

UNIVERZA V LJUBLJANI
BIOTEHNIŠKA FAKULTETA
ODDELEK ZA AGRONOMIJO

Mateja KOS

**VSEBNOST NITRATA V PRIDELKU ZELENJADNIC
GOJENIH NA PLAVAJOČEM SISTEMU**

DIPLOMSKO DELO

Univerzitetni študij

Ljubljana, 2011

UNIVERZA V LJUBLJANI
BIOTEHNIŠKA FAKULTETA
ODDELEK ZA AGRONOMIJO

Mateja KOS

**VSEBNOST NITRATA V PRIDELKU ZELENJADNIC GOJENIH NA
PLAVAJOČEM SISTEMU**

DIPLOMSKO DELO
Univerzitetni študij

**NITRATE CONTENT IN VEGETABLES GROWN ON A FLOATING
SYSTEM**

GRADUATION THESIS
University studies

Ljubljana, 2011

Diplomsko delo je zaključek Univerzitetnega študija agronomije. Opravljeno je bilo na katedri za sadjarstvo, vinogradništvo in vrtnarstvo in katedri za pedologijo in varstvo okolja. Poskus je bil izveden v rastlinjaku na Laboratorijskem polju Biotehniške fakultete.

Študijska komisija Oddelka za agronomijo je za mentorico diplomskega dela imenovala doc. dr. Nino Kacjan Maršič, za somentorja pa doc. dr. Roka Miheliča.

Komisija za oceno in zagovor:

Predsednik: prof. dr. Franc Batič
Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za agronomijo

Članica: doc. dr. Nina KACJAN MARŠIČ
Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za agronomijo

Član: doc. dr. Rok MIHELIČ
Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za agronomijo

Članica: prof. dr. Marijana JAKŠE
Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za agronomijo

Datum zagovora:

Diplomsko delo je rezultat lastnega raziskovalnega dela.

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

Mateja Kos

KLJUČNA DOKUMENTACIJSKA INFORMACIJA

ŠD	Dn
DK	UDK 635.41:635.55:635.52:631.589:631.811.1 (043.2)
KG	plavajoči sistem/hidroponika/zelenjava/šotni substrat/špinača/endivija/solata/nitrat/ pridelek/kemična sestava
KK	AGRIS F01/F08/F61
AV	KOS, Mateja
SA	KACJAN-MARŠIČ, Nina (mentor), MIHELICH, Rok (somentor)
KZ	SI-1000 Ljubljana, Jamnikarjeva 101
ZA	Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za agronomijo
LI	2011
IN	VSEBNOST NITRATA V PRIDELKU ZELENJADNIC, GOJENIH NA PLAVAJOČEM SISTEMU
TD	Diplomsko delo (univerzitetni študij)
OP	VIII, 28 str., 11 pregl., 4 sl., 28 vir.
IJ	sl
JI	sl/en
AI	V diplomski nalogi smo preučevali vsebnost nitrata v pridelku zelenjadnic gojenih na plavajočem sistemu in šotnem substratu. Poskus, ki je trajal od konca oktobra 2008 do konca marca 2009, je potekal v ogrevanem rastlinjaku na Laboratorijskem polju Biotehniške fakultete. Semena solate (<i>Lactuca sativa</i> L. var. <i>capitata</i>), špinače (<i>Spinacia oleracea</i> L.) in dveh sort endivije (<i>Cichorium endivia</i> L.) smo posejali v gojitvene plošče, napolnjene s perlitom tako, da smo dobili gostoto rastlin 1000 rastlin/m ² . Poskus smo izvedli v 3 ponovitvah. Eno ponovitev je predstavljala ena gojitvena plošča. Gojitvene plošče smo položili na plavajoči sistem v dva bazena dolga 5 m široka 1,5 m in globoka 3 cm, na vodo brez hranil (do vznika). Po vzniku smo v bazen 1 pripravili hranilno raztopino iz čistih soli (hranilna raztopina 1) in v bazen 2 hranilno raztopino iz vodotopnega mineralnega gnojila (hranilna raztopina 2). Gojitvene plošče s šotnim substratom smo postavili na gojitveno mizo, jih redno zalivali in na 10 dni dognjevali s hranilno raztopino 2. Rastline smo porezali dvakrat, vsakič stehali pridelek in vzorec (100 g) shranili v papirnate vrečke in posušili. Zračno suhe vzorce smo zmleli, nato pa smo izvedli meritve vsebnosti nitrata z reflektometrično določitvijo. Večjo vsebnost nitrata smo dobili na plavajočem sistemu: v pridelku endivije in solate 200 do 400 mg NO ₃ /kg sveže mase, v špinači pa 100 do 350 mg NO ₃ /kg sveže mase. V rastlinah, ki smo jih gojili v šotnem substratu je bila vsebnost NO ₃ pod 150 mg/kg sveže mase. Vsebnost nitrata v pridelku s plavajočega sistema se je razlikovala glede na uporabljeno hranilno raztopino in na čas rezi: v rastlinah iz hranilne raztopine 1 ni bilo razlik v vsebnosti nitrata glede na termin pobiranja, v rastlinah iz hranilne raztopine 2 pa so bile vsebnosti nitrata različne glede na vrsto vrtnine in termin pobiranja. Pridelek zelenjadnic je bil na plavajočem sistemu večji glede na kontrolne rastline; pri endiviji 'D. kopica' smo pobrali 3,1 do 3,3 kg/m ² , pri endiviji 'Pankalierka' 1,9 do 2,3 kg/m ² , pri solati 2,0 do 2,25 kg/m ² in pri špinači 1,4 do 1,6 kg/m ² . V šotnem substratu je bil pridelek pri endiviji 'D. kopica' 1,8 kg/m ² , pri endiviji 'Pankalierka' 1,5 kg/m ² , pri solati 1,5 kg/m ² in pri špinači 0,2 kg/m ² .

