombinaciji V in sicer povprečno 7,50%; najmanjša vsebnost pa pri poskusni kombinaciji N in sicer 6,90%.



Slika 5: Povprečne vrednosti organske snovi v poskusnih kombinacijah parcel

#### 4.1.3 C/N razmerje tal

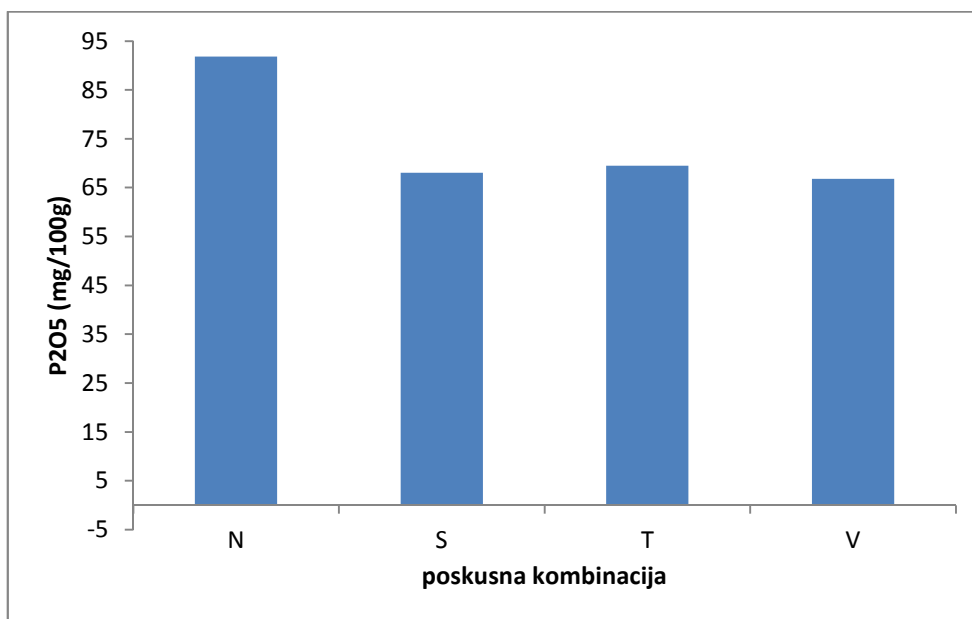
Na sliki 6 je prikazano C/N razmerje, ki predstavlja količnik med vsebnostjo organskega ogljika in dušika. Največje C/N ima poskusna kombinacija V v vrednosti 15,5, nekoliko manjšo ima poskusna kombinacija N v vrednosti 14,8. Najmanjšo vrednost C/N razmerje pa ima poskusna kombinacija S in sicer 14,6.



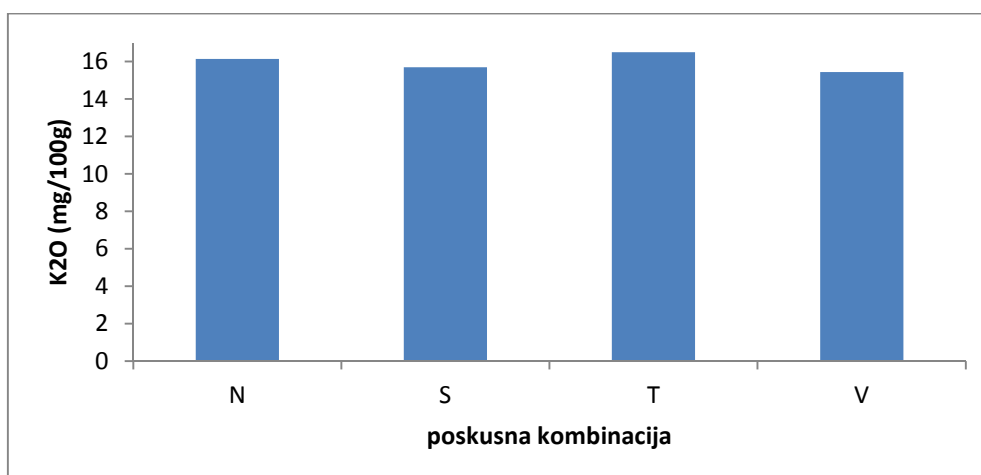
Slika 6: Povprečne vrednosti C/N razmerja v poskusnih kombinacijah parcel

#### 4.1.4 Vsebnost rastlinam dostopnega fosforja in kalija

Na sliki 7 in 8 so prikazane povprečne vrednosti rastlinam dostopnega fosforja in kalija. Največjo vsebnost fosforja ima poskusna kombinacija N (91,83 mg/ 100 g tal) najmanjšo pa poskusna kombinacija V (66,77 mg/ 100 g tal). Povprečna vsebnost fosforja v poskusni kombinaciji N odstopa od ostalih povprečnih vrednosti zaradi visokega rezultata meritve pri tretji ponovitvi N/III (Priloga B). Pri vsebnosti kalija razlike niso tako velike, najbolj izstopa poskusna kombinacija T z vrednostjo 16,50 mg/100 g100g. Najmanjšo vrednost kalija smo izmerili pri poskusni kombinaciji V, ki znaša 15,43 mg/ 100 g.



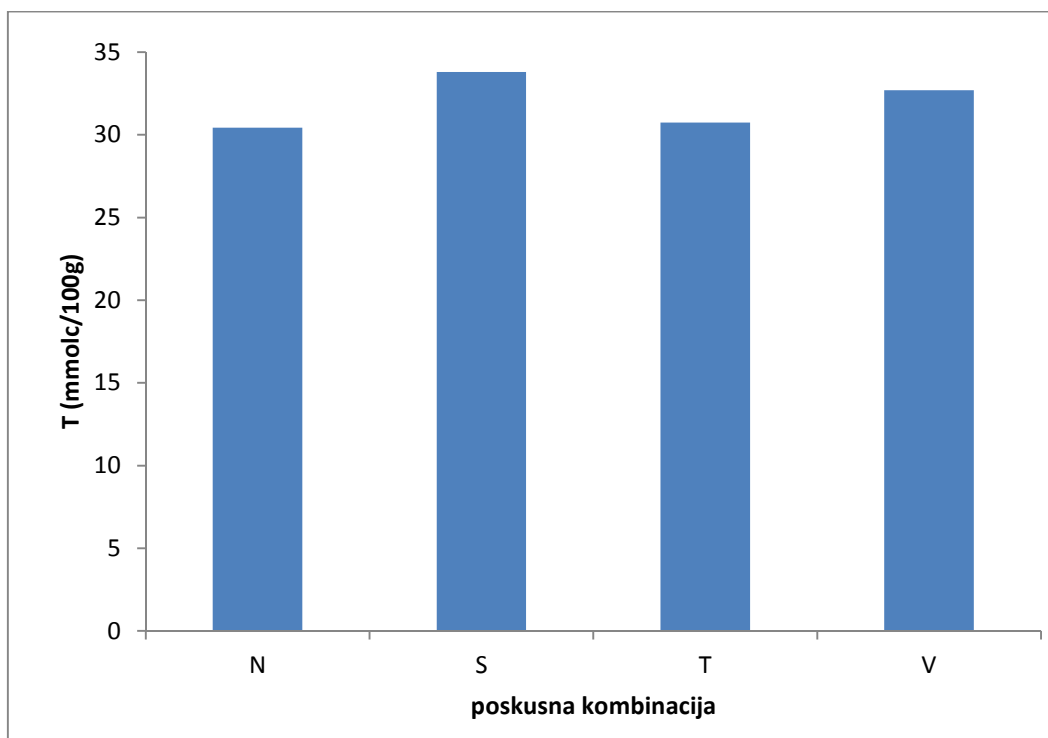
Slika 7: Povprečne vrednosti P2O5 v poskusnih kombinacijah



Slika 8: Povprečne vrednosti K<sub>2</sub>O v poskusnih kombinacijah

#### 4.1.5 Kationska izmenjalna kapaciteta tal

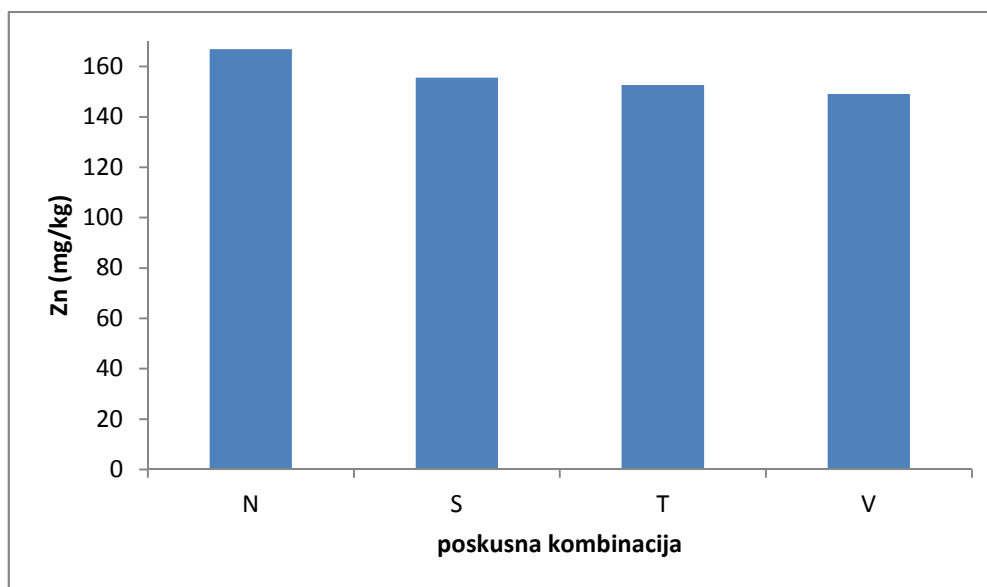
Kationska izmenjalna kapaciteta prikazana na sliki 9 in predstavlja količino izmenljivih kationov na enoto tal. Razlike med obravnavanji niso velike, največja povprečna vrednost je bila pri poskusni kombinaciji S (33,80 mmol<sub>c</sub>/ 100 g ); malo manjša (32,7 mmol<sub>c</sub>/ 100 g) pri kombinaciji V in najmanjša pri poskusni kombinaciji N in sicer v vrednosti 30,43 mmol<sub>c</sub>/ 100 g.



