



UNIVERZA V LJUBLJANI
BIOTEHNIŠKA FAKULTETA
ODDELEK ZA AGRONOMIJO

Nina ROMIH

**VSEBNOST CINKA IN SVINCA V SADIKAH SOLATE
(*Lactuca sativa* L.), GOJENIH NA RAZLIČNIH
RASTNIH SUBSTRATIH**

DIPLOMSKO DELO

Visokošolski strokovni študij – 1. stopnja

Ljubljana, 2010

UNIVERZA V LJUBLJANI
BIOTEHNIŠKA FAKULTETA
ODDELEK ZA AGRONOMIJO

Nina ROMIH

**VSEBNOST CINKA IN SVINCA V SADIKAH SOLATE (*Lactuca sativa*
L.), GOJENIH NA RAZLIČNIH RASTNIH SUBSTRATIH**

DIPLOMSKO DELO
Visokošolski strokovni študij – 1. stopnja

**ZINC AND LEAD CONTENT IN LETUCE PLANTS (*Lactuca sativa* L.)
GROWN ON VARIOUS GROWING SUBSTRATES**

B.Sc. Thesis
Professional Study Programmes

Ljubljana, 2010

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 rastlinjaku in laboratoriju Katedre 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 MARŠIČ.

Komisija za oceno in zagovor:

- Predsednica: prof. dr. Katja VADNAL
Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za agronomijo
- Član: viš. pred. mag. Marko ZUPAN
Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za agronomijo
- Članica: doc. dr. Nina KACJAN MARŠIČ
Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za agronomijo
- Član: prof. dr. Domen LEŠTAN
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.

Nina Romih

KLJUČNA DOKUMENTACIJSKA INFORMACIJA

ŠD Dv1
DK UDK 635.52:631.589:631.453 (043.2)
KG substrati / solata / analize / cink / svinec /
AV ROMIH, Nina
SA ZUPAN, Marko (mentor) / KACJAN MARŠIČ, Nina (somentorica)
KZ SI-1000, Ljubljana, Jamnikarjeva 101
ZA Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za agronomijo
LI 2010
IN VSEBNOST CINKA IN SVINCA V SADIKAH SOLATE (*Lactuca sativa* L.)
GOJENIH NA RAZLIČNIH RASTNIH SUBSTRATIH
TD Diplomsko delo (Visokošolski strokovni študij – 1 stopnja)
OP VIII, 36, [6] str., 2 pregl., 22 sl., 3 pril. 26 vir.
IJ sl
JI sl / en
AI Na trgu je na voljo veliko različnih substratov za gojenje sadik vrtnin, ki se razlikujejo po sestavi, vsebnosti makro in mikro hranil ter morebitnih toksičnih elementih. V nalogi smo testirali šest substratov: Agrina (A), Neuhaus (N), Plantella (P), Stender (S), Terra Brill (T) in Valentin (V). Izvedli smo rastni poskus s testno rastlino solato (*Lactuca sativa* L.) sorte 'Noisette'. Uporabili smo gojitvene plošče s 160 vdolbinami, poskus je potekal v treh ponovitvah v rastlinjaku od 19. 03. 2010 (setev) do 29. 04. 2010 (ocenjevanje sadike). Delež suhe snovi v substratih je v območju od 47,9 % (Agrina) do 77,4 % (Plantella). Aktivna in potencialna kislost sta največji v substratih Neuhaus (5,4 oz. 5,1) in Stender (5,8 oz. 5,6), zmerno kisel je substrat Terra Brill (6,4 oz. 6,1), nevtralno reakcijo imajo substrati Valentin (6,8 oz. 6,4), Agrina (6,9 oz. 6,7) in Plantella (7,0 oz. 6,9). Vsebnost organskega ogljika se zelo razlikuje glede na substrat, od 31,2 % v substratu Agrina do 94,5 % v substratu Neuhaus. Vsebnost dušika, fosforja in kalija je najmanjša v substratu Agrina in največja v substratu Valentin. Območja izmerjenih vrednosti so: skupni dušik 0,58 – 1,10 %, izmenljivi fosfor 2,45 – 197,2 mg P₂O₅/100g in izmenljivi kalij 22,5 – 331,1 mg K₂O/100g. Vsebnost soli je največja v substratu Valentin (0,3 g/l), elektroprevodnost pa v substratu Agrina (0,99 mS/cm). Vsebnost kislinsko topnega Pb v petih substratih znaša od 15,4 mg/kg do 30,1 mg/kg, vsebnost kislinsko topnega Zn pa 16,8 – 34,4 mg/kg, odstopa le vsebnost v substratu Valentin (100,2 mg Zn/kg). Odziv testne rastline na kakovost substratov je bil različen. Sadike v substratih Neuhaus, Stender, Terra Brill in Valentin so bile izenačene v rasti, razvoju in barvi. Po približno 1 mesecu se je rast sadik v substratih Plantella in Agrina upočasnila in pri substratu, Agrina ustavila, tako da sadike v omenjenih substratih niso dosegle primerne višine za presajanje. Vsebnost Pb v sadikah je bila 7,9 – 9,8 mg/kg s.s. vsebnost Zn pa 35,6 – 89,7 mg/kg s.s. Največja vsebnost je bila pri sadikah, ki so zrasle v substratu Valentin, ki je imel največjo koncentracijo Zn.

KEY WORDS DOCUMENTATION

DN Vs
DC UDC 635.52:631.589:631.453 (043.2)
CX growing substrates / lettuce / analyses / zinc / lead
AU ROMIH, Nina
AA ZUPAN, Marko (supervisor) / KACJAN MARŠIČ, Nina (co-supervisor)
PP SI-1000, Ljubljana, Jamnikarjeva 101
PB University of Ljubljana, Biotechnical fakulty, Department of agronomy
PY 2010
TI ZINC AND LEAD CONTENT IN LETTUCE PLANTS (*Lactuca sativa* L.)
GROWN ON VARIOUS GROWING SUBSTRATES
DT B. Sc. Thesis (Professional Study Programmes)
NO VIII, 36, [6] p., 2 tab., 22 fig., 3 ann., 26 ref.
LA sl
AL sl / en
AB Many different substrates for growing seedlings of vegetables are available on the market. They differ in composition, content of macro and micro-nutrients and possible toxic elements. Six substrates: Agrina (A), Neuhaus (N), Plantella (P), Stender (S), Terra Brill (T) and Valentin (V) were tested in our experiment and a test plant lettuce (*Lactuca sativa* L.) cultivar 'Noisette' was used. We used plug trays with 160 cells; the trial was conducted in three replications in the greenhouse from 19 March 2010 to 29 April 2010. Dry matter of substrates was in the range from 47.9% (Agrina) to 77.4 % (Plantella). Active and potential acidity were the largest in the substrates Neuhaus (5.4 or 5.1.) and Stender (5.8 or 5.6), moderately acidic in the Terra Brill (6.4 or 6.1), other substrates have a neutral reaction Valentin (6.8 or 6.4), Agrina (6.9 or 6.7) and Plantella (7.0 or 6.9). Organic carbon content varied from 31.2 % in the substrate Agrina to 94.5% in the substrate Neuhaus. The nutrient content of nitrogen, phosphorus and potassium was the smallest in the substrate Agrina and the largest in the substrate Valentin. Measured values for total nitrogen, exchangeable potassium and exchangeable phosphorus were in the ranges from 0.58 to 1.10 %, 22.5 to 331.1 mg K₂O/100g and 2.45 to 197.2 mg P₂O₅/100g respectively. Maximum salt content was in the substrate Valentin (0.3 g/l), conductivity was the highest in the substrate Agrina (0.99 mS/cm). Acid-soluble Pb content was in the range from 15.4 to 30.1 mg/kg. Acid-soluble Zn content was in the five substrates from 16.8 to 34.4 mg/kg, only in the substrate Valentin Zn concentration was extremely high, with the average 100.2 mg Zn/kg. Response of test plants was different. Seedlings in substrates of Neuhaus, Stender, Terra Brill and Valentin were uniform in growth, development and color. After about a month, the growth of seedlings in substrates Agrina and Plantella decreased and in Agrina stopped so that the seedlings in these substrates did not reach the appropriate height for transplanting. Pb content in the seedlings was 7.9 to 9.8 mg / kg DW; Zn content was 35.6 to 89.7 mg/kg DW. The highest content was in the seedlings grown in substrate Valentin.

KAZALO VSEBINE

	str.
KLJUČNA DOKUMENTACIJSKA INFORMACIJA	III
KEY WORDS DOCUMENTATION	IV
KAZALO PREGLEDNIC	VII
KAZALO SLIK	VII
KAZALO PRILOG	VII
OKRAJŠAVE IN SIMBOLI	VIII
1 UVOD	1
1.1 VZROK ZA RAZISKAVO	1
1.2 NAMEN RAZISKAVE	1
1.3 DELOVNA HIPOTEZA	1
2 PREGLED OBJAV	2
2.1 RASTNI SUBSTRATI	2
2.1.1 Definicija ravnega substrata	2
2.1.2 Substrati za gojenje sadik	2
2.1.3 Kemijske lastnosti	2
2.1.4 Zahteve za rastne substrate	4
2.2 SVINEC IN CINK	4
2.3 SOLATA	6
2.3.1 Botanična uvrstitev solate	6
2.3.2 Morfološke lastnosti	7
2.3.3 Rastne razmere	7
2.3.4 Gojitev sadik	8
3 MATERIAL IN METODE	10
3.1 MATERIAL ZA POSKUS	10
3.1.1 Substrati	10
3.1.2 Testna rastlina	12
3.2 METODA DELA	12
3.2.1 Zasnova poskusa	12
3.2.2 Oskrba poskusa	13

3.3	MERITVE, VZORČENJE IN ANALIZE RASTNIH SUBSTRATOV IN SADIK	14
3.3.1	Meritve sadik	14
3.3.2	Odvzem vzorcev	14
3.3.3	Analitske metode	14
4	REZULTATI	17
4.1	MERITVE SUBSTRATOV	17
4.1.1	Vsebnost suhe snovi	17
4.1.2	Povprečna pH vrednost substratov	17
4.1.3	Vsebnost skupnega ogljika v substratu	18
4.1.4	Vsebnost skupnega dušika v substratu	19
4.1.5	C/N razmerje v substratu	19
4.1.6	Vsebnost rastlinam dostopnega P in K	20
4.1.7	Vsebnost soli v substratu	21
4.1.8	Elektroprevodnost substrata	21
4.1.9	Vsebnost Zn v substratu	22
4.1.10	Vsebnost Pb v substratu	22
4.2	MERITVE RASTLIN	23
4.2.1	Vrednosti klorofilnega indeksa	24
4.2.2	Povprečne vrednosti izmerjenih rastnih parametrov	24
5	RAZPRAVA IN SKLEPI	29
5.1	RAZPRAVA	29
5.2	SKLEPI	31
6	POVZETEK	33
7	VIRI	35

ZAHVALA

PRILOGA

KAZALO PREGLEDNIC

Preglednica 1: Oznake poskusnih kombinacij za šest substratov v treh ponovitvah	12
Preglednica.2: Bioakumulacijski faktor (BAF), za Zn in Pb v štirih substratih	28

KAZALO SLIK

Slika 1: Postavitev poskusa (19. marec 2010)	13
Slika 2: Povprečne vrednosti suhe snovi testiranih substratov	17
Slika 3: Povprečne pH vrednosti testiranih substratov	18
Slika 4: Povprečne vrednosti Corg v testiranih substratih	18
Slika 5: povprečne vrednosti skupnega dušika v testiranih substratih	19
Slika 6: Povprečne vrednosti C/N razmerja v testiranih substratih	19
Slika 7: Povprečne vrednosti P ₂ O ₅ v testiranih substratih	20
Slika 8: Povprečne vrednost K ₂ O v testiranih substratih	20
Slika 9: Povprečne vsebnosti soli v testiranih substratih	21
Slika 10: Povprečne vrednosti elektroprevodnosti testiranih substratov	21
Slika 11: Povprečne vrednosti Zn v testiranih substratih	22
Slika 12: Povprečne vrednosti Pb v testiranih substratih	22
Slika 13: Sadike solate tri tedne po setvi	23
Slika 14: Sadike solate ob koncu poskusa	23
Slika 15: Povprečne vrednosti klorofilnega indeksa sadik v testiranih substratih	24
Slika 16: Povprečna višina sadik v testiranih substratih	25
Slika 17: Povprečno število listov vtestiranih substratih	25
Slika 18: Povprečna suha in sveža masa sadik v testiranih substratih	26
Slika 19: Povprečna dolžina korenin sadik v testiranih substratih	26
Slika 20: Povprečna masa (sveža in suha) korenin sadik v testiranih substratih	27
Slika 21: Povprečna vrednost Zn v rastlinah, v testiranih substratih	27
Slika 22: Povprečna vrednost Pb v rastlinah, v testiranih substratih	28

KAZALO PRILOG

Priloga1: Vsebnost kovin navedena na embalaži nekaterih substratov
Priloga 2: Merjeni parametri šestih substratov
Priloga 3: Merjeni parametri testne rastline (sadike solate)

OKRAJŠAVE IN SIMBOLI

Al	aluminij
As	arzen
B	bor
CaCl ₂	kalcijev diklorid
Cd	kadmij
Co	kobalt
Cr	krom
Cu	baker
F	fluor
Fe	železo
Hg	živo srebro
KCl	kalijev klorid
K ₂ O	dikalijev oksid
Mg	magnezij
Mn	mangan
Mo	molibden
Na	natrij
Ni	nikelj
mS/cm	milisimens na centimeter
P ₂ O ₅	difosforjev pentoksid
Rb	rubidij
Si	silicij
Sn	kositer
Ti	titan
V	vanadij

1 UVOD

1.1 VZROK ZA RAZISKAVO

Na trgu je na voljo veliko različnih rastnih substratov za uporabo v zelenjadarstvu. Rastni substrati so običajno proizvod razgradnje organskih odpadkov, lahko vsebujejo tudi predelana blata čistilnih naprav. Proizvajalci zagotovijo ustrezno sestavo in dovolj veliko vsebnost rastlinskih hranil, zaradi česar substrati zagotavljajo optimalne razmere za gojenje sadik vrtnin. Vsebnost humusa, kemijska reakcija (pH) in delež makro-hranil so običajno navedeni tudi na embalaži oziroma na deklaraciji izdelka. Manj pogosto so navedene informacije o vsebnosti mikro-hranil oziroma potencialno toksičnih elementov.