KEY WORDS DOCUMENTATION (KWD)

DN Dn
DC UDC 635.41:635.55:635.52:631.589:631.811.1 (043.2)
CX floating system/hydroponics/vegetables/peat substrate/spinach/endive/lettuce/
nitrate/crop/chemical composition
CC AGRIS F01/F08/F61
AU KOS, Mateja
AA KACJAN-MARŠIČ, Nina (mentor), MIHELIČ, Rok (comentor)
PP SI-1000 Ljubljana, Jamnikarjeva 101
PB University of Ljubljana, Biotechnical Faculty, Department of Agronomy
PY 2011
TI NITRATE CONTENT IN PRODUCTION OF VEGETABLES GROWN ON THE
FLOATING SYSTEM
DT Graduation thesis (university studies)
NO VIII, 28 p., 11 tab., 4 fig., 28 ref.
LA sl
AL sl / en
AB The content of nitrate in the vegetables crop grown on a floating system and
peat mixture was studied. The experiment was conducted from the end of October
2008 till March 2009, in a heated greenhouse located on the Laboratory field of
the Biotechnical Faculty. Seeds of lettuce (*Lactuca sativa* var. *capitata*), spinach
(*Spinacia oleracea* L.) and two varieties of endive (*Cichorium endivia* L.) were
sown into polystyrene trays filled with perlite so that we get the density of 1000
plants/m². The experiment was performed in 3 repetitions. Trays were placed on a
floating system in 2 pools 5 m long and 1.5 m wide and 3 cm deep, filled with water
without nutrients (up to emergence). After the germination, the first pool consisted of
a Resh's nutrient solution (nutrient solution 1), prepared from the hydroponic salts,
while the second consisted of nutrient solution prepared from a water soluble nutrient
fertilizer (nutrient solution 2) with the same ratio of nutrients. Trays filled with peat
mixture, which represented the control, were placed directly on a growing table and
were regularly watered and fertilized with nutrient solution 2. The plants were cut
twice and yield was recorded. We dried some leaves (cca 100 g) and calculated % of
dry matter in leaves. Air-dry samples were grind, and the nitrate content was
measured with RQflex Reflectometer. The highest nitrate content, 200 to 400 mg
NO₃/kg FW was obtained in plants of endive and lettuce, and 100 to 350 mg
NO₃/kg FW in spinach, grown on the floating system: in plants grown in peat
mixture, the NO₃ content was below 150 mg/kg fresh weight. We found that the
nitrate content in plants from the floating system differed according to the nutrient
solutions and the time of harvest: there were no differences in nitrate content in
plants grown in nutrient solution 1; in plants grown in nutrient solution 2, the
nitrate content differed according to the plant species as well as the time of harvest.
The yield of vegetables was higher on the floating system in relation to control
plants; the yield of endive 'D. kopica' was 3,1 to 3,3 kg/m², endive 'Pankalierka'
was 1,9 to 2,3 kg/m², the yield of lettuce was 2,0 to 2,25 kg/m² and 1,4 to 1,6 kg/m²
in spinach. In peat mixture the yield of endive 'D. kopica' was 1,8 kg/m², endive
'Pankalierka' 1,5 kg/m², the yield of lettuce was 1,5 kg/m² and 0,2 kg/m² in spinach.