Slika 9: Povprečna kationska izmenjalna kapaciteta v poskusnih kombinacijah

#### 4.1.6 Vsebnost Zn v tleh

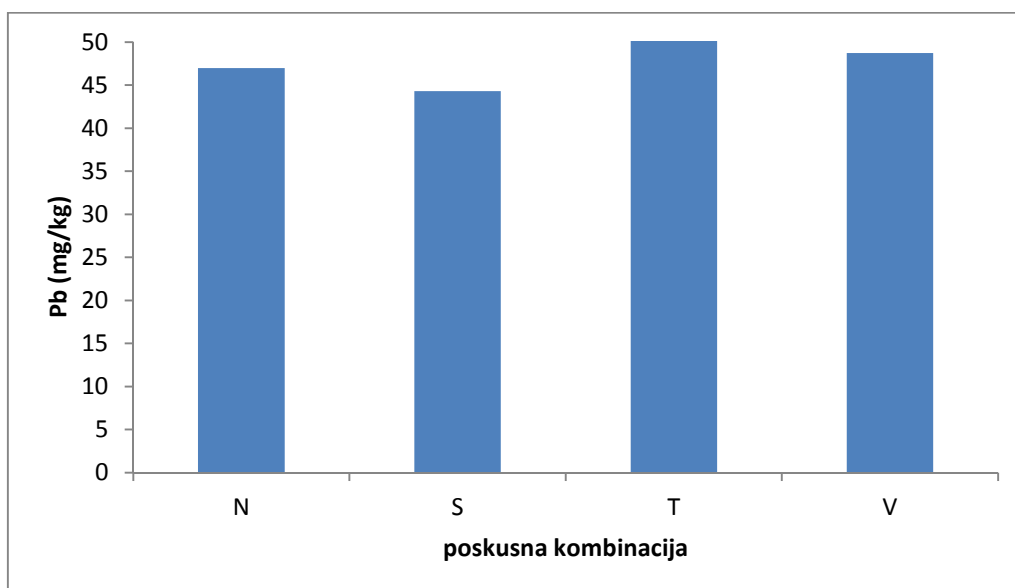
Slika 10 nam prikazuje vsebnost Zn v tleh. Največja povprečna vsebnost Zn je bila izmerjena v poskusni kombinaciji N, v vrednosti 166,88 mg/ kg. Najmanj Zn je vseboval vzorec poskusne kombinacije V in sicer 149,14 mg/ kg.



Slika 10: Povprečne vrednosti Zn v poskusnih kombinacijah

#### 4.1.7 Vsebnost Pb v tleh

Vsebnost Pb je bila največja v poskusni kombinaciji T, višina vrednosti je 52,39 mg/ kg. Najmanjša vrednost je v poskusni kombinaciji S v vrednosti 44,29. Prikaz povprečne vsebnosti je na sliki 11.



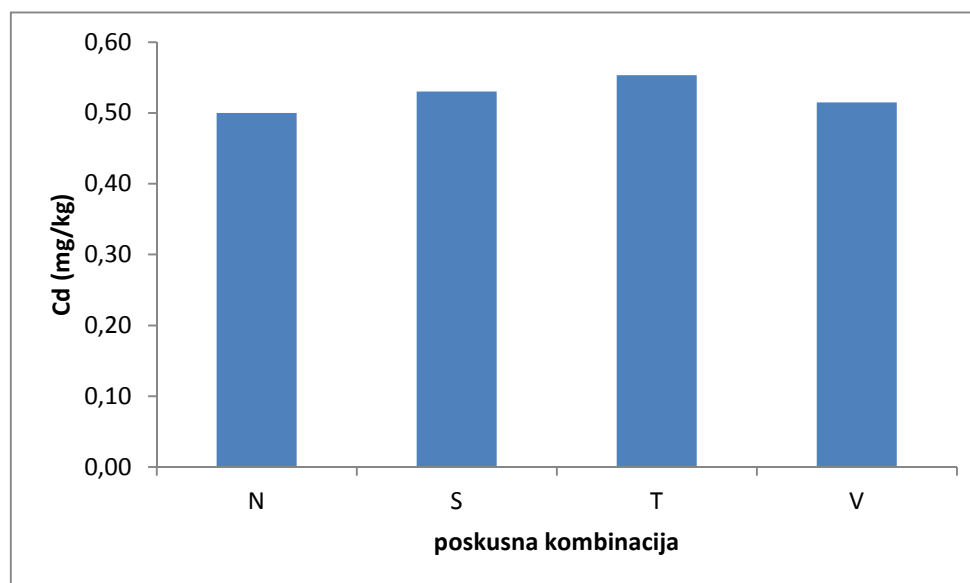
Slika 11: Povprečne vrednosti Pb v poskusnih kombinacijah

#### 4.1.8 Vsebnost Cd v tleh

Vrednosti Cd v tleh poskusnih kombinacij so bile zelo majhne. V poskusnih kombinacijah N, S, in V so bile pri nekaterih ponovitvah tudi pod mejo detekcije uporabljene metode ( $LOD < 0,50$  mg/kg), zato smo povprečje izračunali z upoštevanjem polovične vrednosti spodnje meje detekcije ( $LOD/2$ ) (Sand in Beker, 2012). Podatki meritev vseh ponovitev so prikazani v prilogi B; tabelarni prikaz izračuna povprečij z upoštevanjem polovične vrednosti LOD je prikazan v preglednici 2 in grafični prikaz povprečnih vrednosti je na sliki 12.

Preglednica 2: Izračun povprečnih vrednosti za vsebnost Cd v tleh v mg/kg s.s. poskusnih kombinacij, kjer smo  $<LOD$  ( $<0,50$ ) nadomestili z  $LOD/2$  (0,25)

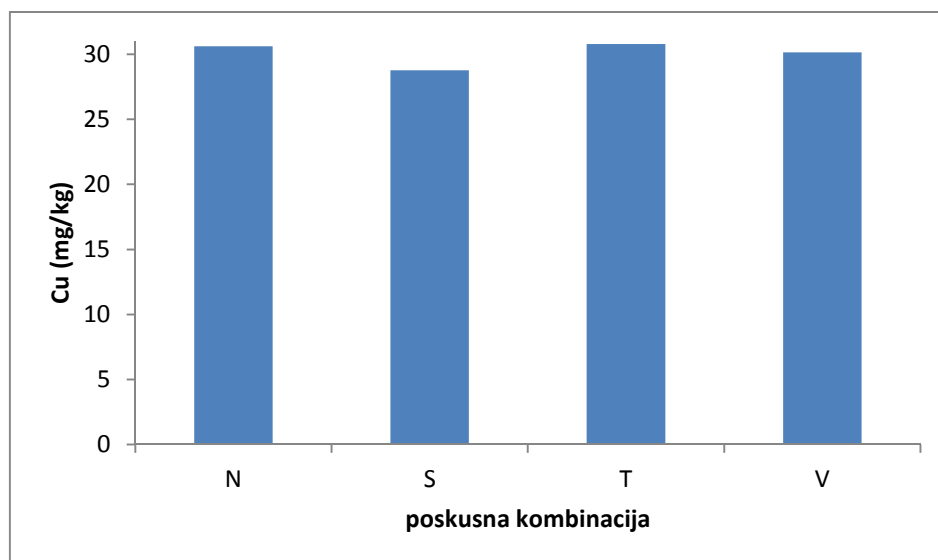
Ponovitev	NEUHAUS	STENDER	TERRA BRILL	VALENTIN
1	0,25	0,25	0,53	0,25
2	0,25	0,53	0,53	0,53
3	0,50	0,25	0,60	0,50
<b>povprečje</b>	<b>0,33</b>	<b>0,34</b>	<b>0,55</b>	<b>0,43</b>



Slika 12: Povprečne vrednosti Cd v poskusnih kombinacijah

#### 4.1.9 Vsebnost Cu v tleh

Pri vsebnostih Cu v tleh na sliki 13 ni večjih odstopanj med poskusnimi kombinacijami N,T in V, malo manjše vrednosti se pojavijo v poskusni kombinaciji S (28,78 mg/kg).