1.2 NAMEN RAZISKAVE

Predvidevamo, da substrati vsebujejo tudi določeno količino cinka, ki je rastlinsko mikro-hranilo, in svinca, ki ni nujno potreben v prehrani rastlin. Z meritvami vsebnosti mikro-elementov v rastnih substratih bomo dopolnili vedenje o elementih v rastnih substratih, ki običajno niso navedeni na deklaraciji oziroma embalaži. Z analizo sadik testne rastline, gojene v substratih, bomo ugotovili, v kolikšni meri omenjena mikro-elementa prehajata iz substrata v zeleni del rastline.

1.3 DELOVNA HIPOTEZA

Domnevamo, da se substrati med seboj razlikujejo glede pedoloških parametrov (pH, delež organske snovi, vsebnost N, P, K) in vsebnosti mikroelementov cinka ter svinca. Predvidevamo tudi, da cink in svinec prehajata v sadike testne rastline.

2 PREGLED OBJAV

2.1 RASTNI SUBSTRATI

2.1.1 Definicija rastnega substrata

Rastni substrat za rastline ustvarja življenjsko okolje korenin. Glavni kriterij za dober rastni substrat je stalni dotok vode, hranil in kisika iz medija v koreninski sistem. Substrat mora omogočiti izmenjavo plinov, ki jih izločajo korenine in talni mikroorganizmi (Reinikainen, 2003, cit. po Debeljak, 2004).

Naloga rastnih substratov je nuditi oporo rastlinam in imeti lastnosti, ki bodo tem rastlinam omogočale življenje, torej določeno zračno in vodno kapaciteto, toplotno prevodnost ter ustrezno količino marko in mikro hranil.

2.1.2 Substrati za gojenje sadik

Za kalitev in začetno rast rastlinic je potrebno uporabiti substrat z dobrimi fizikalno-kemijskimi lastnostmi. Substrat naj ima visoko kapaciteto sprejema vode in mineralnih snovi, dobro zračnost, zmožnost hitrega ogrevanja, fino granulacijo delcev za enakomerno polnjenje, dobre drenažne sposobnosti; zagotavljati pa mora tudi dobro dostopnost hranil. Substrati za gojenje sadik so navadno mešanice organskih snovi (šota, kompost), mineralnih dodatkov za izboljšanje fizikalnih lastnosti (pesek, perlit, vermikulit) in gnojil (Osvald in Kogoj-Osvald, 2005).

2.1.3 Kemijske lastnosti

Rastline največ svoje hrane dobijo iz anorganskih hranil, ki so raztopljena v vodi rastnega substrata. Zato morajo biti rastlinske korenine izpostavljene primerni koncentraciji hranilnih snovi. V substratu ne sme biti toksinov. Pomembno je vedeti, da kljub temu, da so lahko kemijske lastnosti substrata odlične, rastlina ne raste dobro, če nima zagotovljene primerne oskrbe z vodo in zrakom (Bodman in Sharman, 1993, cit. po Debeljak, 2004).

2.1.3.1 Vrednost pH substrata

Ko merimo pH vrednost medija, dejansko merimo koncentracijo vodikovih ionov v rastnem substratu. Merjenje pH vrednosti je nujen del pri sestavljanju in vrednotenju kakovosti rastnega substrata. pH vrednost je pomembna zaradi vpliva, ki ga ima pri

dostopnosti rastlinskih hranil. Pri organskih rastnih substratih je idealna pH vrednost za večino rastlin od 5 do 6 in 4,5 do 5,5 za rastline, ki imajo rade kislo okolje. Pri teh pH vrednostih bo rastlini dostopna večina potrebnih hranil.

Kadar je oskrba s hranili skromna, je za njihovo biodostopnost še posebej pomembna pH vrednost. Zvišanje pH vrednosti dosežemo z dodatkom apna v rastni substrat. Največkrat uporabljena materiala, ki se dodajata, sta dolomit in apnenec. Lahko dodamo tudi magnezijev oksid in kalcijev hidroksid. Mavec ne poviša pH, je pa dober izvor kalcija in žvepla. Najbolj pogost razlog za zvečanje pH vrednosti je uporaba alkalne vode pri namakanju. Vrednost pH znižamo z uporabo kislih materialov. Lahko se dodajajo v trdnem ali tekočem agregatnem stanju (cit. po. Debeljak, 2004).

2.1.3.2 Elektroprevodnost rastnega substrata

Voda vsebuje raztopljene snovi, ki prevajajo električni tok, npr. soli. Višja je koncentracija soli, večja je elektroprevodnost. Celotni delež raztopljenih soli v ekstraktu rastnega substrata merimo s konduktometrom - napravo, ki meri električno prevodnost. Konduktometer nam ne pove, katera sol je prisotna, temveč nam pove, ali je količina soli prevelika ali premajhna. Velika prevodnost v rastnih substratih lahko pomeni, da je bila uporabljena prevelika količina gnojila ali da ima voda, s katero namakamo, prevelik delež soli. Prevelike vrednosti električne prevodnosti se odražajo kot ožigi na rastlinah. V večini primerov to pomeni rjavenje konic in robov listov, najbolj prizadeti so starejši listi (Bik in Bortje, 1993, cit. po Debeljak, 2004).

2.1.3.3 Rastlinam dostopni P in K

Fosfor in kalij spadata med najpomembnejša rastlinska makrohranila. 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 adsorptivno vezan na talnih koloidih in kot tak dostopen za rastline (Suhadolc in sod., 2007).

Največji delež fosforja v tleh se nahaja v obliki anorganskih soli (fosfatov) in organskih spojin, ki so rastlinam dostopni šele po procesu mineralizacije. Fosfati se v tleh močno vežejo na mineralni in organski sorptivni del tal. Dostopnost vezanega fosforja rastlinam je odvisna od talnih dejavnikov, v največji meri od pH vrednosti tal (Suhadolc in sod., 2007).

2.1.4 Zahteve za rastne substrate

Idealni rastni substrati morajo ustrezati več zahtevam (cit. po Jošar, 1996):

1. Volumen por naj bo čim večji. To zagotavlja visoko vodno in zračno kapaciteto pri maksimalni vsebnost vode. Struktura substrata mora biti naslednja:
 - trdi delci 10-30 %
 - zrak 30-40 %
 - voda 40-50 %
1. Dobra stabilnost strukture substrata omogoča daljšo rastno dobo rastlin.
2. Velika izmenjevalna kapaciteta in dobra puferna sposobnost zmanjšujeta izpiranje hranil in preprečujeta zaslanjenost tal. Kemično stabilnost tal določa koloid.
3. Uravnavanje pH – substrat ima sposobnost vezave in posredovanja hranilnih snovi, ki jih rastline potrebujejo. Tako zmanjša možnost izpiranja hranil in preprečuje zaslanjenost tal.
4. Primeren pH substrata.
5. Homogenost substrata.
6. Čim manjša masa substrata.
7. Sestavljen naj bi bil iz sestavin, ki so obnovljive ali pa jih je možno reciklirati.
8. Higienška neoporečnost substrata (brez bolezni, škodljivcev in plevelov).
9. Sposobnost ponovnega omočenja.
10. Odporenost na krčenje med gojenjem rastlin.
11. Zagotavljanje optimalne rasti rastlin.
12. Naj bi bil lokalno dostopen in cenovno ugoden.
13. Sposobnost skladiščenja brez sprememb v kakovosti substrata.

2.2 SVINEC IN CINK

Svinec in cink spadata med anorganske snovi v tleh, med katerimi je večina kovin, ki se v tleh pojavljajo kot posledica naravnih procesov (predvsem preperevanja kamninske osnove) ali zaradi človekove aktivnosti, kot so rudarjenje in taljenje rude, industrija, promet, kmetijstvo, odlaganje odpadkov in drugo. Rudarjenje in taljenje rude je med dejavnostmi, ki so bile vzrok za povečano vsebnost kovin, predvsem As, Cd, Hg, in Pb v tleh na prvem mestu. Posledica prometa so predvsem povečane koncentracije Pb in Cd; kmetijstvo danes prispeva predvsem z uporabo fitofarmaceutskih sredstev (Cu, nekoč tudi Hg in Pb) in mineralnih gnojil (Zn, Cd, As). Različna industrija prispeva različne kovine, industrija plastike na primer Cd, Cr, Hg, Co, tekstilna industrija Zn, Sn, Al in Ti, metalurgija Pb, Cd, As, Cu, Zn, Cr, Ni, Mn. Številni izvori kovin, naravni in antropogeni,

ter različni procesi premeščanja kovin v talnem profilu lahko mnogokrat otežijo identifikacijo izvora onesnaževanja (Adriano, 2001)

Izraz težke kovine se običajno uporablja za elemente, katerih specifična teža je večja od 5 g/cm³ oziroma imajo atomsko število nad 20 (Adriano, 2001). V zadnjem času se izraz težke kovine opušča in govorimo le o kovinah. Kovine so v tleh prisotne praviloma v majhnih koncentracijah. Zato v literaturi zanje velikokrat zasledimo tudi izraz mikroelementi oziroma sledne prvine. Izraz mikrohranila je omejen le na elemente, ki so nujno potrebni (esencialni) v prehrani višjih rastlin. Še vedno ni enotnega mnenja o tem, kateri elementi predstavljajo esencialne elemente za rast in razvoj višjih rastlin (Adriano, 2001; Bergmann, 1992).

Najširši izbor nujno potrebnih mikro elementov zajema Al, B, Ca, Co, Cu, F, Fe, J, K, Mg, Mn, Mo, Na, Ni, Rb, Si, Ti, V in Zn. Ne glede na to, ali je nek element v tleh nujno potreben za rastline ali ne, je lahko v prevelikih koncentracijah toksičen tako za rastline, kot za živali in človeka. Vnos v človekov organizem je možen neposredno z vdihovanjem prašnih talnih delcev v zraku oziroma z uživanjem tal preko umazanih rok ali pa posredno preko prehranjevalne verige. Tu bi radi poudarili, da so koncentracije posamezne kovine v rastlinskih tkivih lahko prevelike, tudi če rastlina sama ne kaže nobenih zunanjih znakov toksičnosti in jih lahko ugotovimo le z analizo rastlinskega tkiva (Bergmann, 1992).

Svinec je poleg kadmija in živega srebra eden izmed najpogostejših onesnažil v tleh. Njegovi antropogeni izvori so rudarjenje in taljenje rude, rafinerije, atmosferski depoziti (sežigalnice, fosilna goriva in promet) in odlaganje odpadkov. V preteklosti je prispevalo tudi kmetijstvo z uporabo fitofarmaceutskih pripravkov na osnovi Pb in promet. Različni avtorji navajajo za vsebnosti Pb v tleh različne vrednosti, v območju od 2 do 200 mg/kg, povprečje 10 mg/kg. Vsebnosti se razlikujejo glede na rabo tal: tla na podeželju od 5 do 40 mg/kg, urbana tla od 30 do 100 mg/kg, bližina topilnic 20 do 2000 (Adriano, 2001).

Svinec iz tal slabo prehaja v rastline. Zato so koncentracije svinca v rastlinah majhne v primerjavi s koncentracijo v tleh. Vendar ne smemo zanemariti vnosa preko zraka, ki je značilen za urbana in industrijska okolja. Vsebnosti Pb v vzorcih rastlin so v območju 5 – 10 mg/kg s.s., v industrijskih območjih lahko tudi 30 – 300 mg/kg s.s., pri čemer so zgornje koncentracije lahko tudi toksične (Kabata-Pendias in Pendias, 1984). S pranjem odstranimo večji del Pb iz rastlin (Zupan in sod., 1996; Finžgar in Leštan, 2008).

Antropogeni izvori cinka so rudarjenje in taljenje rude, industrija tekstila, mikroelektronike in metalurgije ter odlaganje odpadkov in blat čistilnih naprav. Prispeva tudi kmetijstvo z mineralnimi in organskimi gnojili in fitofarmaceutskimi sredstvi. Po literaturnih podatkih je naravna vsebnost Zn v tleh od 10 do 300 mg/kg, povprečno med 50 in 70 mg/kg, v tleh ob topilnicah pa so vrednosti lahko tudi več 1000 mg/kg (Kabata-Pendias in Pendias, 1984; Zupan in sod., 2008). Cink se poleg Pb in Cd pogosto pojavlja v tleh v povečanih

količinah, vendar je cink mikrohranilo in v določenih koncentracijah nujno potreben za rast in razvoj rastlin, pa tudi živali in človeka.

Za rast in razvoj potrebujejo rastline zelo majhne količine Zn. Brez Zn bi bila rast in razvoj rastlin močno ovirana in onemogočena. Kot komponenta aktivnih skupin različnih encimov (dehidrogenaz, proteinaz in fosfohodronaz) ima Zn pomembno vlogo pri metabolizmu rastlin. Kljub temu, da imajo številne rastlinske vrste visoko toleranco za povišane vsebnosti Zn v tleh, prihaja do fitotoksičnih učinkov, in sicer predvsem v kislih tleh, v tleh z majhno vsebnostjo glinenih mineralov, majhno vsebnostjo fosfatov in majhno izmenjalno kapaciteto (Kabata-Pendias in Pendias, 1984).