KAZALO VSEBINE

Ključna dokumentacijska informacija (KDI)	III
Key Words Documentation (KWD)	IV
Kazalo vsebine	V
Kazalo preglednic	VI
Kazalo slik	VII
Okrajšave in simboli	VIII
1 UVOD	1
1.1 OPREDELITEV PROBLEMA IN NAMEN DIPLOMSKE NALOGE	1
1.2 DELOVNE HIPOTEZE	2
2 PREGLED OBJAV	3
2.1 NITRAT	3
2.1.1 Kroženje dušika	3
2.1.2 Znaki pomanjkanja dušika v listni zelenjavi	4
2.1.3 Dejavniki, ki vplivajo na sprejem nitrata v rastline	4
2.1.4 Negativni vplivi nitrata na zdravje ljudi	5
2.1.5 Zakonodajni okvirji	5
2.2 LISTNATA ZELENJAVA	7
2.2.1 Solata	7
2.2.2 Endivija	7
2.2.3 Špinača	7
2.3 HIDROPONIKA	8
2.3.1 Plavajoči sistem	8
2.3.2 Hranilna raztopina	9
3 MATERIAL IN METODE	10
3.1 ZASNOVA POSKUSA	10
3.2 OPIS SORT	10
3.3 OPIS HRANILNIH RAZTOPIN	11
3.4 MERITVE NITRATA V RASTLINAH	12
3.4.1 Priprava rastlinskih vzorcev	12
3.4 STATISTIČNA ANALIZA PODATKOV	13
4 REZULTATI	14
4.1 VSEBNOST NITRATA	14
4.2 SUHA SNOV	16
4.3 PRIDELEK	18
5 RAZPRAVA IN SKLEPI	20
5.1 RAZPRAVA	20
5.1.1 Vsebnost nitrata glede na vrsto vrtnine	20
5.1.2 Vsebnost nitrata glede na čas rezi	20
5.1.3 Vsebnost nitrata glede na hranilno raztopino	21
5.1.4 Vsebnost suhe snovi v pridelku listnate zelenjave	21
5.1.5 Pridelek listnatih zelenjadnic na plavajočem sistemu in v šotnem substratu	22
5.2 SKLEP	23
6 POVZETEK	24
7 VIRI	26
ZAHVALA	

KAZALO PREGLEDNIC

Preglednica 1: Vsebnost vnosov NO_3^- iz virov poleg hrane na globalnem nivoju (Santamaria, 2006)	5
Preglednica 2: Zgornje mejne vrednosti za nitrate v živilih (Pravilnik o onesneževalcih v živilih, 2003)	6
Preglednica 3: Količina makrohranil dodanih za pripravo raztopine (Resh, 1995)	12
Preglednica 4: Količina mikrohranil dodanih za pripravo raztopine (Resh, 1995)	12
Preglednica 5: Analiza variance za povprečno vsebnost nitrata ($\text{mg NO}_3^-/\text{kg}$ sveže snovi)	14
Preglednica 6: Duncanov preizkus mnogoterih primerjav odvisne spremenljivke vsebnost nitrata	15
Preglednica 7: Analiza variance za povprečno suho snov (%)	17
Preglednica 8: Preizkus mnogoterih primerjav odvisne spremenljivke suha snov (%) pri različnih vrstah	17
Preglednica 9: Preizkus mnogoterih primerjav odvisne spremenljivke suha snov (%) pri uporabi različnih raztopin	17
Preglednica 10: Analiza variance odvisne spremenljivke pridelek (kg/m^2)	18
Preglednica 11: Preizkus mnogoterih primerjav odvisne spremenljivke pridelek (kg/m^2) pri različnih vrstah	19
Preglednica 12: Preizkus mnogoterih primerjav odvisne spremenljivke pridelek (kg/m^2) pri uporabi različnih raztopin	19