Slika 13: Povprečne vrednosti Cu v poskusnih kombinacijah

#### 4.1.10 Vsebnost kovin v tleh in rastnih substratih

V preglednici 3 je primerjava povprečnih vsebnosti kovin v tleh s povprečno vsebnostjo kovin v substratih, kjer smo gojili sadike.

Preglednica 3: Primerjava vsebnosti kovin v tleh in rastnih substratih

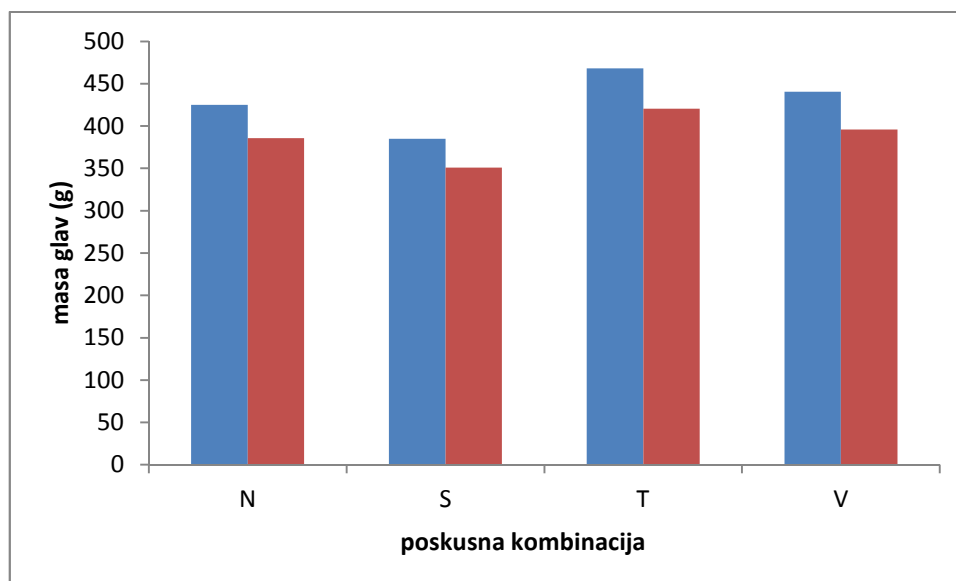
KOVINA	VZOREC	NEUHAUS (mg/kg)	STENDER (mg/kg)	TERRA BRILL (mg/kg)	VALENTIN (mg/kg)
Cu	tla	30,63	28,78	30,8	30,16
	substrat	13,53	22,25	3,58	36,11
Zn	tla	166,88	155,62	152,67	149,14
	substrat	15,60	20,66	16,80	100,15
Pb	tla	46,95	44,29	52,39	48,73
	substrat	14,08	16,69	19,52	19,51
Cd	tla	0,33	0,34	0,55	0,43
	substrat	0,45	0,54	0,91	0,61

## 4.2 MERITVE RASTLIN

### 4.2.1 Povprečne vrednosti morfoloških rastnih parametrov

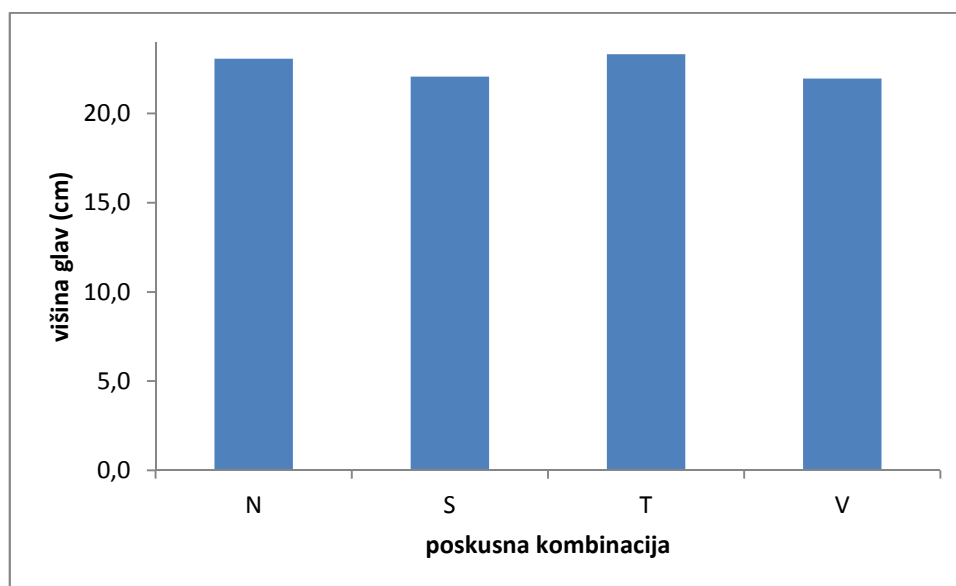
Meritve mase cele rastline in mase tržnega dela rastlin, ki smo jih opravili na tehnološko zrelih rastlinah so prikazane na sliki 14. Vrednosti predstavljajo povprečja 8 izmerjenih rastlin, ki smo jih vzeli iz posamezne ponovitve, tako smo imeli iz vsakega obravnavanja 24 rastlin. Iz slike 14 je razvidno, da ni bilo večjih razlik med obravnavanji glede mase cele rastline in mase tržnega dela.





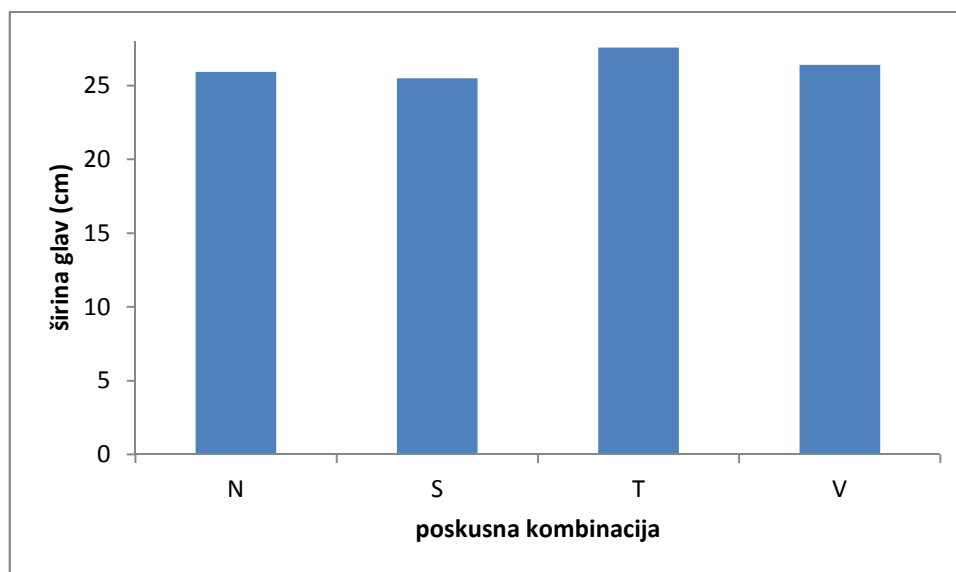
Slika 14: Masa glav in masa tržnega dela testne rastline po poskusnih kombinacijah parcel

Na sliki 15 je prikazana povprečna višina osmih glav (v cm) po poskusnih kombinacijah parcel. Vizualno razlik v višini vrtnice solate med poskusnimi kombinacijami nismo opazili, meritve so pokazale minimalne razlike: N(23,1 cm) in T(23,3 cm) sta v povprečju malo višji od kombinacij S (22,1 cm) in V (22,0 cm).



Slika 15: Povprečna višina nadzemnega dela rastline po poskusnih kombinacijah

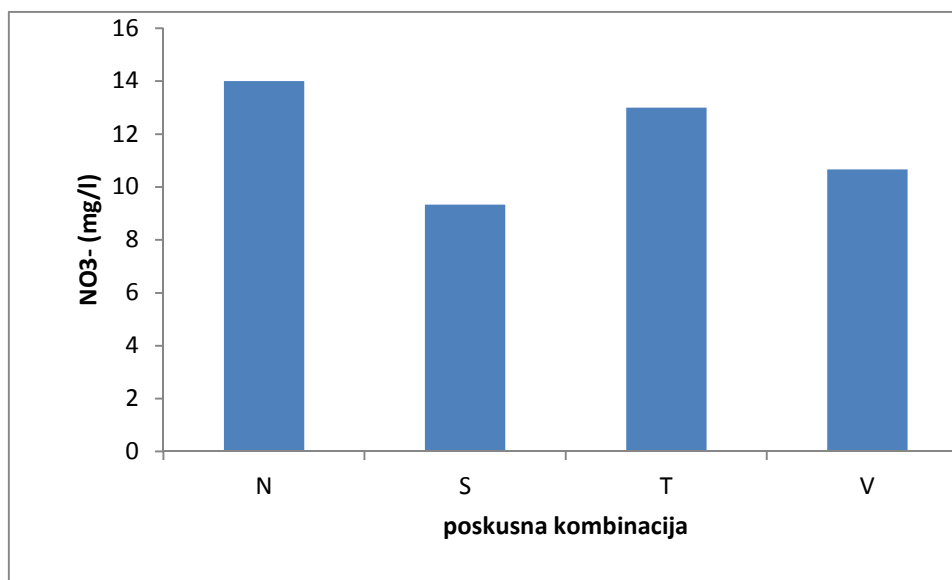
Na sliki 16 so prikazani rezultati meritev širine glav vrtnice solate. Poskusna kombinacija T (27,6 cm) je malo širša od kombinacije V (26,4 cm), pri kombinaciji N (25,9 cm) in S (25,5 cm) ni večjih odstopanj.