V rastlini se največ Zn nahaja v koreninah, v nadzemnem delu pa v starejših listih. Mobilnost Zn je odvisna od njegove koncentracije v tleh. Iz starejših listov se transportira v mlajše. Najmanjše vrednosti Zn so v plodovih. Kadar je koncentracija Zn v tleh velika, je tudi transport po rastlini večji in obratno (Kabata-Pendias in Pendias, 1984).

Znaki prekomerne koncentracije Zn so podobni znakom pomanjkanja Fe. Listi porumenijo in postanejo nekrotični, zavrtja je rast rastline, solata ne tvori glav. Med najbolj občutljive na prevelike količine Zn sodijo špinača in solata ter nekatere vrste žit (Adriano, 2001).

2.3 SOLATA

2.3.1 Botanična uvrstitev solate

Solata (*Lactuca sativa* L.) spada v skupino solatnic in je toplotno manj zahtevna rastlina (Martinčič in Sušnik, 1984).

Oddelek: SPERMATOPHYTA- semenovke

Pododdelek: ANGIOSPERMAE (MAGNOLIOPHYTINA)- kritosemenke

Razred: DICOTYLEDONEAE- dvokaličnice

Podrazred: SYMPETALE- zraslovenčnice

Družina: CICHORIACEAE- radičevke

Rod: LACTUCA

Vrsta: SATIVA

BOTANIČNE ZVRSTI SOLATE

Poznamo več botaničnih zvrsti solate (*Lactuca sativa* L.), med katerimi so v pridelovanju najbolj razširjene naslednje (Osvald in Kogoj-Osvald, 1999a):

-var. *capitata* L.- glavnata solata

-var. *longifolia* Lam.- vezivka, romanska solata

-var. *acephala* L. - berivka

-var. *secalina* L. – rezivka.

2.3.2 Morfološke lastnosti

Habitus rastline je pomemben morfološki pokazatelj, značilen za določeno varieteto solate (vezivko, berivko, rezivko in glavno solato). Rastlina solate razvije močan koreninski sistem. Glavnina korenin se lahko razvije do globine 60 cm, posamezne korenine segajo celo do globine 1,8 m (Osvald in Kogoj-Osvald, 1999a). Barvo ugotavljamo v tehnološki zrelosti. Odtenki so zelo pestri: od blede rumene, živo zelene do modrikasto zelene in rjavkasto rdečkaste (Osvald in Kogoj-Osvald, 2005).

Solato pridelujemo zaradi listov, ki se razvijejo na skrajšanem reduciranem stebelu. List je majhen, srednje velik ali velik; oblike pa je ovalno okrogle, okrogle, lopatičaste. Lahko je gladek, mehurjast ali zguban. Glava je pri posameznih sortah različno oblikovana. Po obliki je okrogla, ploščata, narobe jajčasta in ovalna. Po velikosti je lahko majhna, srednje velika in velika (Osvald in Kogoj-Osvald, 2005). Seme je različno obarvano in je sortno značilno. Lahko je bele, črne ali črno rjave barve (Osvald in Kogoj-Osvald, 2005).

2.3.3 Rastne razmere

2.3.3.1 Temperatura

Solata je toplotno manj zahtevna rastlina. Optimalna temperatura za kalitev je med 18 °C in 21 °C, pri temperaturah višjih od 26 °C lahko pride do zastoja v procesu kalitve (Ugrinović, 2000)

Pri vzgoji sadik je treba po vzniku temperaturo zraka podnevi vzdrževati na okoli 15 °C in ponoči med 8 °C in 10 °C. Če želimo pospešiti razvoj rastlin, lahko temperaturo povečamo za 3 ° do 4 ° stopinje, vendar se moramo izogibati temperaturam nad 20 °C. Rastline solate so dokaj odporne proti nizkim temperaturam, saj dobro utrjene sadike prenesejo tudi do -6 °C (Ugrinović, 2005).

Optimalna temperatura za rast je 15 °C do 20 °C (oz. 12 °C do 15 °C). Temperature višje od 20 °C ter nižje od 10 °C, neugodno vplivajo na rast in na količino pridelka (Osvald in Kogoj-Osvald, 2005).

2.3.3.2 Svetloba

Solata je zelo zahtevna glede intenzivnost osvetlitve, saj na senčnih legah ali v senci višjih rastlin slabo uspeva in oblikuje rahle glave. Razvoj listov je intenzivnejši pri boljši osvetlitvi. Ti so ob intenzivnejši in daljši osvetlitvi širši in krajši kot pri slabši in krajši

osvetlitvi. Tudi teža glave je povezana z intenzivnostjo osvetlitve in temperaturo. Če je v času oblikovanja glave osvetlitev intenzivna in temperature zmerne, bodo glave težje kot ob slabi osvetlitvi in/ali visokih temperaturah (Ugrinović, 2000).

2.3.3.3 Vlaga

Ker ima solata slabo razvit koreninski sistem, je zelo pomembno, da ima ves čas na voljo dovolj vlage. Le 35 % koreninskega sistema solate namreč prodre globlje od 20 cm. Optimalna vlažnost tal je med 75 in 80 % poljske kapacitete. Vzdrževanje zadostne vlažnosti je še posebej pomembno v začetnih fazah razvoja, ko imajo rastline slabo razvit koreninski sistem, medtem ko kasneje prenesejo tudi nekaj nižjo vlažnost tal, ki pa ne sme biti manjša od 60 % poljske kapacitete. Solata je zelo občutljiva tudi za zastajanje vode, saj začnejo korenine zelo hitro gniti, če so tla preveč vlažna, kasneje se koreninski sistem le s težavo obnovi (Ugrinović, 2000).

2.3.4 Gojitev sadik

Prednost zasnove posevka preko sadik v primerjavi z neposredno setvijo so predvsem v tem, da je poraba semena manjša, da posevek njivo zaseda krajši čas, da lahko sadimo na zeleno razdaljo, da lahko uporabimo folijo in da je prehajanje v tehnološko zrelost bolj izenačeno. Vendar tak način zasnove posevka zahteva vzgojo sadik v zavarovanem prostoru, kar je prav gotovo dražje kot neposredna setev. Sadike običajno presajamo v fazi "3 do 4" listi, kar pomeni, da traja vzgoja sadik, odvisno od termina pridelovanja in temperatur, 3 do 6 tednov (Ugrinović, 2000).

2.3.4.1 Načini gojenja

Sadike lahko gojimo na različne načine. Najstarejši in doslej v širši praksi najbolj razširjeni načini so setev v setvenico na vrtu, gojenje v zaprti gredi, na njivi itn. Pri takem načinu gojenja, ki je zelo odvisen od zunanjih mikroklimatskih razmer, dobimo sadike brez koreninske grude. Pri puljenju in presajanju se korenine poškodujejo, kar neugodno vpliva na nadaljnjo rast in razvoj gojene rastline. Pri sajenju takih sadik v suho zemljišče in ob sončni pripeki se sadike osušijo, zmanjša se listna površina ali rastline celo propadejo. Stres, ki ga doživijo rastline pri presajanju sadik brez koreninske grude, je lahko močan, lahko posajene rastline trpijo posledice tudi v poznejši dobi rasti: kasneje zrastejo, so slabše kakovosti in dajo manjši pridelek (Osvald in Kogoj-Osvald, 1999b).

Stroka najbolj priporoča gojenje sadik s koreninsko grudico v (za to obliko gojenja) prirejenih gredicah, v lončkih ali gojitvenih ploščah različnih oblik in velikosti. Pri tem načinu ostane sadika s koreninsko grudico nepoškodovana in je ob presajanju ne prizadene

večji stres. Presajene sadike tako rekoč nemoteno nadaljujejo rast (Osvald in Kogoj-Osvald, 1999b).

2.3.4.2 Gojitev sadik v gojitvenih ploščah

Vse bolj se širi oblika vzgoje sadik v gojitvenih ploščah z vtisnjenimi vdolbinicami različnih oblik in velikosti s prostornino od 1 do 400 cm³. Pri takem načinu pridelovanja sadik rastline rastejo v lastni vdolbini (celici, lončku) tako, da je koreninski sistem neodvisen od sosednjih rastlin. V svetu pri gojenju sadik zmanjšujejo prostornino lončkov. To zmanjšanje lahko nadomestimo z boljšo oskrbo ali s presajanjem nekoliko mlajših, nižjih sadik. Gojitvene plošče (palette, multiplošče) so različnih velikosti in oblik. Običajno so naslednjih dimenzij: 60×40 cm, 50×30 cm, 40×40 cm (z možnostjo vmesnih velikosti). Pri gojenju zelenjavnic običajno izberemo obliko in velikost grudic v skladu z zahtevami gojene rastline (sadike) in velikosti sadik ob presajanju. Prostornina lončkov (grudic) znaša običajno med 10 in 25 cm³ (Osvald in Kogoj-Osvald, 1999b).

Sadika mora biti dobro razvita in zdrava, skrbno negovana in pravočasno presajena na stalno mesto. Od slabo razvitih in pretegnjenih sadik ne moremo pričakovati kakovostnega in velikega pridelka (Osvald in Kogoj-Osvald, 1999b).

3 MATERIAL IN METODE

3.1 MATERIAL ZA POSKUS

3.1.1 Substrati

Izbrali smo šest substratov, ki jih lahko kupimo v trgovini in se pogosto uporabljajo za gojenje sadik: Agrina, Neuhaus, Plantella, Stender, Terra Brill in Valentin. V izbor smo uvrstili slovenske in tuje blagovne znamke. V nadaljevanju podajamo opis substratov in podatke, ki so na voljo na embalaži.

3.1.1.1 Substrat `Agrina`

Substratu Agrina so dodana naravna kokosova vlakna, ki omogočajo dobro zadrževanje vlage in hranil, izboljšajo poroznost in strukturo tal ter omogočajo dobre oksidacijske procese. Vse to neposredno vpliva na bujnejšo rast korenin.

Vsebnost makrohranil po zapisu na embalaži:

-N skupni	0,4-0,8 %
-K ₂ O	150-250 mg/100g
-P ₂ O ₅	120-250mg/100g.

Substrat ima pH vrednost 6-6,5 (0,1M KCl). Na deklaraciji so tudi podatki o prevodnosti 0,8-1,2 mS/cm in organski snovi (35-45 %).

3.1.1.2 Substrat `Neuhaus` (TS 3)

Sestava substrata:

Organska snov	85 %
N (skupni organsko vezan dušik):	0,8 %
C (organski ogljik):	35 %.

3.1.1.3 Substrat `Plantella`

Substrat je obogaten z rastlinskimi vlakni, ki dajejo zemlji strukturno stabilnost in zagotavljajo visoko sposobnost zadrževanja vode ter preprečujejo izpiranje obstoječih in dodanih hranil.

Vsebnost makrohranil po zapisu na embalaži:

- N 200-500mg/l
- P₂O₅ 200-500mg/l
- K₂O 300-1000mg/l.

Substrat Plantella je rahlo kisle reakcije (pH vrednost 5-6). Substrat je bil moker in zbit, kar je povzročalo težje polnjenje substrata v gojitvene plošče.

3.1.1.4 Substrat 'Stender'

Substrat namenjen za koreninjenje, setev in razmnoževanje rastlin. Sestavljen je iz bele šote in perlita.

Vsebnost makrohranil po zapisu na deklaraciji:

- N 80 mg/l (CAL)
- P₂O₅ 80 mg/l (CAL)
- K₂O 120 mg/l (CAL)
- Mg 60 mg/l (CAL).

Substrat ima pH vrednost 5,5 (CaCl₂). Na deklaraciji so bili tudi podatki o vsebnosti soli 0,5 g/l (KCl) in o težkih kovina (Priloga A).

3.1.1.5 Substrat 'Terra Brill'

Vsebnost makrohranil po zapisu na embalaži

- NH₄ +NO₂ 70 mg/l (CaCl₂)
- P₂O₅ 80 mg/l (CAL)
- K₂O 90 mg/l (CAL)
- Mg 130 mg/l
- S 200 mg/l.

Substrat je rahlo kisle reakcije (pH vrednost 5,8) in vsebuje 0,6 g/l soli. Na embalaži so tudi podatki o prevodnosti (0,25 dS/m), organski snovi (70 % suha snov) in o vsebnosti kovin in policikličnih aromatskih ogljikovodikov (Priloga A).

3.1.1.6 Substrat 'Valentin'

Substrat je izdelan iz kakovostnih vrst šote, zrelega humusa drevesnega lubja, glin in komposta. Oplemenitena je s hranljivimi elementi (NPK), ki zadoščajo za dober razvoj in rast rastlin.

Vsebnost makrohranil navedenih na embalaži:

- dušik (N): 200-500mg/l
- fosfor(P₂O₅): 200-500mg/l
- kalij(K₂O): 300-1000mg/l

Substrat je rahlo kisle reakcije (pH vrednost: 5,5-6,5) in vsebuje manj kot 3 g/l soli. Na embalaži je tudi podatek o vsebnosti 10 kovin in policikličnih aromatskih ogljikovodikov (Priloga A).

3.1.2 Testna rastlina

Izbrali smo solato sorte 'Noisette', nizozemske semenarske firme Enza Zaden. 'Noisette' je pokončno rastoča solata v tipu batavie, z nazobčanimi listi. Najbolj primerna je za zgodnje spomladansko in pozno jesensko pridelavo, ustrezajo ji nekoliko nižje temperature. Glave pri sorti 'Noisette' so rahlo oblikovane in svetlo zelene barve. Odporna je na rjavenje listnega roba, ne uhaja v cvet. Zelo dobro prenaša transport (Enza Zaden, 2002).