KAZALO SLIK

Slika 1: Kroženje dušika (Pidwirny, 2010)	3
Slika 2: Povprečna vsebnost nitrata ($\text{mg NO}_3^-/\text{kg}$ sveže snovi)	14
Slika 3: Povprečni odstotek suhe snovi (%)	16
Slika 4: Povprečni skupni pridelek (kg/m^2) za endivijo 'D. kopica', 'Pankalijerka', solato 'Leda' in špinačo 'Matador', ki smo jih gojili na plavajočem sistemu (v hranilni raztopini 1 in 2) ter v šotnem substratu (kontrola).	18

OKRAJŠAVE IN SIMBOLI

N_2^+	Dušik v obliki plina
NH_4	Amonijev ion
NO_3^-	Nitrat
NO_2^-	Nitrit
N_2O	Dušikov oksid
NO_3-N	Dušik v obliki nitrata
ZMV	Zgornja mejna vrednost
ADI	Vrednost dnevnega vnosa (acceptable daily intake)
JECFA	Odbor za prehrano in kmetijstvo (joint expert committee of the food and agriculture)
WHO	Organizacija združenih narodov in Svetovna zdravstvena organizacija (Organization of the United Nations and World health organization)
SCF	Zdravstveni odbor za hrano (Scientific committee on food)
EPA	Agencija za zaščito okolja (Environmental protection agency)
RfD	Referenčna doza
PPH	(Plant plain hydroponic)
NFT	(Nutrient film technique)
'D. kopica'	'Dalmatinska kopica'
r1	Prva rez
r2	Druga rez

1 UVOD

Nitrat je ena od oblik dušika in nastopa v kroženju dušika v naravi. Nitrat se nahaja v gnojilih, sprošča se pri razkroju rastlin in drugih organskih materialov. Najdemo ga v zraku, tleh, vodi in hrani.

Vsebnost nitrata v zelenjavi je pomembna kakovostna značilnost. Nitrat sam po sebi ni strupen, vendar lahko njegovi presnovni produkti povzročijo številne negativne učinke na zdravje. Mnogi nadzorni organi v različnih državah po svetu si prizadevajo za temeljit nadzor nad vsebnostjo nitratov v rastlinah. Zato so določili meje vsebnost nitrata, ki jih lahko vsebuje zelenjava (Santamaria, 2006).

Solatnice so vrtnine pri katerih uporabljamo liste za prehrano ljudi in živali. So bogate z rudninskimi snovmi in vitamini. Nekatere imajo tudi zdravilne učinke. Solatnice najpogosteje uživamo sveže, nekatere pa so primerne tudi za kuhanje in pečenje (Osvald in Kogoj-Osvald, 2005). Solata lahko deluje kot pomirjevalo, uspavalo, zmanjšuje krvni tlak in zakisanost krvi, znižuje visoko telesno temperaturo, preprečuje in zdravi škodljive posledice radioaktivnega sevanja ter čisti kožo. Endivija pospešuje presnovo, spodbuja delovanje ledvic in jeter, odvaja vodo in čisti sluznico dihal (Černe, 2000).

Hidroponsko gojenje rastlin omogoča pridelavo čistih pridelkov, kar je pomembno predvsem pri listni zelenjavi za rezanje. Rastline v hidroponskih sistemih rastejo hitreje od rastlin gojenih klasično – v tleh. S pomočjo nadzorovanja hranil v hranilni raztopini lahko pridelamo listno zelenjavo z manjšo vsebnostjo nitrata.

Plavajoč sistem je hidroponski sistem. Primeren je za gojenje različnih vrst vrtnin do končnega pridelka ali pa za gojenje listne zelenjave za rezanje. Sprva pa so ga uporabljali za gojenje sadik tobaka (Ross in Tefteau, 1995).