Slika 16: Povprečna širina glav vrtno solate po poskusnih kombinacijah parcel

#### 4.2.2 Vsebnost nitrata v pridelku solate

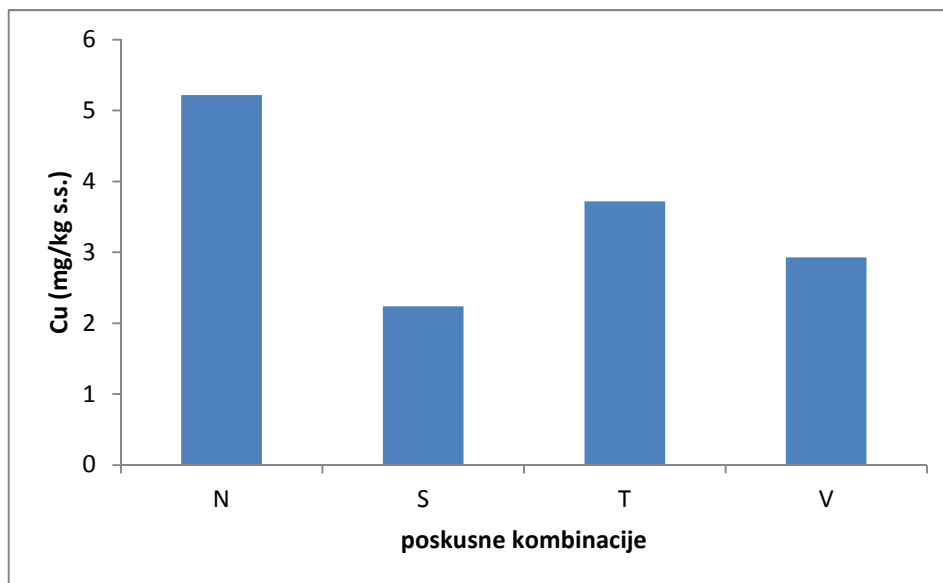
Največja povprečna vsebnost nitrata v vrtni solati je bila pri poskusni kombinaciji T (26,98 mg/ kg sveže mase), malo pod njim je vsebnost nitrata v rastlinah, ki je zrasla iz sadik gojenih v substratu Valentin (24,17 mg/kg sveže mase), sledi poskusna kombinacija N (22,48 mg/ kg sveže mase). Najmanjša povprečna vsebnost nitrata je v poskusni kombinaciji S in sicer 19,83 mg/kg sveže mase (slika 17).



Slika 17: Povprečne vsebnosti nitrata v tehnološko zreli solati

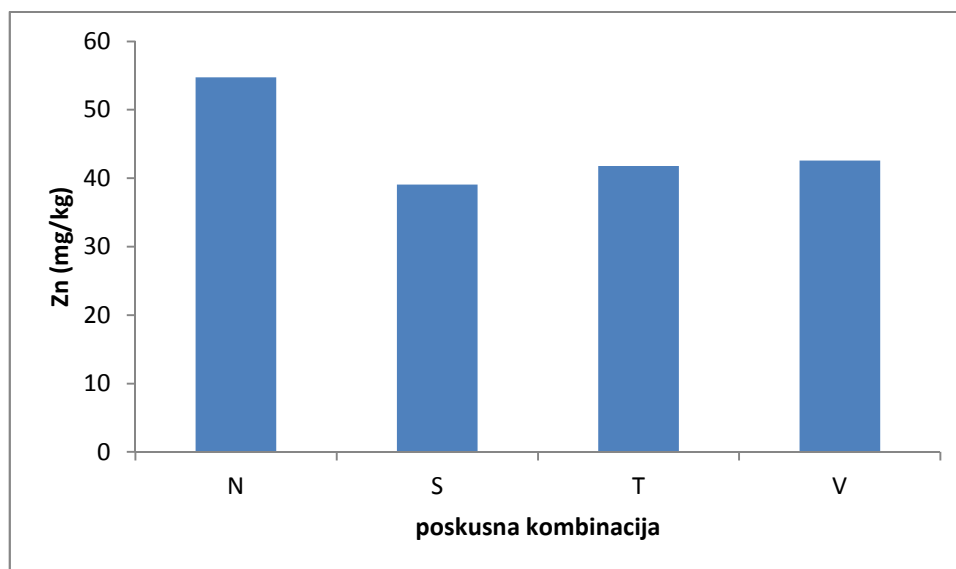
#### 4.2.3 Vsebnost Cu, Zn, Cd in Pb v pridelku vrtno solate

V listih rastlin v tehnološki zrelosti so bile koncentracije Cd in Pb pod mejo detekcije uporabljene metode; meritev Cu pa smo lahko naredili le v dveh razklopih (Priloga C). Na sliki 18 so prikazane povprečne vsebnosti Cu izračunane iz dveh meritev; razlike med poskusnimi kombinacijami niso velike, nekoliko odstopajo vrednosti vrtno solate pridelane iz sadik gojenih v substratu N.



Slika 18: Povprečna vrednost Cu v rastlinah po poskusnih kombinacijah

Na sliki 19 lahko vidimo, da ima poskusna kombinacija N (54,73 mg/kg) tudi pri vsebnosti Zn najvišje vrednosti. Vsebnosti Zn v rastlinah so pri vseh poskusnih kombinacijah večje kot vsebnosti Cu (Priloga C).



Slika 19: Povprečne vrednosti Zn v rastlinah po poskusnih kombinacijah

V preglednici 4 je primerjava povprečnih vrednostih kovin v vrtni solati in njenih sadikah gojenih v različnih rastnih substratih.

Preglednica 4: Primerjava povprečnih vsebnosti kovin v rastlinah tehnološko zrele vrtno solate in njenih sadikah, ki so bile gojene v različnih substratih

KOVINA	VZOREC	NEUHAUS	STENDER	TERRA BRILL	VALENTIN
Cu	rastline	5,22	2,24	3,72	2,93
	sadike	2,33	0,50	0,50	0,50
Cd	rastline	0,62	0,40	0,40	0,40
	sadike	0,40	0,40	0,40	0,40
Zn	rastline	54,73	39,09	41,81	42,56
	sadike	34,68	39,76	48,73	106,10
Pb	rastline	2,50	2,50	2,50	2,50
	sadike	7,72	8,80	8,13	7,41

#### 4.2.4 Bioakumulacijski faktorji (BAF)

V preglednici 5 so prikazani združeni podatki za vsebnost kovin Zn, Cu, Cd in Pb v substratu, kjer smo gojili sadike in tleh kjer smo do tehnološke zrelosti gojili vrtno solato ter koncentracije kovin v sadikah in tehnološko zreli vrtni solati. V preglednici 5 so podani tudi različni bioakumulacijski faktorji (BAF) za sadike oziroma tehnološko zrelo vrtno solato glede na koncentracijo kovin v substratu in tleh. V kolikor je vrednost BAF večja od 1, pomeni da prihaja do akumulacije kovine v sadikah oziroma tehnološko zreli vrtni solati glede na koncentracijo v substratu oziroma v tleh, kjer smo gojili rastline. Izračunani so tudi BAF za tehnološko zrelo vrtno solato glede na koncentracijo kovin v sadikah.

Preglednica 5: Koncentracija in bioakumulacijski faktorji (BAF) za Zn, Cu, Cd in Pb v sadikah vrtno solate oziroma njenem tehnološko zrelem pridelku.