3.2 METODA DELA

3.2.1 Zasnova poskusa

Za testno rastlino smo izbrali eno rastlinsko vrsto – solato (*Lactuca sativa* L.) sorte 'Noisette'. Uporabili smo šest različnih substratov. Poskus je potekal v rastlinjaku Biotehniške fakultete od 19. 03. 2010 do 29. 04. 2010. Setev smo izvedli ročno v gojitvene plošče s 160 vdolbinami. Poskus smo izvajali v treh ponovitvah. Ena plošča je predstavljala eno ponovitev. V vsaki plošči je bilo 160 rastlin. Skupaj smo imeli v poskusu 18 gojitvenih plošč.

Pregl.1: Oznake poskusnih kombinacij za šest substratov v treh ponovitvah

Substrat (oznaka)	Oznaka poskusne kombinacije
Valentin (V)	V/1, 2, 3
Terra Brill (T)	T/1, 2, 3
Agrina (A)	A/1, 2, 3
Plantella (P)	P/1, 2, 3
Neuhaus (N)	N/1, 2, 3
Stender (S)	S/1, 2, 3

Legenda: 1,2,3 ... ponovitev

3.2.2 Oskrba poskusa

Solato smo posejali 19. 03. v gojitvene plošče s 160 vdolbinicami. Volumen ene vdolbine je znašal 20 ml. Seme smo sejali ročno. Gojitvene plošče smo napolnili z izbranimi substrati in v vsako vdolbino položili 2-3 semena, nato smo semena s substratom prekrili. Po setvi smo temeljito zalili.



Slika 1: postavitve poskusa (19. marec 2010), vidne so razlike v barvi substratov

Vznik solate je bil sočasen. Redčenje smo izvedli 30. 03. tako, da smo pustili eno rastlino na vdolbino. Po setvi smo posejane plošče temeljito zalili. Od vznika naprej smo zalivali po potrebi. Zalivanje smo izvajali ročno z zalivalno cevjo in z razpršilom. Rastline so bile zdrave, tako da sredstva proti boleznim in škodljivcem nismo uporabili.

Sadice v substratih Neuhaus, Stender, Terra Brill in Valentin so bile izenačene v rasti, razvoju in barvi. Sadice v substratu Plantella so bile nekoliko manjše in temnejše barve, še manjše pa so bile sadice v substratu Agrina. Po približno 1 mesecu se je rast sadik v substratih Plantella in Agrina upočasnila in pri substratu Agrina ustavila, tako da sadike v omenjenih substratih niso dosegle primerne višine za presajanje.

3.3 MERITVE, VZORČENJE IN ANALIZE RASTNIH SUBSTRATOV IN SADIK

3.3.1 Meritve sadik

Iz vsake gojitvene plošče smo naključno izbrali deset sadik. Posameznim rastlinam smo z ravnilom izmerili višino, dolžino korenin in prešteli število razvitih listov. Nato smo sprali korenine in stehali nadzemni del vseh 10 rastlin skupaj in korenine vseh 10 rastlin skupaj. Meritve smo zapisovali v za to pripravljene preglednice.

3.3.2 Odvzem vzorcev

Iz vsake plošče smo odvzeli 100 sadik solate in jim odstranili korenine. Liste smo posušili pri temperaturi 40 °C. Suhe liste smo zmleli v mlinu za rastlinske vzorce RETCH ZM100. V tako pripravljenih vzorcih smo opravili meritve vsebnosti kovin.

3.3.3 Analitske metode

3.3.3.1 Meritev suhe snovi substratov

Svež substrat smo homogenizirali, pri čemer smo večje grude ročno zdrobili v manjše. Tehtiče volumna 100 ml smo najprej stehali prazne, nato smo jih do polovice napolnili s svežim substratom in ponovno stehali. Tehtiče smo postavili v sušilnik za 48 ur in nastavili temperaturo na 105 °C. Ohlajene tehtiče smo ponovno stehali in iz razlike v masi ugotovili delež suhe snovi v substratih (SIST ISO 1146,1996).

3.3.3.2 Meritev gostote substratov v laboratoriju (L_D)

Gostoto substratov smo merili po modificirani metodi evropskega standarda (EN 13040, 2007). Homogenizirani substrat smo nasuli v posodo volumna 1000 ml (1L) do roba. Polno posodo smo trikrat spustili z višine 10 cm in dopolnili s svežim substratom do roba posode tako, da je bil volumen substrata točno 1000 ml. Posodo s substratom smo stehali. Volumsko gostoto substrata smo podali v g/L. Izračunali smo jo po sledeči formuli:

$$L_D = m_{s+c} - m_c/1000 \text{ (g/L)} \quad \dots(1)$$

m_{s+c} masa substrata in cilindra

m_c masa cilindra.

3.3.3.3 Meritev pH

Merili smo aktivno in potencialno kislost. Aktivna kislost zajema koncentracijo vodikovih ionov v talni raztopini. Izmerili smo jo po ekstrakciji z vodo. Potencialna kislost zajame poleg vodikovih ionov v talni raztopini tudi adsorptivno vezane vodikove in posledično aluminijeve ione, ki jih izmerimo v talni raztopini po izmenjavi. Za izmenjavo smo uporabili 0,01 M CaCl₂. Ekstrakcijo smo naredili tako, da smo z merilno žlico odmerili 7,5 ml zračno suhega homogeniziranega substrata 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).

3.3.3.4 Meritev vsebnosti organskega ogljika, organske snovi in skupnega dušika

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 substrata. 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:

$$\text{Org. sn.(\%)} = C_{\text{org}} (\%) \times 1,742 \quad \dots(2)$$

3.3.3.5 Meritev rastlinam dostopnega P in K (CAL)

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

3.3.3.6 Meritev Zn in Pb v substratih in sadikah

Vsebnost kovin smo merili po kislinskem razklopu v zaprtem mikrovalovnem sistemu CEM (MARS Xpress). Vsebnost Zn in Pb 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)

Izračunali smo tudi bioakumulacijski faktor (BAF) za Zn in Pb tako, da smo povprečno koncentracijo elementa v listu delili s povprečno koncentracijo elementa v substratu.

3.3.3.7 Elektroprevodnost

V primerno ekstrakcijsko posodo smo zatehtali 20g vzorca in ga prelili s 100 ml deionizirane vode ter dali na stresalnik za 30 minut. Ekstrakt smo prefiltrirali in pomerili elektroprevodnost na aparatu ISKRA MA5966. Rezultat smo podali v mS/cm (SIST ISO 11 265, 1996).

3.3.3.8 Meritev vsebnosti soli

Skupno vsebnost soli smo izmerili neposredno v substratih s pomočjo prenosnega instrumenta STELZNER PET 2000 KOMBI. Sondo instrumenta smo potisnili v substrat do določene dolžine, počakali smo nekaj sekund in odčitali AM vrednost na zaslonu. AM vrednost pomeni aktivnost prostih soli izražene v g/l substrata.

3.3.3.9 Klorofilni indeks

Obarvanost listov testne rastline smo merili s pomočjo instrumenta Klorofilomer Hydro N-tester. Metoda temelji na spoznanju, da je nastajanje klorofila močno odvisno od prehranjenosti z dušikom (Mihelič, 1995). Meritev smo izvajali tako, da smo zdrav in nepoškodovan list sadike vstavili v merilno režo instrumenta. Ko nežno stisnemo obe polovici merilnega dela, skozi list potuje svetloba rdečega in infrardečega spektra, ki jo receptor spremeni v električne signale, mikroprocesor pa izračuna vrednost, ki jo podajamo brez enot in jo imenujemo klorofilni indeks. Instrument poda povprečni rezultat 30-tih meritev, ki smo jih opravili na listih različnih sadik iste gojitvene plošče.

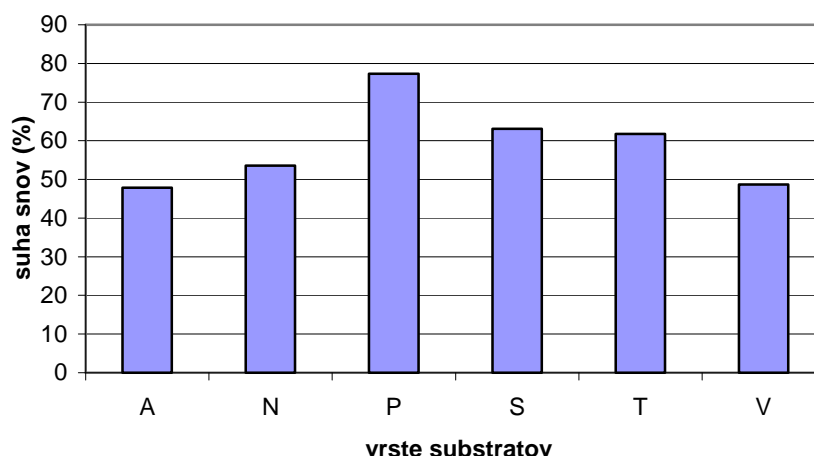
4 REZULTATI

4.1 MERITVE SUBSTRATOV

Substrati se razlikujejo v vseh merjenih lastnostih. Rezultati vseh meritev, vključno s ponovitvami, so podani v preglednicah v prilogi 1. V nadaljevanju podajamo povprečne vrednosti posameznih parametrov za vse testirane substrate, ki jih v slikah navajamo s kraticami po abecednem vrstnem redu: A-Agrina; N-Neuhaus; P-Plantella; S-Stender; T-Terra Brill in V-Valentin.

4.1.1 Vsebnost suhe snovi

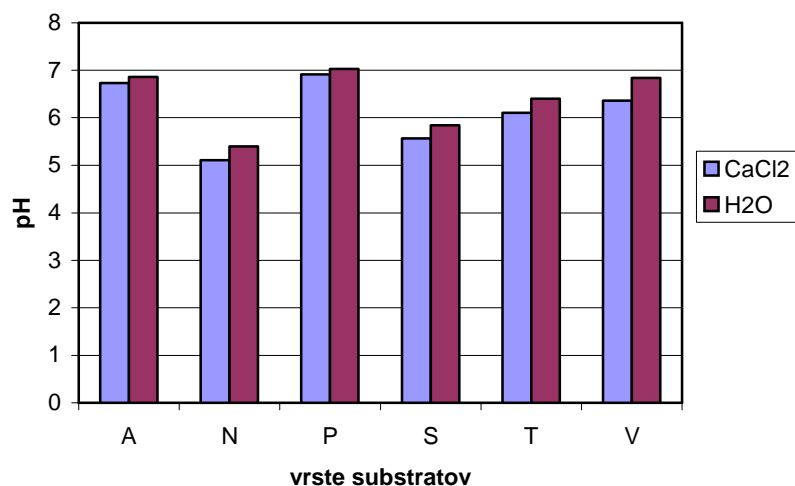
Na sliki 2 so prikazane povprečne vrednosti suhe snovi. Razlike med substrati so očitne, izstopa substrat Plantella, ki ima največji delež suhe snovi, in sicer 77,37 %: Najmanjšo vsebnost suhe snovi imata substrata Valentin (48,67 %) in Agrina, (47,87 %).



Slika 2: Povprečne vrednosti suhe snovi testiranih substratov

4.1.2 Povprečna pH vrednost substratov

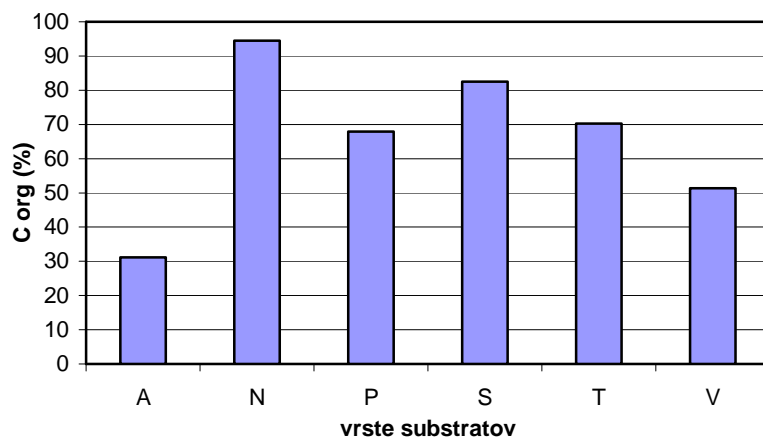
Aktivna (H_2O) in potencialna ($CaCl_2$) kislost substratov, ki smo ju izmerili, se gibljeta v območju treh pH razredov: kislo, zmerno kislo in nevtrarno. Največjo pH vrednost ima substrat Plantella, in sicer 6,91 ($CaCl_2$) in 7,03 (H_2O), najmanjšo pa ima substrat Neuhaus 5,11 ($CaCl_2$) in 5,4 (H_2O).



Slika 3: Povprečne pH vrednosti testiranih substratov

4.1.3 Vsebnost skupnega ogljika v substratu

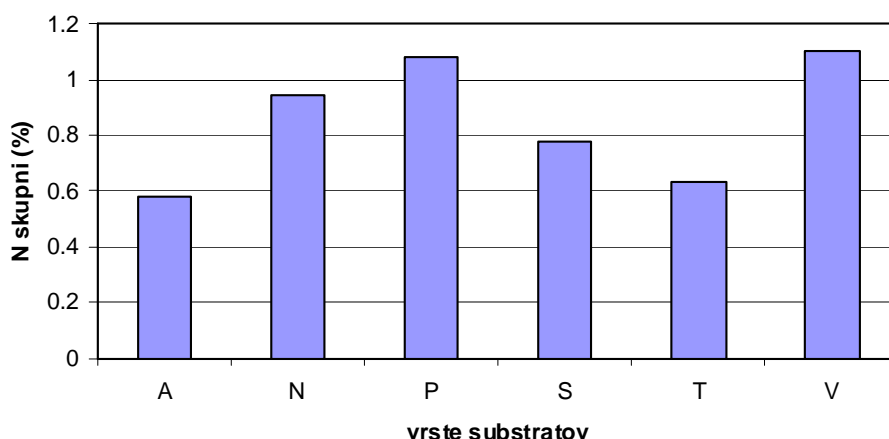
Graf na sliki 4 prikazuje povprečne vrednosti skupnega ogljika. Največjo vrednost je imel substrat Neuhaus, 94,5 %, najmanjšo pa substrat Agrina, 34,19 %.