Kovina	Substrati	substrat mg/kg s.s.	tla mg/kg s.s.	sadika mg/kg s.s.	solata mg/kg s.s.	BAF sadika/substrat	BAF solata/tla	BAF solata/sadika
<b>Cu</b>	Neuhaus	13,53	30,63	2,33	5,22	0,172	0,170	2,238
	Stender	22,25	28,78	0,50	2,24	0,022	0,078	4,480
	Terra Brill	3,58	30,80	0,50	3,72	0,140	0,121	7,440
	Valentin	36,11	30,16	0,50	2,93	0,014	0,097	5,860
	povprečje	18,87	30,09	0,96	3,53	0,087	0,117	5,005
<b>Zn</b>	Neuhaus	15,60	166,88	34,70	54,70	2,281	0,328	1,576
	Stender	20,70	155,62	39,80	39,10	1,956	0,252	0,982
	Terra Brill	16,80	152,67	48,73	41,81	3,526	0,274	0,858
	Valentin	100,20	149,14	106,10	42,60	0,895	0,286	0,402
	povprečje	38,33	156,08	57,33	44,55	2,165	0,285	0,955
<b>Cd</b>	Neuhaus	0,45	0,33	0,40	0,62	0,889	1,879	1,550
	Stender	0,54	0,34	0,40	0,40	0,741	1,176	1,000
	Terra Brill	0,91	0,55	0,40	0,40	0,440	0,727	1,000
	Valentin	0,61	0,43	0,40	0,40	0,656	0,930	1,000
	povprečje	0,63	0,41	0,40	0,46	0,681	1,178	1,138
<b>Pb</b>	Neuhaus	14,08	46,95	7,72	2,50	0,548	0,053	0,324
	Stender	16,69	44,29	8,80	2,50	0,527	0,056	0,284
	Terra Brill	19,52	52,39	8,13	2,50	0,416	0,048	0,308
	Valentin	19,51	48,73	7,41	2,50	0,380	0,051	0,337
	povprečje	17,45	48,09	8,02	2,50	0,468	0,052	0,313

0,50 ⇒ vrednosti so pod mejo detekcije, za izračun smo uporabili polovično vrednost meje detekcije (Sand in Becker, 2012)

## 5 RAZPRAVA IN SKLEPI

### 5.1 RAZPRAVA

Tla v plastenjaku, kjer smo gojili vrtno solato do tehnološke zrelosti naj bi bila čim bolj homogena. Poskusne parcele smo razporedili po naključnem razporedu v eni liniji na zahodni strani plastenjaka. Za vse poskusne kombinacije smo uporabili enak postopek priprave tal, pred presajanjem sadik smo ločeno odvzeli vzorec tal vsake poskusne kombinacije (Slika 2). Razlike v vsebnosti merjenih pedoloških parametrov med obravnavanji so bile majhne in zaradi naključnega izbora pozicij posameznih obravnavanj te razlike niso bile sistematične.

Poskusne kombinacije se glede na pH vrednost ne razlikujejo. Povprečna vrednost vseh poskusnih kombinacij je bila 7,07, kar pomeni, da so tla nevtralna. Za večino rastlinskih vrst je najugodnejši pH od 6,0 do 7,0 oziroma v organskih tleh od 5,5 – 6,0 (Suhadolc in sod., 2007). Za vrtno solato največkrat navajajo najbolj ugodno območje pH vrednosti od 6,8 – 6,0, vendar zelenjadnice običajno uspešno rastejo tudi v zmerno alkalnem (do pH 7,6), če ne primanjkuje osnovnih elementov (Mihelič in sod., 2010).

Največjo povprečno vsebnost organske snovi (%) sta imeli kombinaciji V in T (7,5 % in 7,4%). Malo manjše vrednosti sta imeli kombinaciji S in T (6,93 in 6,9%). Vse poskusne kombinacije parcel pa uvrstimo v razred 4-8 %, kar za kmetijska tla pomeni, da so močno humozna (Blume 1992, cit. po Mihelič in sod. 2010). Poleg skupne vsebnosti organske snovi je pomembna tudi stopnja razgradnje organske snovi v tleh, stabilna oblika humusa ima C/N razmerje okoli 10 (Suhadolc in sod., 2007). Razmerje C/N na parcelah poskusnih kombinacij je bilo med 14,6 in 15,5, kar pomeni, da je bila stopnja razgradnje organske snovi v letu 2010 zadovoljiva.

Za rast in razvoj rastlin je zelo pomembna založenost tal s rastlinam dostopnim fosforjem in kalijem. Večina zelenjadnic za normalen razvoj potrebuje več kalija kot fosforja, najpogosteje je razmerje med  $K_2O$  in  $P_2O_5$  je med 2 in 4 (Mihelič in sod., 2010). Zaradi uporabe gnojil z neustreznim razmerjem, so tla kjer pretežno gojimo vrtnine, prekomerno založena s fosforjem. Podobno je v tleh, kjer smo gojili solato, saj je vsebnost fosforja med 60 in 70 mg  $P_2O_5/100g$  tal. Izjema je poskusna parcela, kjer smo gojili sadike vrtno solate gojene v substratu N/III, kjer smo izmerili 148,9 mg  $P_2O_5/100 g$  tal. To je lahko posledica neizogibnih napak pri vzorčenju zaradi antropogeno heterogenih tal, kjer že več let potekajo poskusi z vrtninami. Za vse parcele naših poskusnih kombinacij velja, da je založenost tal s fosforjem po AL metodi ekstremna – razred E  $>40$  mg  $P_2O_5/100 g$  tal (Suhadolc in sod., 2007). Vsebnost rastlinam dostopnega kalija je manjša in znaša od 15,4 do 16,5 mg  $K_2O/100 g$  tal, kar pomeni razred B (10-19 mg  $K_2O/100g$  tal) - srednje preskrbljeno (Suhadolc in sod., 2007).

Kationska izmenjalna kapaciteta tal je količino izmenljivih kationov na enoto tal in jo izražamo v  $\text{mmol}_c/100 \text{ g}$  ali  $\text{mmol}^+/100 \text{ g}$ . Izmenljive katione predstavljajo v večini primerov bazični kovinski kationi ( $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{K}^+$  in  $\text{Na}^+$ ) in kislina kationa  $\text{H}^+$  in  $\text{Al}^{3+}$  (Suhadolc in sod., 2007). Kationska izmenjalna kapaciteta poskusnih parcel je od  $30,43 \text{ mmol}_c/100 \text{ g}$  do  $33,80 \text{ mmol}_c/100 \text{ g}$ , kar pomeni srednjo do dobro kapaciteto (Suhadolc in sod., 2007). Pomembno je tudi razmerje med bazičnimi in kislimi kationi na sorptivnem delu tal, ki ga podajamo z V vrednostjo. Vse parcele poskusnih kombinacij so imele delež bazičnih kationov večji od 50%, kar označujemo kot evtrična tla (Suhadolc in sod., 2007).

Največjo vrednost Zn smo izmerili v poskusni kombinaciji parcel N in sicer  $166,88 \text{ mg/kg}$ , malo manjšo ima kombinacija S  $155,62 \text{ mg/kg}$ , najmanjšo pa V in sicer  $149,15 \text{ mg/kg}$ . Po Uredbi o mejnih, opozorilnih in kritičnih imsijskih vrednostih nevarnih snovi v tleh (1996) je mejna vrednost Zn izmerjenega po razklopu z zlatotopko  $200 \text{ mg/kg}$  tal. V našem primeru ta vrednost ni bila presežena na nobeni parceli poskusnih kombinacij.

Povprečne vsebnosti Cu v poskusnih kombinacijah N ( $30,63 \text{ mg/kg}$ ), T ( $30,80 \text{ mg/kg}$ ) in V ( $30,16 \text{ mg/kg}$ ) se med seboj ne razlikujejo, medtem ko kombinacija S od njih malo odstopa z vrednostjo  $28,78 \text{ mg/kg}$ . Vse koncentracije so manjše od mejne vrednosti  $60 \text{ mg/kg}$  glede na zakonodajo (Uredba..., 1996).

Mejna vrednost za Pb po Uredbi o mejnih vrednostnih v tleh (1996) je  $85 \text{ mg/kg}$ . Nobena od kombinacij poskusnih parcel ne presega te vrednosti. Najvišjo vsebnost smo izmerili v tleh kombinacije T ( $52,39 \text{ mg/kg}$ ), sledi ji kombinacija V z  $48,73 \text{ mg/kg}$ , najmanjšo vrednost pa ima kombinacija S ( $44,29$ ).

Vrednosti Cd naših poskusnih kombinacij parcel so bile vse pod mejno vrednostjo  $1 \text{ mg/kg}$  (Ur. l. RS 96/96). Koncentracije so bile na meji detekcije uporabljene metode ( $\text{LOD} < 0,50 \text{ mg/kg}$ ), zato smo za izračun povprečij in bioakumulacijskih faktorjev (BAF) uporabili polovično vrednost LOD (Sand in Becker, 2012). Rezultati meritev vseh ponovitev so navedeni v prilogi B, preračunane vrednosti po metodi  $\text{LOD}/2$  za meritve  $< \text{LOD}$  pa v Preglednici 2. Omenjen način se nam zdi smiseln, ker tako v celoti ne izgubimo podatkov blizu spodnje meje detekcije. Na enak način smo izračunali oziroma podali tudi vrednosti pod mejo detekcije za Cu in Pb. Tako izračunana povprečja in iz njih BAF so v Preglednici 5 označeni ležeče, saj je rezultat ni kvantitativen.

Testne rastline so po mesecu in pol rasti v rastlinjaku bile primerno velike za odvzem vzorcev. Iz vsake poskusne parcele smo pobrali po 8 rastlin, kise po velikosti niso preveč razlikovale. V primerjavi rezultatov o kakovosti vrtno solate z drugimi rezultati, kjer so v poskusu prav tako uporabili sorto 'Noisette' (Kavčič, 2011) navajajo podatke o povprečni masi cele rastline in sicer  $533 \text{ g}$ . V našem poskusu je bila največja povprečna masa pri kombinaciji T  $467,9 \text{ g}$ . Podali so tudi povprečno maso tržnega dela  $480 \text{ g}$ , v našem

poskusu smo dobili manjše vrednosti. Pri kombinaciji T je bila največja masa 420,3 g najmanjša pa pri kombinaciji N 350,8 g.

Povprečna višina 8 glav po poskusnih kombinacijah parcel je bila najvišja pri T (23,3 cm) malo manjša pa kombinaciji V (22 cm). Prav tako je kombinacija T (27,6 cm) malo izstopala v povprečni širini glav, kombinacija V pa 26,4 cm. N (22 cm) in S (22,1 cm) sta skoraj izenačeni v povprečni višini, prav tako v povprečni širini N (25,9 cm) in S (25,5 cm).

Vsebnost nitrata in potencialno toksičnih kovin Cd in Pb v vrtni solati primerjamo tudi z normativnimi vrednostmi, ki jih predpisuje Uredba Komisije (ES) št. 629/2008 o spremembi Uredbe Komisije (ES) št. 1881/2006 o določitvi mejnih vrednosti nekaterih onesnaževal v živilih (Uredba komisije..., 2008). Za nitrat znaša maksimalna dovoljena koncentracija 3500 mg NO<sub>3</sub>/ kg sveže mase, za kadmij 0,20 mg/ kg sveže mase in za svinec 0,30 mg/ kg sveže mase. Vsebnost nitrata v solati sorte 'Noisette' ni presegla omenjene vrednosti, saj so se povprečne vsebnosti gibale od 19 do 27 mg NO<sub>3</sub>/ kg sveže mase. Povprečna vsebnost Cd v vzorcih solate je bila od 0,017 do 0,018 mg/kg sveže mase, svinca pa od 0,073 do 0,115 mg/ kg sveže mase in prav tako ne presega normativnih vrednosti po Uredbi komisije (ES) (2008).

Bioakumulacijski faktorji (BAF) so primeren način primerjave akumulacije (privzema) kovin kadar imamo različne koncentracijske nivoje. Običajno so koncentracije cinka v tleh največje, bakra in svinca je v neonesnaženih tleh približno enako vendar v povprečju skoraj 3 – 4 krat manj kot cinka. V najnižjih koncentracijah se v neonesnaženih tleh pojavlja kadmij (200 x manjša koncentracija kot cink). Povprečne vsebnosti Zn, Cu, Pb in Cd v zgornji obdelovani plasti tal (0 -20 cm) v Sloveniji so: 115 mg Zn/ kg; 32,2 mg Cu/ kg; 36 mg Pb/ kg in 0,5 mg Cd/ kg (Zupan in sod., 2008).

BAF za štiri proučevane kovine so različni (Preglednica 5). Pričakovano je BAF največji pri esencialnem (nujno potrebnem) elementu cinku, kjer je sprejem dober predvsem v sadike. Akumulacija bakra je večja v odraslih rastlinah kot v sadikah in glede na majhen sprejem v sadike je relativni sprejem v tehnološki zrelosti največji izmed štirih merjenih elementov (Preglednica 5). Pričakovano je manjši sprejem svinca, čeprav je BAF v sadike večji od BAF za baker (Preglednica 5). Sprejem kadmija je večji od sprejema Cu in Pb, pri odraslih rastlinah tudi od cinka, kljub manjši koncentraciji tako v substratu kot zemlji kjer smo gojili rastline. BAF smo izračunali tudi za vrednosti blizu ali pod mejo detekcije, pri čemer smo za izračun uporabili polovico vrednosti spodnje meje detekcije (LOD/2) (Sand in Becker, 2012). Izračun kvantitativno ni natančen, vendar zaradi majhnih vsebnosti Cd in Pb v rastlinah ne bi mogli vključiti teh dveh elementov v primerjavo bioakumulacijskih faktorjev.



## 5.2 SKLEPI

Vrtna solata pridelana iz sadik gojenih v različnih rastnih substratih se med seboj nekoliko razlikuje v meritvah, ki se izvajajo za merjenje tehnološko zrelega pridelka (cela masa glave, masa tržnega dela, višina in širina) in precej manj v rezultatih kemijskih analiz (vsebnost nitrata, analize elementov v sledovih - Zn, Pb, Cd, Cu). Kvantitativno razlike v vsebnosti elementov nismo mogli primerjati, saj so koncentracije Cd v nadzemnih delih sadik in tehnološko zrele solate pod mejo detekcije, enako velja za vsebnost Cd v sadikah in Pb v tehnološko zreli solati.

Masa vrtno solate v tehnološki zrelosti je največja pri rastlinah pridelanih iz sadik gojenih v rastnem substratu Terra Brill. Povprečna masa je znašala znašala 436g. Najmanjša povprečna masa pa je bila pri tehnološko zrelih rastlinah pridelanih iz sadik gojenih v rastnem substratu Stender.

Vrtna solata, ki je zrasla iz sadik gojenih v rastnem substratu Terra Brill, je dala največje vrednosti tudi pri morfoloških parametrih višina in širina glave. Medtem ko so bile najmanjše vrednosti pri vseh parametrih merjenja tehnološko zrelega pridelka pri rastlinah pridelanih iz sadik gojenih v rastnem substratu Stender.

Največja vsebnost nitrata je bila v rastlinah pridelanih iz sadik gojenih v rastnem substratu Terra Brill, povprečna vsebnost znaša 26,98 mg NO<sub>3</sub>/ kg sveže mase. Najmanjša vsebnost nitrata pa je bila v rastlinah pridelanih iz sadik gojenih v rastnem substratu Stender.

Povprečne vsebnosti nitrata in potencialno toksičnih kovin Cd in Pb so bile manjše od zakonodajnih vrednosti glede na Uredbo Komisije (ES) št. 629 (2008) o spremembi določitvi mejnih vrednosti nekaterih onesnaževal v živilih (Uredba komisije..., 2008) in (1996). Uredbo o mejnih, opozorilnih in kritičnih imisijskih vrednostih nevarnih snovi v tleh (1996).

BAF za štiri proučevane kovine so različni. Pričakovano je BAF največji pri esencialnem elementu cinku, kjer je sprejem dober predvsem v sadike. Akumulacija bakra je večja v odraslih rastlinah kot v sadikah in glede na majhen sprejem v sadike je relativni sprejem v tehnološki zrelosti največji izmed štirih merjenih elementov. Pričakovano je manjši sprejem svinca, čeprav je BAF v sadike večji od BAF za baker. Sprejem kadmija je večji od sprejema bakra in svinca, pri tehnološko zreli solati tudi od cinka, kljub manjši koncentraciji tako v substratu kot zemlji kjer smo gojili vrtno solato.

## 6 POVZETEK

Na trgu je na voljo veliko različnih rastnih substratov za uporabo v zelenjadarstvu. Proizvajalci substratnih mešanic poskrbijo za ustrezno sestavo in vsebnost rastlinskih hranil, tako da substrat zagotavlja optimalne razmere za gojenje sadik vrtnin. Sadike na tako pripravljenih rastnih substratih praviloma lepo zrastejo, vendar lahko vsebujejo preveliko količino nevarnih snovi (težke kovine), ki se lahko prenesejo v tehnološko zrelo pridelek vrtnine. Predvsem nas je zanimala vsebnost Cu in Zn, ki sta za rast rastlin esencialna, ter vsebnost Pb in Cd, ki pa za rast rastline nista potrebna. Z analizo tehnološko zrele solate smo ugotovili v kakšni meri omenjeni elementi iz sadike gojene na rastnih substratih prehajajo v tehnološko zrelo solato.

Za testno rastlino smo izbrali solato (*Lactuca sativa* L.) sorte 'Noisette'. Uporabili smo štiri različne substrate: Neuhaus, Stender, Terra Brill in Valentin. Poskus je potekal v rastlinjaku Biotehniške fakultete: 19.3.2010 smo opravili ročno setev v gojitvene plošče, 29.4. smo sadike presadili v zemljo v pokrit prostor; 17.6.2010 je solata dosegla tehnološko zrelost. Tla smo ovrednotili s parametri pH, % org. snovi, KIK, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, K<sub>2</sub>O in večjih odstopanj med poskusnimi obravnavanji nismo zabeležili. Izjema je bila visoka vsebnost dostopnega fosforja na poskusni parceli N/III. V substratih in sadikah ter tleh in tehnološko zreli solati smo določili vsebnost Cd, Cu, Pb in Zn. V solati smo izmerili tudi vsebnost nitrata. Za kovine smo izračunali bioakumulacijske faktorje (BAF) in sicer: iz substrata v nadzemni del sadike (BAF sadika/substrat), iz tal v nadzemni del tehnološko zrele solate (BAF solata/tla) in iz sadike v tehnološko zrelo solato (BAF solata/sadika). Pri tehnološki zrelosti smo izvedli morfološke meritve: teža glave, maso tržnega dela, višino in širino glav. Solata pridelana iz sadik gojenih v različnih rastnih substratih se med seboj nekoliko razlikuje v pridelku (cela masa glave, masa tržnega dela), višini in širini ter precej manj v rezultatih kemijskih analiz (vsebnost nitrata, analize elementov v sledovih - Zn, Pb, Cd, Cu).