Slika 4: Povprečne vrednosti organskega ogljika v testiranih substratih

4.1.4 Vsebnost skupnega dušika v substratu

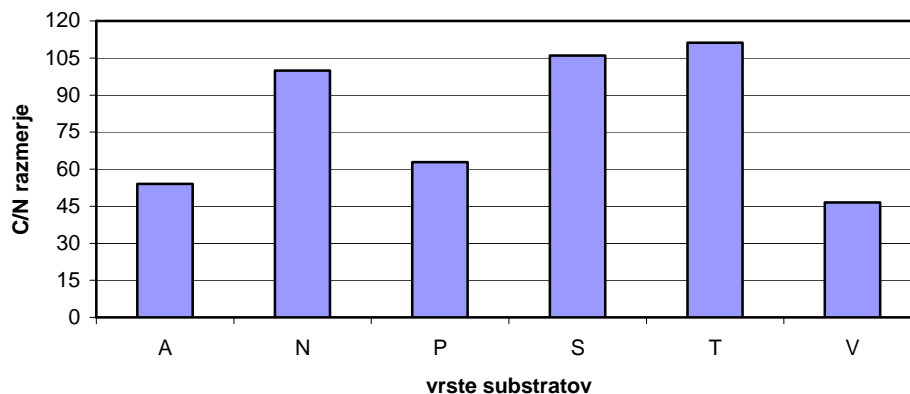
Slika 5 prikazuje povprečne vrednosti skupnega dušika. Največjo vrednost ima substrat Valentin (1,103 %), nekoliko manjšo vrednost ima substrat Plantella (1,082 %). Najmanjšo vrednost ima ponovno substrat Agrina, in sicer 0,577 %.



Slika 5: Povprečne vrednosti skupnega dušika v testiranih substratih

4.1.5 C/N razmerje v substratu

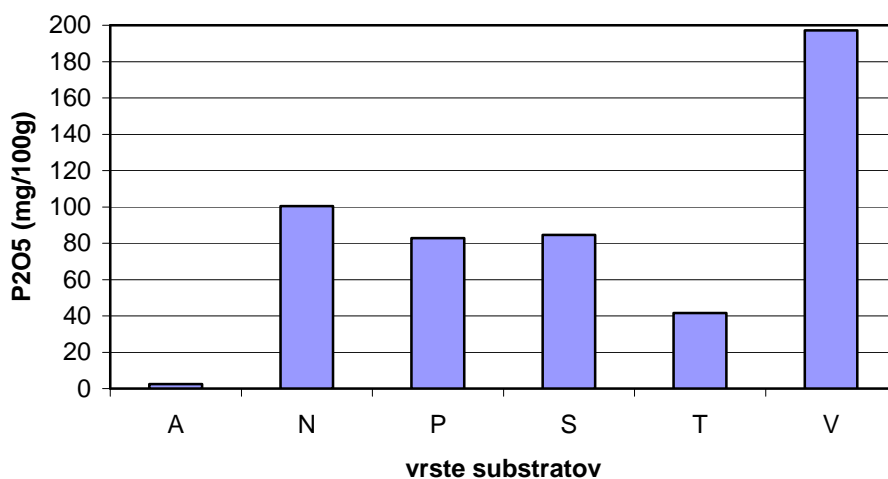
Na sliki 6 je prikazano C/N razmerje, to je razmerje med organskim ogljikom in organskim dušikom. Največje C/N razmerje ima substrat Terra Brill (111,2), nekoliko manjše ima substrat Stender, (106,2). Najmanjše C/N razmerje smo ugotovili v substratu Valentin, (46,52).



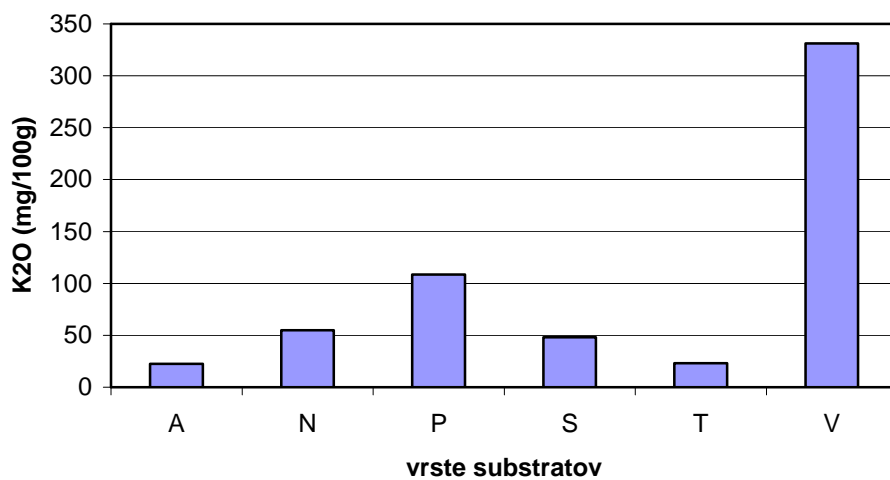
Slika 6: Povprečne vrednosti C/N razmerja v testiranih substratih

4.1.6 Vsebnost rastlinam dostopnega P in K

V slikah 7 in 8 so prikazane povprečne vrednosti rastlinam dostopnega fosforja in kalija. Pri obeh vrednostih močno odstopa substrat Valentin, kjer smo merili največje vrednosti (197,2 mg P₂O₅ /100g oziroma 331,1 mgK₂O/100g). Najmanjše vrednosti smo izmerili v substratu Agrina (2,45 mg P₂O₅ /100g in 22,5 mgK₂O/100g).



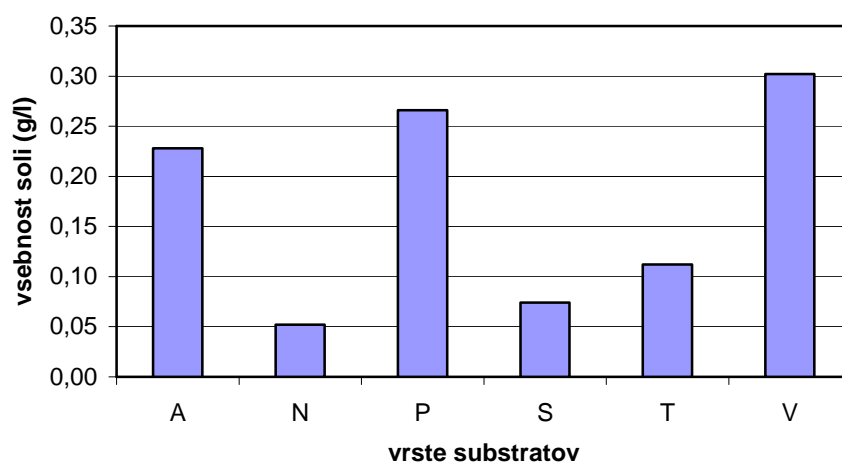
Slika 7: Povprečne vrednosti P₂O₅ v testiranih substratih



Slika 8: Povprečne vrednost K₂O v testiranih substratih

4.1.7 Vsebnost soli v substratu

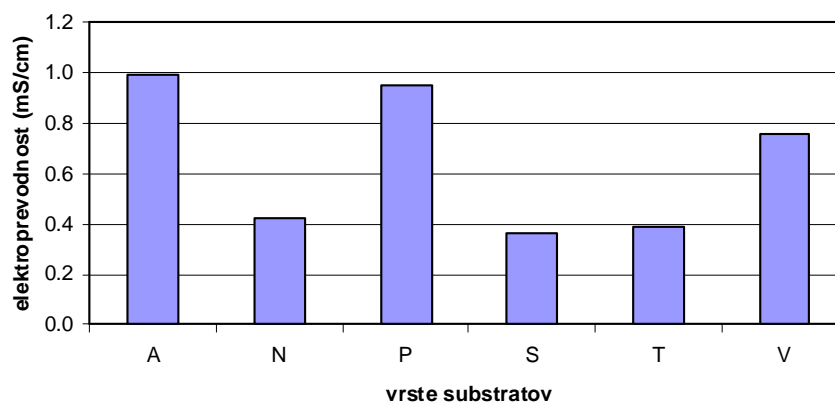
Vsebnost soli smo merili s sondo, ki smo jo porinili v substrat do določene dolžine, počakali nekaj sekund in odčitali vrednost, ki nam pokaže proste soli topne v vodi. Iz na sliki 9 je razvidno, da smo največ soli izmerili v substratu Valentin, in sicer 0,30 g/l. Nekoliko manjšo vrednost ima substrat Plantella (0,27 g/l), najmanjšo vrednost pa ima substrat Neuhaus, in sicer 0,05 g/l.



Slika 9: Povprečne vsebnosti soli v testiranih substratih

4.1.8 Elektroprevodnost substrata

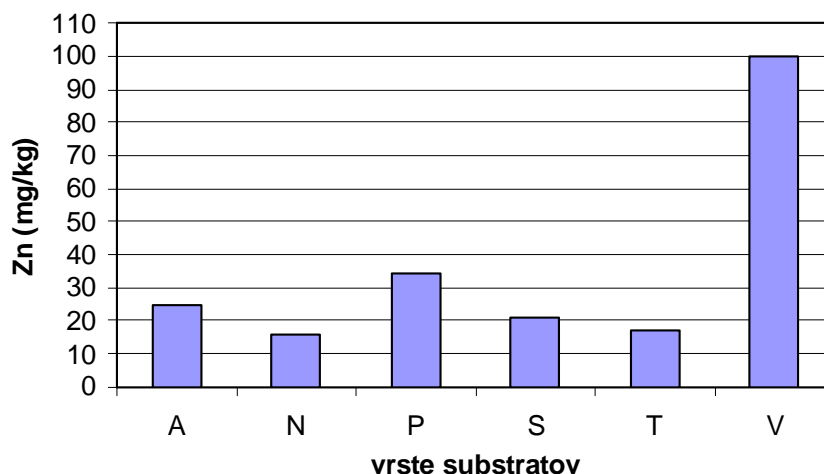
Podobno razmerje med substrati kaže tudi parameter elektroprevodnost. Substrati Agrina, Plantella in Valentin imajo večjo elektroprevodnost, Neuhaus, Stender in Terra Brill pa manjšo (Slika 10). Vrednosti so v območju podatkov, navedenih na embalaži, na primer substrat Agrina (0,8-1,2 mS/cm).



Slika 10: Povprečne vrednosti elektroprevodnosti testiranih substratov

4.1.9 Vsebnost Zn v substratu

Vsebnost mikroelementa Zn v substratu je prikazana na sliki 11.

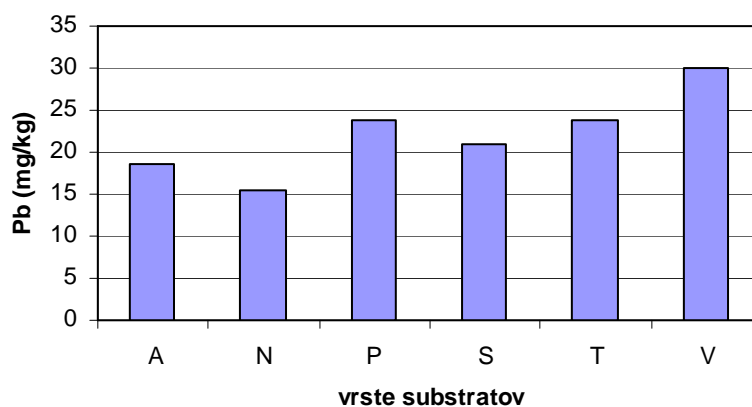


Slika 11: Povprečne vrednosti Zn v testiranih substratih

Največjo vsebnost smo izmerili v substratu Valentin, in sicer 100,15 mg/kg. Koncentracije Zn v ostalih substratih so manjše in so v enakih koncentracijskih območjih, kot je navedeno na embalaži: za substrat Stender 17,06 mg/kg in za substrat Terra Bill 20 mg/kg.

4.1.10 Vsebnost Pb v substratu

Vsebnost Pb kaže podobno razporeditev kot vsebnost Zn, vendar koncentracija v substratu Valentin ne odstopa tako močno (Slika 12). Ugotovili smo, da so vse izmerjene vrednosti večje od vsebnosti na embalaži: substrat Stender 13,06 Pb mg/kg, Terra brill 15,5 Pb mg/kg in Valentin manj kot 10 Pb mg/kg.



Slika 12: Povprečne vrednosti Pb v testiranih substratih

4.2 MERITVE RASTLIN

Razlike med substrati so se pokazale tudi v rasti testne rastline. Najbolj intenzivno rast so imele sadike solate v substratih Neuhaus, Terra Brill, Valentin in Stender, medtem ko so sadike v substratih Agrina in Plantella kmalu začele zaostajati (Slika 13). Razlike so se do konca poskusa še povečale. sadike v substratu Agrina sploh niso razvile pravih listov, zato tudi nismo mogli opraviti meritev kazalcev rasti in razvoja sadik. Podobno velja za sadike v substratu Plantella, kjer smo opravili le meritev klorofilnega indeksa, količina biomase za ostale meritve je bila premajhna (Slika 14).