Vsebnost nitrata in potencialno toksičnih kovin Cd in Pb v solati primerjamo tudi z normativnimi vrednostmi, ki jih predpisuje Uredba Komisije (ES) št. 629/2008 o spremembi Uredbe Komisije (ES) št. 1881/2006 o določitvi mejnih vrednosti nekaterih onesnaževal v živilih (uredba Komisije..., 2008). Maksimalne dovoljene vsebnosti nitrata (3500 mgNO<sub>3</sub>/kg sveže mase), kadmija (0,20 mg/kg sveže mase) in svinca (0,30 mg/kg sveže mase) ni presegal noben vzorec solate ne glede v katerem substratu smo pripravili sadike.

Bioakumulacijski faktorji (BAF) so primeren način primerjave akumulacije (privzema) kovin kadar imamo različne koncentracijske nivoje. Pričakovano je BAF največji pri esencialnem elementu cinku, kjer je sprejem dober predvsem v sadike solate. Akumulacija bakra je večja v solati kot v sadikah, vendar je velik relativni sprejem v tehnološko zrelo

solato predvsem posledica majhnega sprejema v sadike (<LOD). Pričakovano je manjši sprejem svinca v solato, čeprav je BAF v sadike večji od BAF za baker. Sprejem kadmija je večji od sprejema Cu in Pb, pri solati tudi od cinka, kljub manjši koncentraciji tako v substratu kot zemlji kjer smo gojili solato.

## 7 VIRI

- Debeljak M. 2004. Uporaba odpadnih snovi v rastnih substratih kot nadomestek šote. Diplomsko delo. Ljubljana, Biotehniška fakulteta, Oddelek za agronomijo: 77 str.
- Enza Zaden. Kvaliteta z okusom (katalog semen). 2002. Ljubljana, Zeleni Hit d.o.o.: 18 str.
- Istenič B. 2005. Sprejem cinka iz onesnaženih tal MO Celje v izbrane rastline. Diplomsko delo. Ljubljana, Biotehniška fakulteta, Oddelek za agronomijo: 46 str.
- Kavčič O. 2011. Gojenje mehkolistne in krhkolistne solate (*Lactuca sativa* L.) v zavarovanem prostoru. Diplomsko delo. Ljubljana, Biotehniška fakulteta, Oddelek za agronomijo: 38 str.
- Leštan D. 2002. Študijsko gradivo za študente opredelilnega izbirnega predmeta študija Ekopedologije. Ljubljana, Biotehniška fakulteta, Oddelek za agronomijo: 267 str.
- Lešić R., Borošić J., Buturac I., Herak-Čustić M., Pljak M., Romić D. 2004. Povračarstvo. Zagreb, Zrinski d.d., založba Čakovec: 655 str.
- Mihelič R., Andoljšek L., Leskošek M., Lobnik F. Uporaba biogenih odpadkov v kmetijstvu: Stanje v Sloveniji in perspektive. Gospodarjenje z odpadki, 38:8-14.
- Mihelič R., Čop J., Jakše M., Štampar F., Majer D., Tojnko S., Vršič S. 2010. Smernice za strokovno utemeljeno gnojenje. Ljubljana: Ministrstvo za kmetijstvo, gozdarstvo in prehrano: 182 str.
- Osterc G. 2010. Študijsko gradivo za predavanja pri predmetu okrasne rastline. Ljubljana, Biotehniška fakulteta, Oddelek za agronomijo: 53 str.
- Osvald J, Kogoj-Osvald M. 1999. Gojenje solate. Šempeter pri Gorici, Oswald d.o.o.: 36 str.
- Osvald J., Kogoj-Osvald M. 2005. Vrtnarstvo: Splošno vrtnarstvo in zelenjadarstvo. Ljubljana, univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za agronomijo: 591 str.
- ÖNORM L 1087. 1993. Chemical analysis of soils – Determination of plant- available phosphate and potassium by calcium- acetate-lactate: 4 str.
- Sand W., Becker S. 2012. Assessment of dietary cadmium exposure in Sweden and population health concern including scenario analysis. Food and Chemical Toxicology, 50:536-544
- Suhadolc M., Ruprecht J., Zupan M. 2007. Študijsko gradivo za vaje pri predmetu nau o tleh. Ljubljana, Biotehniška fakulteta, Oddelek za agronomijo: 56 str.
- SIST ISO 10390. 2005. Kakovost tal- Ugotavljanje pH: 10 str.
- SIST ISO 10694. 1996. Kakovost tal- Ugotavljanje organskega in skupnega ogljika po suhem sežigu (elementna analiza): 5 str.
- SIST ISO 13878. 1999. Kakovost tal- Določevanje skupnega dušika po suhem sežigu (elementna analiza): 5 str.

- SIST ISO 11047. 1999. Kakovost tal- Določevanje kadmija, kroma, kobalta, bakra, svinca, mangana, niklja in cinka – Metoda plamenske in elektrotermične atomske absorpcijske spektrometrije: 18 str.
- Uredba o mejnih, opozorilnih in kritičnih imisijskih vrednostih nevarnih snovi v tleh. Ur.l. RS št. 68/96
- Uredba Komisije (ES) št. 629/2008 o spremembi Uredbe Komisije (ES) št. 1881/2006 o določitvi mejnih vrednosti nekaterih onesnaževal v živilih. Uradni list Evropske unije, L 173: 6-9
- Ugrinovič K. 2000. Pridelovanje solate. *Sodobno kmetijstvo*, 33,5: 227-229
- Vodnik D. 2012. Osnove fiziologije rastlin. Ljubljana, Biotehniška fakulteta, Oddelek za agronomijo: 141 str.
- Zupan M., Grčman H., Lobnik F. 2008. Raziskave onesaženosti tal Slovenije. Ljubljana, Agencija RS za okolje: 63 str.
- Zupan M., Hudnik V., Lobnik F., Grčman H. 1996. Akumulacija kadmija, svinca in cinka v nekaterih kmetijskih. V: 1. Slovenski kongres o hrani in prehrani z mednarodno udeležbo, Bled, 21-25. april 1996. Ljubljana, Društvo živilskih in prehranskih strokovnih delavcev Slovenije: 313-321

## ZAHVALA

Iskreno se zahvaljujem mentorju viš.pred. mag Marku Zupanu za pomoč in brezpogojno požrtvovalnost svojega časa na zaključku dodiplomskega študija,

Zahvala gre tudi doc.dr. Nini Kacjan- Maršić, za nasvete in dopolnila k nalogi.

Za takojšno pomoč pri pregledovanju naloge gre zahvala prof. dr Marijani Jakše in prof. dr. Francu Batiču.

## PRILOGA A

### Vsebnost kovin navedena na embalaži nekaterih substratov

Priloga A 1: Vsebnost kovin v substratu Valentin

Težke kovine	mg/kg suhe snovi
As	< 20
Pb	<10
Cd	<1
Ni	<50
Hg	<1
Co	<50
Cu	<60
Zn	<200
Mo	<10
Cr	<60
PAH(pol ciklični aromatski ogljikovodiki)	<2

Priloga A 2: Vsebnost kovin v substratu Terra Brill

Težke kovine	mg/kg suhe snovi
As	1,5
Pb	15,5
Cd	0,2
Ni	8,0
Hg	0,1
Co	1,0
Cu	14,0
Zn	20,0
Mo	2,5
Cr	5,5
PAH	0,3

Priloga A 3: Vsebnost kovin v substratu Stender

Težke kovine	mg/kg suhe snovi
Mn	190,0
Zn	17,06
Cu	42,3
Pb	13,6
Cd	0,72
Cr	4,3
Ni	8,1
As	1,01
Hg	0,098
Mo	0,088

## PRILOGA B

### Vsebnost kovin v rastnih substratih (razklop z zlatotopko)

#### SUBSTRATI

parameter	enota	ponovitev	NEUHAUS	STENDER	TERRA BRILL	VALENTIN
<b>Cd</b>	mg/kg	1	0,84	1,11	1,49	1,32
		2	<0,50	<0,50	0,98	<0,50
		3	<0,50	<0,50	<0,50	<0,50
		povprečje	0,84	1,11	1,24	1,32
<b>Zn</b>	mg/kg	1	15,49	20,49	18,24	101,62
		2	16,74	23,07	16,16	97,54
		3	14,58	18,41	15,99	101,29
		povprečje	15,60	20,66	16,80	100,15
<b>Pb</b>	mg/kg	1	18,58	19,16	22,91	22,90
		2	12,16	22,49	24,91	24,90
		3	11,49	8,41	10,74	10,74
		povprečje	14,08	16,69	19,52	19,51
<b>Cu</b>	mg/kg	1	18,17	39,75	1,67	44,00
		2	9,33	13,17	2,92	24,50
		3	13,08	13,83	6,17	39,83
		povprečje	13,53	22,25	3,58	36,11