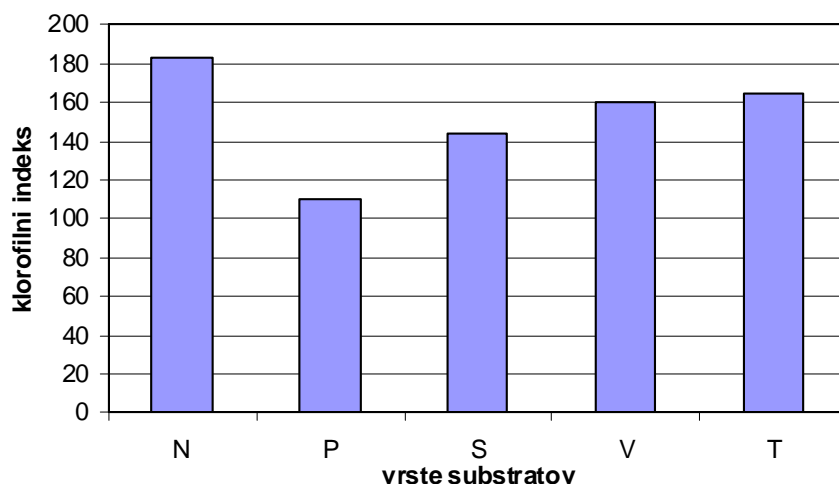
Slika 13: Sadike solate tri tedne po setvi: slabo so rasle sadike v substratu Plantella (na sliki setvena plošča desno v prvi vrsti) in še slabše v substratu Agrina (na sliki setvena plošča v sredini prve vrste)



Slika 14: Sadike solate ob koncu poskusa – dva meseca po setvi

4.2.1 Vrednosti klorofilnega indeksa

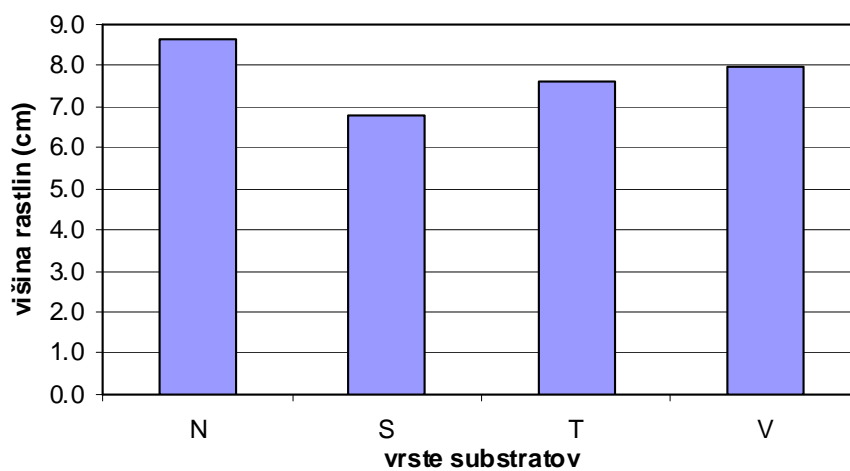
Na sliki 15 so predstavljene povprečne vrednosti klorofilnega indeksa. Največjo vrednost so imele sadike v substratu Neuhaus 182,7. Malo manjšo vrednost so imele sadike v substratu Valentin, in sicer 165, najmanjšo vrednost pa sadike v substratu Plantella 110,7. Sadike v substratu Agrina niso dosegle primerne velikosti za izvedbo meritev.



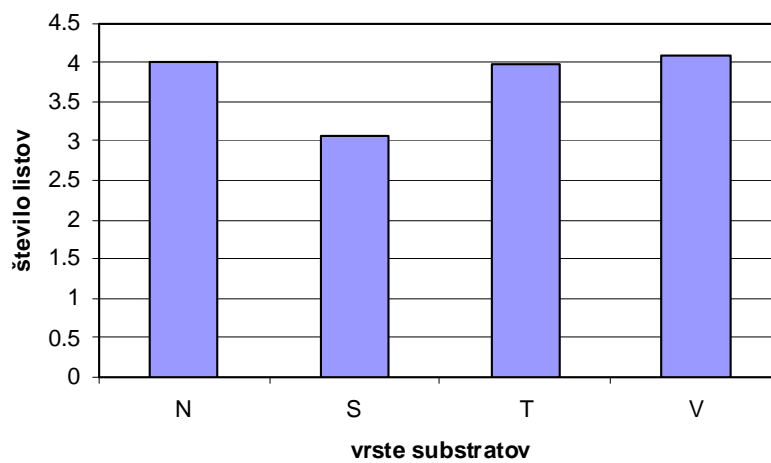
Slika 15: Povprečne vrednosti klorofilnega indeksa sadik v testiranih substratih

4.2.2 Povprečne vrednosti izmerjenih rastnih parametrov

Po dveh mesecih rasti so sadike v štirih substratih (Neuhaus, Stender, Valentin in Terra Brill) dosegle velikost, primerno za presajanje. Izmerili smo povprečno višino sadik, število listov in količino biomase listov in korenin. Na slikah 16 in 17 sta prikazani povprečna višina in povprečno število listov na sadiko. Največje sadike so bile v substratu Neuhaus, 8,66 cm, sadike v substratu Valentin in Terra Brill so bile dokaj izenačene, v substratu Stender pa najmanjše, 6,78 cm. Največje povprečno število listov so imele sadike v substratu Valentin (4,08 cm). Sicer pa so bile po številu listov sadike dokaj izenačene, izstopale so sadike v substratu Stender, ki so imele povprečno najmanjše število listov, 3,07 (Slika 17)

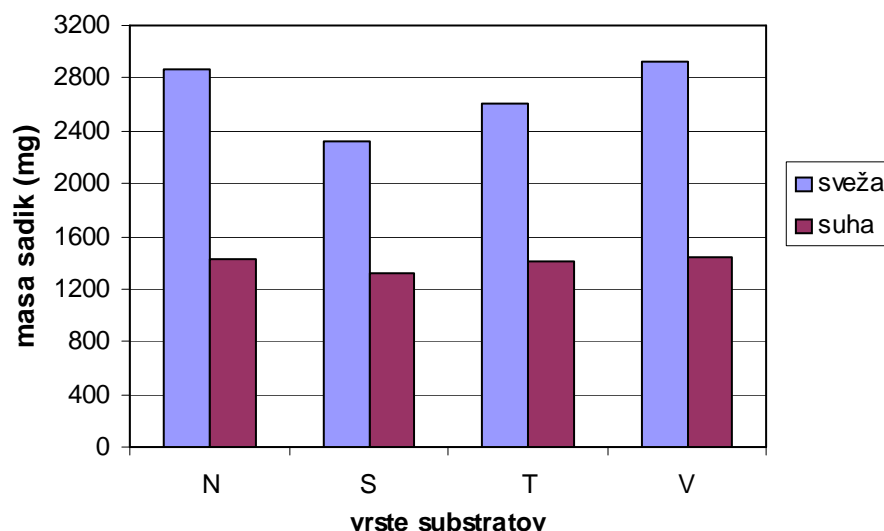


Slika 16: Povprečna višina sadik v testiranih substratih



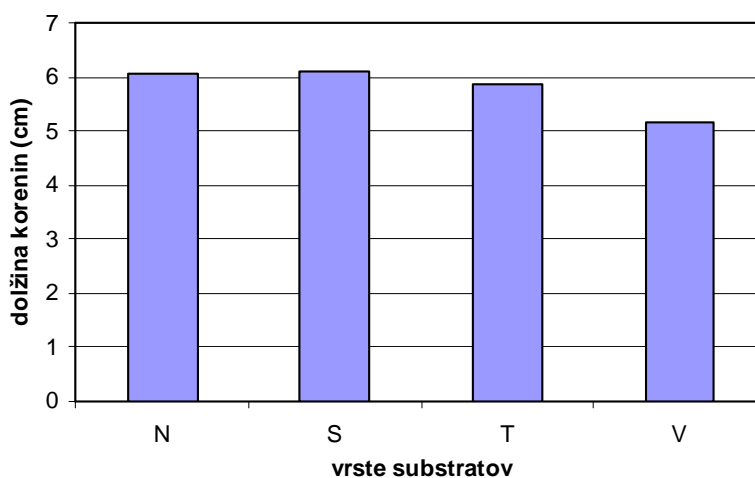
Slika 17: Povprečno število listov v testiranih substratih

Sadike so se glede na substrat, v katerem smo jih gojili, razlikovale tudi v sveži in suhi masi. Sadike v substratu Valentin so imele največjo povprečno svežo maso, ki je bila 2920 mg, nekoliko manjšo so imele sadike v substratu Neuhaus, 2870 mg. Najmanjšo maso pa so imele sadike v substratu Stender, 2320 mg.



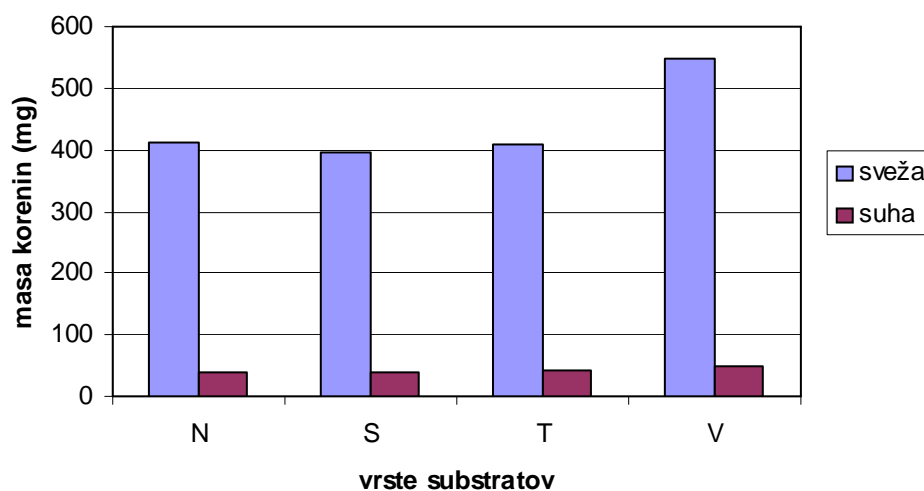
Slika 18: Povprečna masa (sveža in suha) sadik v testiranih substratih

V dolžini korenin so se sadike malo razlikovale. Izstopale so le rastline, gojene v substratu Valentin, ki so imele v povprečju krajše korenine (5,15 cm) od rastlin, ki so rastle v ostalih treh substratih (Slika 19).



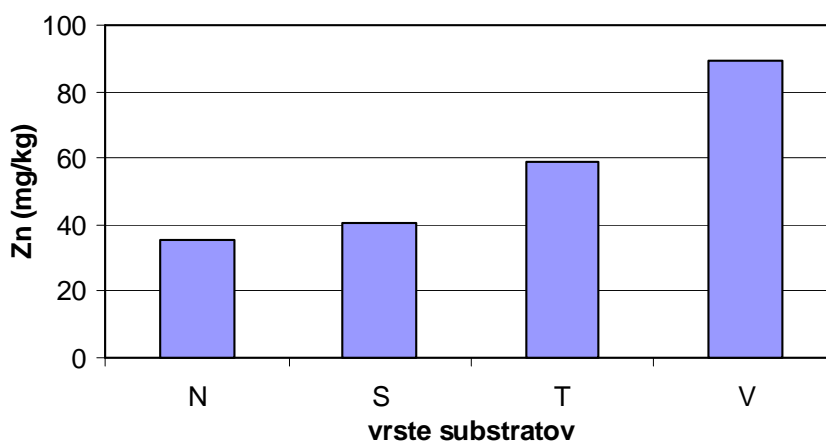
Slika 19: Povprečna dolžina korenin sadik v testiranih substratih

Na sliki 20 prikazujemo povprečno svežo in suho maso korenin. Povprečna masa korenin je bila pri vseh obravnavanjih dokaj izenačena. Malo večjo svežo maso korenin so imele sadike v substratu Valentin, in sicer 547 mg, suha masa sadik v substratu Valentin pa je bila 48,5 mg.



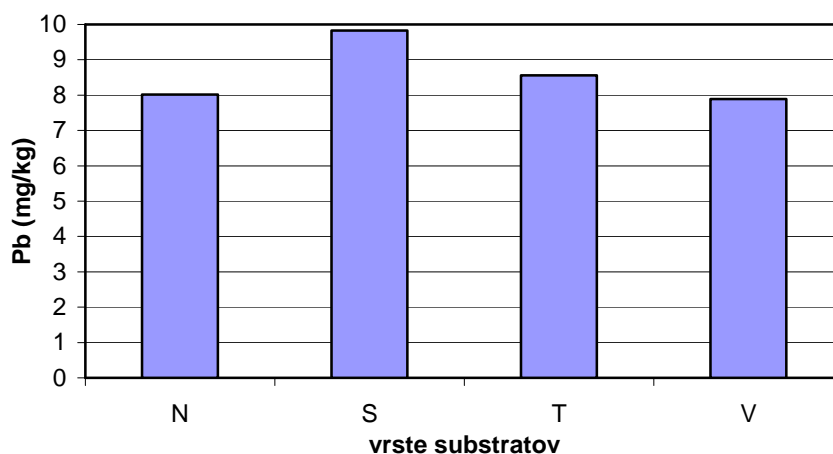
Slika 20: Povprečna masa (sveža in suha) korenin sadik, v testiranih substratih

Vsebnost Zn in Pb v listih testne rastline je prikazana na slikah 20 in 21.



Slika 21: Povprečna vrednost Zn v rastlinah v testiranih substratih

Največjo vrednost smo izmerili v rastlinah, ki so rastle v substratu Valentin, in sicer 89,65 mg/kg, najmanjšo pa v sadikah iz substrata Neuhaus, 35,59 mg/kg. Najvišjo vrednost Pb v listih solate je imel substrat Stender 9,83 mg/kg. Najmanjšo vrednost pa substrat Valentin, in sicer 7,89 mg/kg.



Slika 22: Povprečna vrednost Pb v rastlinah, v testiranih substratih

Iz razmerja koncentracij Zn in Pb v listih sadik solate in substratih smo izračunali bioakumulacijske faktorje (BAF Zn, BAF Pb). Bioakumulacijski faktorji potrjujejo, da je Zn približno štirikrat bolj dostopen testni rastlini kot Pb (Pregl. 2).

Pregl. 2: Bioakumulacijski faktor (BAF), za Zn in Pb v štirih substratih

Substrati	Zn v substratu mg/kg	Zn v listih mg/kg	BAF Zn	Pb v substratu mg/kg	Pb v listih mg/kg	BAF Pb
Neuhaus	15,6	35,6	2,281	15,4	8,01	0,521
Stender	20,7	40,4	1,956	20,9	9,83	0,471
Terra Brill	16,8	59,2	3,526	23,9	8,56	0,358
Valentin	100,2	89,7	0,895	30,7	7,89	0,262

5 RAZPRAVA IN SKLEPI

5.1 RAZPRAVA

Substrati se med seboj zelo razlikujejo v vsebnosti vode oziroma v deležu suhe snovi in v gostoti. Eden od zahtev za rastne substrate je tudi čim manjša masa substrata, čemur najbolj ustreza substrat Stender z gostoto 119 g/l. Največji delež suhe snovi je imel substrat Plantella, in sicer 77,37 %. Najmanjšo vsebnost suhe snovi imata substrata Valentin (48,67 %) in Agrina, (47,87 %). Prevelik delež vode lahko ovira pripravo gojitvenih plošč in setev, kar smo opazili pri Plantella. Nasprotno pa moramo paziti, da seme, ki ga posejemo v zelo suh substrat, dovolj dobro zalijemo.

Reakcija tal močno vpliva na dostopnost hranil rastlinam. Večina mineralov je bolj topnih v kislih kot v nevtralnih ali bazičnih tleh. Najbolj kisel substrat je bil Neuhaus, 5,4 (H₂O) in 5,11 (CaCl₂). Substrat Plantella je imel najbolj nevtralen pH, in sicer 6,91 (CaCl₂) in 7,03 v H₂O. Na embalaži substratov so bili tudi podatki o pH vrednostih. Pri substratu Stender in Valentin so se podatki ujemali z izmerjenimi. Pri Substratu Terra Brill smo izmerili nekoliko večji pH, 6,1 v CaCl₂ in 6,4 v H₂O, vrednost na deklaraciji pa je bila 5,8 v CaCl₂. Največje odstopanje je bilo pri substratu Plantella, kjer je bila zapisana vrednost 5-6. Za substrat Neuhaus pa nismo zasledili podatka o pH vrednosti

Največjo povprečno vrednost skupnega ogljika je imel substrat Neuhaus, 94,5 %, najmanjšo vrednost pa substrat Agrina, 34,19 %. Največjo vrednost skupnega dušika (1,103 %) je imel substrat Valentin, najmanjšo vrednost pa je imel substrat Agrina in sicer 0,577 %. Največje C/N razmerje ima substrat Terra Brill, ki je 111,2, najmanjšo vrednost pa ima substrat Valentin, 46,52. Iz podatkov meritev sklepamo, da substrata Terra Brill in Stender vsebujeta več inertne organske snovi, saj imata široko C/N razmerje. Substrat Valentin ima najožje C/N razmerje, vendar sklepamo, da je substratu dodan vir hranil, saj poleg skupnega dušika vsebuje največ fosforja in kalija ter mikroelementa Zn. Glede na delež organskega ogljika, skupnega dušika ter njuno razmerje je najbolj uravnotežen substrat Neuhaus.

Substrat Valentin je imel povprečno največje vrednosti fosforja in kalija, ki sta bila 197,17 mg P₂O₅/100g, in 331,08 mgK₂O/100g. Izredno majhni vrednosti pa je imel substrat Agrina, 2,45 mg P₂O₅ /100g in 22,5 mgK₂O/100g. Predvidevamo, da se je rast sadik v substratu Agrina ustavila zaradi pomanjkanja hranil; rastline so bile tudi bolj temno zelene barve, kar kaže na znake pomanjkanja fosforja.

Na deklaraciji substrata Agrina pa je bil podatek 120-250 mg P₂O₅/100g in 150-250 mgK₂O/100g, česar z našimi meritvami in tudi s testno rastlino nismo potrdili.

Substrat za gojenje sadik naj bi okvirno vseboval 70-100 mg/l dušika, 70-100 mg/l fosforja in 80-120 mg/l kalija (Osvald in Kogoj-Osvald, 1999b). V kolikor upoštevamo gostoto substrata in preračunamo podatke o rastlinam dostopni količini fosforja in kalija, navedenim vrednostim ustrezajo vsi substrati, razen že prej omenjenega substrata Agrina in delno tudi Terra Brill (majna vsebnost izmenljivega kalija).

Vse vrednosti o vsebnosti soli so nižje od navedenih na deklaraciji: substrat Valentin manj kot 3 g/l, substrat Stender 0,5 g/l (KCl), substrat Terra Brill 0,6 g/l (KCl). Podatek o elektroprevodnosti je bil naveden le na embalaži substrata Agrina in sicer 0,8-1,2 mS/cm. Izmerjena povprečna elektroprevodnost v substratu Agrina je bila 0,99 mS/cm, kar sicer ustreza območju na embalaži substrata, vendar smo v vseh ostalih substratih izmerili nižjo elektroprevodnost. Elektroprevodnost določa tudi Odločba komisije št. 2007/64/ES, kjer je navedeno, da električna prevodnost proizvoda ne sme presegati 1,5 mS/cm (Ur. l. ES L 32/137). Zanimivo je, da sadike solate niso dobro uspevale v substratu Agrina (največja elektroprevodnost in najmanjša vsebnost hranil). Slab rezultat oziroma sadike niso dosegle velikosti za presajanje tudi v substratu Plantella, ki je imel drugo najvišjo izmerjeno elektroprevodnost (0,95 mS/cm) in količino topnih soli (0,27 g/l).

Največjo vsebnost Zn smo izmerili v substratu Valentin, in sicer 100,15 mg/kg, Koncentracije Zn v ostalih substratih so manjše in so v enakih koncentracijskih območjih, kot je navedeno na embalaži: za substrat Stender 17,06 mg/kg in za substrat Terra Bill 20 mg/kg. Vsebnost Pb kaže podobno razporeditev kot vsebnost Zn, vendar koncentracija v substratu Valentin ne odstopa tako močno. Ugotovili smo, da so vse izmerjene vrednosti večje od vsebnosti, navedene na embalaži: substrat Stender 13,06 Pb mg/kg, Terra Brill 15,5 Pb mg/kg in Valentin manj kot 10 Pb mg/kg.

Vse izmerjene vrednosti pa so precej manjše (od 3 do 5 krat), kot jih predpisuje Odločba komisije št. 2007/64/ES, kjer je navedeno, da naj bo vsebnost Zn nižja od 300 mg/kg (suhe teže) in vsebnost Pb nižja od 100 mg/kg (suhe teže). (Odločba komisije (2007/64/ES) L 32/137, 2006).

Največjo vrednost Zn smo izmerili v rastlinah, ki so rastle v substratu Valentin, in sicer 89,65 mg/kg, najmanjšo pa rastlinah v substratu Neuhaus (35,59 mg/kg). Največjo vsebnost Pb v listih solate je imel substrat Stender, 9,83 mg/kg, najmanjšo vrednost pa sadike iz substrata Valentin, in sicer 7,89 mg/kg. Glede na koncentracije obeh elementov v substratu je razvidno, da je Zn približno štirikrat bolj dostopen testni rastlini kot Pb.

Sadike so bile najlepše, najboljše in med seboj primerljive v substratu Valentin in Neuhaus. Sadike v substratu Valentin so imele povprečno največje število listov, in sicer 4,07, Malo manj listov so imele v substratu Neuhaus, 2,87, bile pa so največje povprečna višina je bila 8,66 cm. Nekoliko manjše sadike so bile v substratu Terra Brill. Najmanjše so bile substratu Stender, 6,78 cm, imele so povprečno najmanjše število listov, in sicer 3,07,

imele pa so povprečno najdaljše korenine, in sicer 6,12 cm. Povprečno najkrajše korenine so imele sadike v substratu Valentin.

Sadike v substratu Valentin so imele povprečno največjo svežo maso nadzemnega dela, 2,92 g, suho maso, 1,44 g, in svežo maso korenin, 0,547 g. Povprečno najlažje sadike so bile v substratu Stender: sadike so imele povprečno svežo maso 2,32 g in povprečno suho maso 1,32 g. Sadike v substratu Neuhaus so imele povprečno najnižjo suho maso korenin, 0,373g.

Nicola in Cantliffe (1996), ki sta preučevala kakovost sadik v različnih velikosti vdolbin gojitvenih plošč, navajata, da so sadike, ki so rasle v 19 ml vdolbinah imele povprečno 4,9 listov, povprečna velikost sadike je bila 13,8 cm, suha masa listov 121 mg, suha masa korenin pa 14 mg.

Izmerili smo tudi klorofilni indeks. Pri tem smo uporabili prenosni merilec-klorofilmeter. Pri meritvah je bilo pomembno, da smo imeli dovolj veliko rastlino, zato meritev nismo izvedli na rastlinah, ki so rastle v substratu Agrina. Največjo povprečno vrednost klorofilnega indeksa so imele sadike v substratu Neuhaus 182,7. Najmanjšo povprečno vrednost pa sadike v substratu Plantella, 110,7.

5.2 SKLEPI

Rastni substrati se med seboj razlikujejo v vseh merjenih lastnostih in tudi v podatkih, ki so navedeni na embalaži. Na embalaži je največkrat naveden podatek o kislosti (pH vrednost), o vsebnosti rastlinskih hranil (skupnega ali izmenljivega dušika ter izmenljivega fosforja in kalija) in organskega ogljika oziroma organske snovi. Podatek o elektroprevodnosti in skupni količini topnih soli je bil naveden le za dva substrata od šestih. Podobno velja za vsebnost kovin.

Za večino analitskih podatkov na embalaži ni navedena metoda ugotavljanja. O metodi oziroma principu ugotavljanja (vrsti ekstrakcije) včasih lahko sklepamo iz enote podajanja.

Največje razlike pri parametrih, ki smo jih merili v nalogi, smo zabeležili pri podatkih za delež suhe snovi, delež organskega ogljika, vsebnost izmenljivega fosforja in kalija ter vsebnosti kislinsko topnega cinka.

Substrat Valentin izstopa v vsebnosti hranil in kislinsko topnega cinka. Substrat Agrina vsebuje najmanj rastlinskih makrohranil, ima pa veliko elektroprevodnost in količino topnih soli. Substrat Neuhaus vsebuje največjo količino organskega ogljika, substrata Stender in Terra Brill pa imata najširše C/N razmerje. Substrat Plantella vsebuje najmanj vode izmed vseh preiskanih substratov. Substrata Plantella in Agrina sta nevtralne reakcije,

zmerno kisla sla substrata Terra Brill in Valentin, kislo reakcijo pa imata substrata Stender in Neuhaus,

Solata je dobro kalila v vseh substratih, vendar se je rast sadik kmalu zaustavila v substratu Agrina, slabo so uspevale tudi sadike v substratu Plantella. Sadike v substratih Stender, Terra Brill, Valentin in Neuhaus so po petih tednih rasti dosegle zadovoljivo velikost za presajanje.

Elementa Zn in Pb prehajata iz substrata preko korenin v liste solate. Koncentracija Pb se tako v substratih kot v sadikah bistveno ne razlikuje med obravnavanji. Koncentracija Zn v listih solatnih sadik se razlikuje za 2,5 x od najmanjše v sadikah iz substrata Neuhaus do največje v sadikah iz substrata Valentin. Glede na koncentracijo Pb in Zn v substratih in listih testne rastline lahko sklepamo, da je Zn približno štirikrat bolj dostopen solati kot Pb.

6 POVZETEK

Na trgu je na voljo veliko različnih rastnih substratov za uporabo v zelenjadarstvu. Proizvajalci zagotovijo ustrezno sestavo in dovolj veliko vsebnost rastlinskih hranil, zaradi česar substrati zagotavljajo optimalne razmere za gojenje sadik vrtnin. Zaradi različnih vhodnih surovin se substrati med seboj razlikujejo v sestavi in fizikalno kemijskih parametrih. Predvidevali smo, da substrati vsebujejo tudi določeno količino cinka, ki je rastlinsko mikro-hranilo in svinca, ki ni nujno potreben v prehrani rastlin. Z analizo sadik solate, gojene v substratih, smo ugotovili, v kolikšni meri omenjena mikro-elementa prehajata iz substrata v zeleni del rastline.

Za testno rastlino smo izbrali eno rastlinsko vrsto – solato (*Lactuca sativa* L.) sorte 'Noisette'. Uporabili smo šest različnih substratov (Agrina, Neuhaus, Plantella, Stender, Terra Brill in Valentin). Poskus je potekal v rastlinjaku Biotehniške fakultete od 19. 3. 2010, ko smo opravili ročno setev v gojitvene plošče, do 29. 4. 2010, ko so bile sadike primerne velikosti za presajanje. Pri substratih smo naredili pedološke analize: pH, delež suhe snovi, delež organske snovi, elektroprevodnost, gostoto substratov in vsebnost skupnega dušika ter izmenljivega fosforja in kalija. Izmerili smo tudi vsebnost kislinsko topnega Zn in Pb v sadikah in substratih. Dobljene rezultate smo primerjali s podatki na embalaži in priporočili Evropske komisije (Odločba komisije (2007/64/ES) L 32/137, 2006).