### Vsebnost kovin v tleh (razklop z zlatotopko)

#### KOVINE V TALNIH VZORCIH

Parameter	enota	ponovitev	NEUHAUS	STENDER	TERRA BRILL	VALENTIN
<b>Cu</b>	mg/kg	1	31,64	27,24	30,24	28,21
		2	29,90	29,74	32,23	30,77
		3	30,34	29,37	29,94	31,50
		povprečje	30,63	28,78	30,80	30,16
<b>Zn</b>	mg/kg	1	168,83	146,79	148,78	147,52
		2	175,16	161,97	161,57	143,66
		3	156,64	158,11	147,65	156,24
		povprečje	166,88	155,62	152,67	149,14
<b>Pb</b>	mg/kg	1	46,62	43,29	60,61	54,28
		2	48,29	46,29	54,28	45,29
		3	45,95	43,29	42,29	46,62
		povprečje	46,95	44,29	52,39	48,73
<b>Cd</b>	mg/kg	1	<0,50	<0,50	0,53	<0,50
		2	<0,50	0,53	0,53	0,53
		3	0,50	<0,50	0,60	0,50
		povprečje	0,50	0,53	0,55	0,52



PRILOGA B - nadaljevanje  
 Standardni pedološki parametri

TALNI VZORCI						
Parameter	enota	ponovitev	NEUHAUS	STENDER	TERRA BRILL	VALENTIN
pH v CaCl <sub>2</sub>		1	7,0	7,0	7,0	7,0
		2	7,1	7,1	7,1	7,1
		3	7,1	7,1	7,1	7,1
		povprečje	7,07	7,07	7,07	7,07
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	mg/100g	1	65,3	69,9	62,0	62,4
		2	61,3	60,4	65,4	66,0
		3	148,9	73,9	81,1	71,9
		povprečje	91,83	68,07	69,50	66,77
K <sub>2</sub> O	mg/100g	1	20,3	17,7	18,2	17,7
		2	14,7	12,6	14,5	13,9
		3	13,4	16,8	16,8	14,7
		povprečje	16,13	15,70	16,50	15,43
Org.snov	%	1	7,8	7,7	7,8	8,0
		2	5,9	7,0	7,0	7,3
		3	7,0	6,1	7,4	7,2
		povprečje	6,90	6,93	7,40	7,50
C	%	1	4,5	4,5	4,5	4,6
		2	3,4	4,1	4,1	4,2
		3	4,1	3,5	4,3	4,2
		povprečje	4,00	4,03	4,30	4,33
N	%	1	0,29	0,29	0,29	0,28
		2	0,26	0,26	0,27	0,26
		3	0,26	0,28	0,28	0,30
		povprečje	0,27	0,28	0,28	0,28
C/N		1	15,5	15,5	15,5	16,4
		2	13,1	15,8	15,2	16,2
		3	15,8	12,5	15,4	14,0
		povprečje	14,8	14,6	15,4	15,5
Ca	mmol <sub>e</sub> /100g	1	23,97	25,87	22,80	23,85
		2	19,41	24,75	19,06	23,57
		3	23,55	24,05	24,52	23,55
		povprečje	22,31	24,89	22,13	23,66
Mg	mmol <sub>e</sub> /100g	1	4,44	4,64	4,44	4,68
		2	3,28	4,41	3,37	4,27
		3	3,90	4,48	4,48	4,39
		povprečje	3,87	4,51	4,10	4,45
K	mmol <sub>e</sub> /100g	1	0,55	0,5	0,47	0,48
		2	0,4	0,32	0,37	0,36
		3	0,35	0,43	0,41	0,37
		povprečje	0,43	0,42	0,42	0,40
Na	mmol <sub>e</sub> /100g	1	0,16	0,17	0,14	0,16
		2	0,14	0,13	0,13	0,13
		3	0,14	0,14	0,15	0,16
		povprečje	0,15	0,15	0,14	0,15
H	mmol <sub>e</sub> /100g	1	4,05	3,75	4,25	4,40
		2	3,50	3,70	3,65	3,55
		3	3,45	3,95	3,75	4,05
		povprečje	3,67	3,80	3,88	4,00
S	mmol <sub>e</sub> /100g	1	29,10	31,20	27,90	29,20
		2	23,20	29,60	22,90	28,30
		3	27,90	29,10	29,60	28,50
		povprečje	26,73	29,97	26,80	28,67
T	mmol <sub>e</sub> /100g	1	33,20	35,00	32,20	33,60
		2	26,70	33,30	26,60	31,90
		3	31,40	33,10	33,40	32,60
		povprečje	30,43	33,80	30,73	32,70
V	%	1	87,70	89,10	86,60	86,90
		2	86,90	88,90	86,10	88,70
		3	88,90	87,90	88,60	87,40
		povprečje	87,83	88,63	87,10	87,67

## PRILOGA C

### Vsebnost sveže in suhe mase solate ter delež suhe snovi v rastlinskih vzorcih

#### MASA SVEŽIH/SUHIH RASTLINSKIH VZORCEV

Parameter	enota	ponovitev	NEUHAUS	STENDER	TERRA BRILL	VALENTIN
<b>sveža masa</b>	g	1	354	292	362	462
		2	334	314	448	270
		3	402	382	498	392
		povprečje	363,33	329,33	436,00	374,67
<b>suha masa</b>	g	1	14,042	12,542	15,452	22,542
		2	12,542	13,542	18,042	11,542
		3	5,042	16,042	21,042	17,542
		povprečje	10,54	14,04	18,18	17,21
<b>delež suhe snovi</b>	%	1	3,97	4,30	4,27	4,88
		2	3,76	4,31	4,03	4,27
		3	1,25	4,20	4,23	4,48
		povprečje	2,90	4,26	4,17	4,59

### Vsebnost nitrata v rastlinskih vzorcih

#### NITRAT V RASTLINAH

Parameter	enota	ponovitev	NEUHAUS	STENDER	TERRA BRILL	VALENTIN
<b>NO<sub>3</sub>-</b>	mg/L	1	22	6	6	10
		2	9	7	16	11
		3	11	15	17	11
		povprečje	14	9,3	13	10,7
<b>NO<sub>3</sub>-</b>	mg/kg s.s.	1	1100	300	300	500
		2	450	350	800	550
		3	550	750	850	550
		povprečje	700	466,7	650	533,3
<b>NO<sub>3</sub>-</b>	mg/kg sveže mase	1	43,63	12,89	12,81	24,40
		2	16,90	15,09	32,22	23,51
		3	6,90	31,50	35,92	24,61
		povprečje	22,48	19,83	26,98	24,17

PRILOGA C - nadaljevanje  
Vsebnost kovin v suhi snovi solate

KOVINE V RASTLINAH						
Parameter	enota	ponovitev	NEUHAUS	STENDER	TERRABRILL	VALENTIN
<b>Cu</b>	mg/kg s.s.	1	5,4	2,65	3,65	2,48
		2	5,03	1,83	3,79	3,38
		3				
		povprečje	5,22	2,24	3,72	2,93
	mg/kg svež	povprečje	0,15	0,10	0,16	0,13
<b>Cd</b>	mg/kg	1	1,06	<0,8	<0,8	<0,8
		2	<0,8	<0,8	<0,8	<0,8
		3	<0,8	<0,8	<0,8	<0,8
		povprečje		<0,8	<0,8	<0,8
		modificirano povprečje	0,62	0,4	0,4	0,4
	mg/kg sveže		0,018	0,017	0,017	0,018
<b>Zn</b>	mg/kg	1	51,75	40,08	43,98	40,8
		2	55,32	34,71	43	48,3
		3	57,11	42,47	38,44	38,58
		povprečje	54,73	39,09	41,81	42,56
	mg/kg sveže		1,59	1,67	1,74	1,95
<b>Pb</b>	mg/kg	1	<5	<5	<5	<5
		2	<5	<5	<5	<5
		3	<5	<5	<5	<5
		povprečje	<5	<5	<5	<5
		modificirano povprečje	2,5	2,5	2,5	2,5
	mg/kg sveže		0,073	0,107	0,104	0,115

Morfološke lastnosti solate

SPRAVILO PRIDELKA

OBRAVNAVA	ŠTEVILO RASTLIN	TEŽA	ŠTEVILO LISTOV	MASA TRŽNEGA DELA	VIŠINA (cm)	ŠIRINA (cm)
<b>NEUHAUS</b>	8	408,5	6,3	363,0	22,8	25,9
	8	398,0	4,6	361,0	22,5	24,0
	8	468,0	4,5	432,8	24,0	27,9
		424,8	5,1	385,6	23,1	25,9
<b>STENDER</b>	8	366,0	4,5	331,5	22,1	23,1
	8	381,8	5,0	347,0	22,5	25,8
	8	406,5	4,0	373,8	21,6	27,6
		384,8	4,5	350,8	22,1	25,5
<b>TERRA BRILL</b>	8	407,8	5,0	367,0	22,9	26,4
	8	494,5	5,5	446,0	23,6	29,0
	8	501,5	4,9	448,0	23,5	27,3
		467,9	5,1	420,3	23,3	27,6
<b>VALENTIN</b>	8	488,3	4,9	437,5	22,9	26,4
	8	372,8	5,4	337,8	22,4	25,3
	8	460,3	5,3	412,3	20,6	27,5
		440,5	5,2	395,9	22,0	26,4