Substrati se razlikujejo v vseh merjenih lastnostih. Substrat Plantella, je imel največji delež suhe snovi, in sicer 77,37 %; najmanjšo vsebnost pa substrat Valentin (48,67 %) in Agrina, (47,87 %). Najvišji pH ima substrat Plantella, in sicer 6,91 (CaCl₂) in 7,03 (H₂O), najnižjo vrednost pa ima Substrat Neuhaus, 5,11 (CaCl₂) in 5,4 (H₂O). Pri vsebnosti rastlinam dostopnega fosforja in kalija močno odstopa substrat Valentin, in sicer 197,2 mg P₂O₅ /100g oziroma 331,1 mgK₂O/100g. Izredno majhne vrednosti je imel substrat Agrina 2,45 mg P₂O₅ /100g in 22,5 mgK₂O/100g. Največjo vsebnost soli je imel substrat Valentin in znaša 0,30 g/l, najmanjšo vrednost pa je imel substrat Neuhaus, in sicer 0,05 g/l. Vse vrednosti so nižje od navedenih na deklaraciji: substrat Valentin manj kot 3 g/l, Substrat Stender 0,5 g/l (KCl), substrat Terra Brill 0,6 g/l (KCl). Največjo vrednost Zn smo izmerili v substratu Valentin in sicer 100,15 mg/kg, na embalaži je bil tudi podatek, da vsebuje Zn manj kot 200 mg/kg. Koncentracije Zn v ostalih substratih so bistveno nižje in so v enakih koncentracijskih območjih kot je navedeno na embalaži: za substrat Stender 17,06 mg/kg in za substrat Terra Bill, 20 mg/kg. Vsebnost Pb kaže podobno razporeditev kot vsebnost Zn, vendar koncentracija v substratu Valentih ne odstopa tako močno. Ugotovili smo, da so vse izmerjene vrednosti večje od vsebnosti, navedene na embalaži: substrat Stender 13,06 Pb mg/kg, Terra Brill 15,5 Pb mg/kg in Valentin manj kot 10 Pb mg/kg.

Sadike v substratih Neuhaus, Stender, Terra Brill in Valentin so bile izenačene v rasti, razvoju in barvi. Po približno 1 mesecu se je rast sadik v substratih Plantella in Agrina

upočasnila in pri substratu, Agrina ustavila, tako da sadike v omenjenih substratih niso dosegle primerne višine za presajanje.

Izmerili smo povprečno višino sadik, število listov in količino biomase listov in korenin v preostalih štirih substratih. Najvišje sadike so bile v substratu Neuhaus, 8,66 cm, v substratu Stender pa najmanjše, 6,78 cm. Največje povprečno število listov so imele sadike v substratu Valentin, in sicer 4,08, povprečno najmanjše število listov pa so imele sadike v substratu Stender, in sicer 3,07. Sadike v substratu Valentin so imele največje število listov, in sicer 4,07, največjo svežo maso, 2920 mg, in največjo svežo maso korenin, 547 mg. Povprečna masa korenin je bila pri vseh obravnavanjih dokaj izenačena, malo večjo svežo maso korenin so imele sadike v substratu Valentin, in sicer 7,89 mg/kg.

Najvišjo vrednost Zn smo izmerili v listih solate, ki so rasle v substratu Valentin, in sicer 89,65 mg/kg, najmanjšo pa pri sadikah iz substrata Neuhaus, 35,59 mg/kg. Najvišjo vrednost Pb v listih so imele solate gojene v substratu Stender 9,83 mg/kg. Najmanjšo vrednost patiste gojene v substratu Valentin, in sicer 7,89 mg/kg. Zn iz substratov je povprečno štirikrat bolj dostopen sadikam solate kot svinec.

7 VIRI

- Adriano D. C. 2001. Trace elements in terrestrial environments – Biogeochemistry, bioavailability and risks of metals New York, Berlin, Heidelberg, Tokyo, Springer-Verlag: 867 str.
- Bergmann W. 1992. Nutritional disorders of plants. Jena, Gustav Fischer Verlag: 741 str.
- Debeljak M. 2004. Uporaba odpadnih snovi v rastnih substratih kot nadomestek šote. Diplomsko delo. Ljubljana, Biotehniška fakulteta, Oddelek za agronomijo: 77 str.
- EN 13040. 2007. Soil improvers and growing media – Sample preparation for chemical and physical tests, determination of dry matter content, moisture content and laboratory compacted bulk density: 17 str.
- Enza Zaden. 2002. Kvaliteta z okusom (katalog semen). Ljubljana, Zeleni Hit d.o.o.: 18 str.
- Finžgar N., Leštan D. 2008. Ocena dostopnosti težkih kovin iz onesnaženih tal Mežiške doline. Acta agriculturae Slovenica, 91:157-166
- Jošar J. 1996. Nadomeščanje šote v substratih s sekanci stebel *Miscanthus sinensis* cv. Giganteus. Diplomsko delo. Ljubljana, Biotehniška fakulteta, Oddelek za agronomijo: 80 str.
- Kabata-Pendias A., Pendias, H. 1984. Trace elements in soils and plants. Boca Raton Florida, CRC Press: 315 str.
- Martinčič A., Sušnik F. 1984. Mala flora Slovenije. DZS, Ljubljana, 793 str.
- Mihelič R. 1995. Novejše metode za določanje potreb po gnojenju koruze z dušikom v Združenih državah Amerike. Sodobno kmetijstvo, 28, 10: 452 - 456
- Nicola S., Cantliffe D. 1996. Increasing cell size and reducing medium compression enhance lettuce transplant quality and field production. HortScience, 31, 2: 184-189
- Odločba komisije (2007/64/ES): z dne 15 decembra 2006 o določitvi spremenjenih okoljskih meril in s tem povezanih zahtev za ocenjevanje in preverjanje za podelitev znaka Skupnosti za okolje rastnim substratom. Uradni list Evropske Unije, L32:137-143
- Osvald J., Kogoj-Osvald M. 1999a. Gojenje solate. Šempeter pri Gorici, Oswald d.o.o.: 36 str.

- Osvald J., Kogoj-Osvald M. 1999b. Gojenje sadik zelenjavnic. Šempeter pri Gorici, Oswald d.o.o.: 40 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.
- Suhadolc M., Ruprecht J., Zupan M. 2007. študijsko gradivo za vaje pri predmetu nauk o tleh. Ljubljana, Biotehniška fakulteta, Oddelek za agronomijo: 56 str.
- SIST ISO 10390. 2005. Kakovost tal – Ugotavljanje pH: 10 str.
- SIST ISO 11265.1996. Kakovost tal - Ugotavljanje specifične električne prevodnosti: 4 str.
- SIST ISO 1146. 1996. Kakovost tal – Ugotavljanje suhe snovi in vsebnosti vode na osnovi mase– Gravimetrijska metoda: 3 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 atomskeabsorpcijske spektrometrije: 18 str.
- Ugrinović K. 2000. Pridelovanje solate. *Sodobno kmetijstvo*, 33, 5: 227-229
- Zupan M., Hudnik V., Lobnik F., Grčman H. 1996. Akumulacija kadmija, svinca in cinka v nekaterih kmetijskih rastlinah. V: *Tehnologija, hrana, zdravje: knjiga izvlečkov: book of abstracts*. 1. slovenski kongres o hrani in prehrani z mednarodno udeležbo, Bled, 21.-25. april 1996. Raspor P., Pitako D., Hočevar I. (ur.). Ljubljana: Društvo živilskih in prehranskih strokovnih delavcev Slovenije: 107- 09
- Zupan M., Grčman H., Lobnik F. 2008. Raziskave onesnaženosti tal Slovenije. Ljubljana, Agencija RS za okolje: 63 str.

ZAHVALA

Iskreno se zahvaljujem mentorju viš. pred. mag. Marku Zupanu za vodenje, pomoč in nasvete pri izdelavi diplomske naloge.

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

Zahvala tudi vsem na Centru za pedologijo in varstvo okolja.

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**Merjeni parametri šestih substratov**

Parameter	enota	ponovitev	AGRINA	NEU-HAUS	PLANTE-LLA	STENDER	TERRA BRILL	VALENTIN
suha snov	%	1	49,22	52,5	76,95	62,48	61,57	49,46
		2	47,53	53,72	77,56	63,5	61,87	47,1
		3	46,87	53,85	77,61	63,34	61,89	49,46
		povprečje	47,87	53,56	77,37	63,1	61,78	48,67
pH (potencialna k.)		1	6,73	5,11	6,9	5,57	6,1	6,37
		2	6,73	5,09	6,91	5,56	6,1	6,35
		3	6,73	5,14	6,91	5,57	6,09	6,36
		povprečje	6,73	5,11	6,91	5,57	6,1	6,36
pH (aktivna k.)		1	6,85	5,42	7,03	5,84	6,41	6,85
		2	6,87	5,44	7,03	5,84	6,4	6,85
		3	6,87	5,34	7,02	5,84	6,38	6,83
		povprečje	6,86	5,4	7,03	5,84	6,4	6,84
C org	%	1	33,5	95,5	67	81,6	67,82	50,5
		2	33,2	94,5	68,66	82,3	72,41	49,75
		3	26,87	93,5	68,20	83,66	70,6	53,7
		povprečje	31,19	94,5	67,95	82,52	70,28	51,32
N skupni	%	1	0,538	0,940	1,079	0,795	0,646	1,129
		2	0,547	0,955	1,059	0,769	0,604	1,067
		3	0,646	0,941	1,108	0,77	0,646	1,113
		povprečje	0,577	0,945	1,082	0,778	0,632	1,103
C/N		1	62,27	101,60	62,09	102,64	104,98	44,73
		2	60,69	98,95	64,83	107,02	119,88	46,63
		3	41,59	99,36	61,55	108,65	109,29	48,25
		povprečje	54,06	99,96	62,80	106,07	111,20	46,52
P raslinam dostopni	P2O5/100g	1	2,43	105,14	83,44	87,77	42,70	195,10
		2		100,91	88,27	86,75	42,07	199,90
		3	2,47	95,10	76,91	79,1	40,07	196,50
		povprečje	2,45	100,38	82,87	84,54	41,61	197,17
K raslinam dostopni	K2O/ 100g	1	23,02	54,39	108,24	47,55	23,36	336,24
		2	21,47	55,16	109,02	48,75	23,49	326,71
		3	23,00	55,15	108,40	47,98	22,65	330,28
		povprečje	22,50	54,90	108,55	48,09	23,17	331,08

PRILOGA B**Merjeni parametri šestih substratov -nadaljevanje**

Parameter	enota	ponovitev	AGRINA	NEU- HAUS	PLANTE- LLA	STENDER	TERRA BRILL	VALEN- TIN
gostota	g/l	povprečje	0,31	0,14	0,26	0,12	0,26	0,29
Elektro- pevodnost	mS/cm	povprečje	0,99	0,42	0,95	0,36	0,39	0,76
Zn	mg/kg	1	27,41	15,49	40,07	20,49	18,24	101,62
		2	25,49	16,74	30,73	23,07	16,16	97,54
		3	22,07	14,58	32,49	18,41	15,99	101,29
		povprečje	24,99	15,60	34,43	20,66	16,80	100,15
Pb	mg/kg	1	18,41	18,58	24,41	19,16	22,91	30,15
		2	18,74	12,16	23,07	22,49	24,91	29,99
		3						
		povprečje	18,58	15,37	23,74	20,86	23,91	30,07
vsebnost soli	g/l	1	0,22	0,01	0,26	0,05	0,12	0,28
		2	0,29	0,04	0,22	0,09	0,11	0,33
		3	0,19	0,05	0,17	0,09	0,12	0,22
		4	0,18	0,03	0,34	0,07	0,08	0,24
		5	0,26	0,13	0,34	0,07	0,13	0,44
		povprečje	0,23	0,05	0,27	0,07	0,11	0,30

PRILOGA C:**Merjeni parametri testne rastline (sadike solate)**

Parameter	enota	ponovitev	Neuhaus	Plantella	Stender	Terra Brill	Valentin
Klorofilni indeks		1	172	115	144	156	172
		2	169	99	145	162	172
		3	207	118	142	163	151
		povprečje	182,7	110,7	143,7	160,3	165
Višina	cm	1	9,94		7	7,5	8,55
		2	7,58		6,8	8,25	6,65
		3	8,45		6,55	7,15	8,65
		povprečje	8,66		6,78	7,63	7,95
Število listov		1	4,65		2,95	3,55	4,3
		2	3,5		3,05	4,2	3,9
		3	3,85		3,2	4,15	4,05
		povprečje	4		3,07	3,97	4,08
Dolžina korenin	cm	1	6,84		6,3	5,1	6,05
		2	5,73		6	4,9	6,05
		3	5,65		6,05	5,45	5,55
		povprečje	6,07		6,12	5,15	5,88
Sveža masa sadik	mg	1	3182		2336	2396	3238
		2	2539		2290	2743	2538
		3	2890		2338	2691	2991
		povprečje	2870,3		2321,3	2610	2922,3
Suha masa sadik	mg	1	1421		1401	1331	1449
		2	1430		1440	1439	1440
		3	1439		1120	1466	1432
		povprečje	1430		1320,3	1412	1440,3
Sveža masa korenin	mg	1	431		431	380	580
		2	379		379	478	481
		3	430		380	371	580
		povprečje	413,3		396,7	410	547
Suha masa korenin	mg	1	32,1		43,0	25,5	53,2
		2	47,6		49,0	69,3	23,0
		3	32,2		22,1	30,2	68,8
		povprečje	37,30		38,0	41,7	48,3

PRILOGA C:

Merjeni parametri testne rastline (sadike solate) –nadaljevanje

Parameter	enota	ponovitev	Neuhaus	Plantella	Stender	Terra Brill	Valentin
Pb	mg/kg	1	7,99		9,5	6,33	4,83
		2	6,83		7,66	10,41	9,33
		3	8,33		9,25	7,66	8,08
		4	8,25		11,58	9,83	9,33
		5	8,66		11,16		
		povprečje	8,012		9,83	8,56	7,89
Zn	mg/kg	1	34,4		42,9	48,9	108,37
		2	32,24		37,82	46,73	108,29
		3	37,4		38,57	50,56	101,63
		4	41,32		44,9	90,71	40,32
		5	32,57		37,82		
		povprečje	35,586		40,402	59,23	89,65