1.1 OPREDELITEV PROBLEMA IN NAMEN DIPLOMSKE NALOGE

Listne zelenjadnice kot so solata, endivija, motovilec, špinača in druge lahko uspešno pridelujemo tudi na plavajočem sistemu. Tu rastline gojimo v gojitvenih ploščah, ki plavajo na gladini hranilne raztopine in iz nje dobivajo vsa potrebna makro in mikro hranila. Z ogrevanjem hranilne raztopine lahko naštete zelenjadnice gojimo tudi v zimskem času, vendar pa je zaradi zmanjšanje osvetlitve v tem obdobju nevarnost, da se v njih nakopiči prekomerna količina dušika v nitratni obliki.

Namen raziskave:

- ugotoviti kakšna je vsebnost nitrata v listih nekaterih zelenjadnic glede na tehniko gojenja (gojenje na plavajočem sistemu in v šotnem substratu). V ta namen bomo izmerili

vsebnost nitrata v vzorcih nadzemnih delov rastlin solate, endivije in špinače, ki so bile gojene na plavajočem sistemu in v šotnem substratu od oktobra 2008 do marca 2009 in so bile v rastni dobi večkrat rezane.

1.2 DELOVNE HIPOTEZE

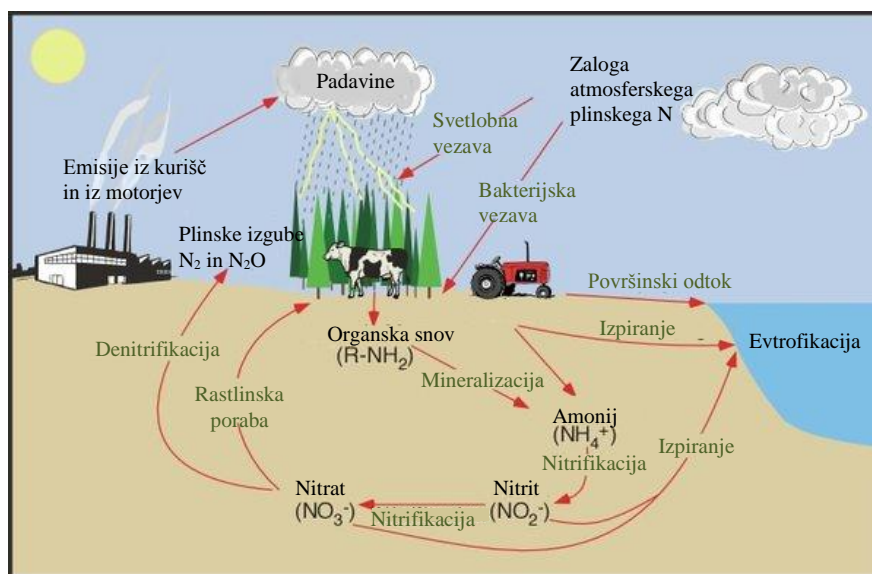
Pričakujemo, da se vsebnost nitrata razlikuje glede na tehniko gojenja - plavajoč sistem in gojenje v šotnem substratu (kontrola) in glede na čas rezi. Pričakujemo tudi, da je vsebnost nitrata v listih solate, špinače in endivije različna glede na vrsto vrtnine.

2 PREGLED OBJAV

2.1 NITRAT

Ciklus dušika predstavlja enega od najpomembnejših krogotokov hranilnih snovi v ekosistemu. Dušik je pomembno hranilo za vse žive organizme. Ti jih potrebujejo za proizvodnjo številnih zapletenih organskih molekul, kot so aminokisliline gradniki proteinov (Pidwirny, 2010). Nitrat je naravna oblika dušika in je sestavni del dušikovega ciklusa. Najdemo ga v zraku, zemlji, vodi in hrani, še posebej v zelenjavi (Santamaria, 2006). Največja zaloga dušika je v atmosferi, kjer obstaja kot plin N_2 . Ta zaloga je približno milijonkrat večja od skupnega dušika v živih organizmih. Druga največja zaloga dušika je organska snov v zemlji in oceanih. Kljub veliki zalogi v atmosferi je dušik v obliki plina N_2 nedostopen za večino rastlin. Te lahko uporabijo samo dušik v obliki amonija (NH_4^+) ali nitratnega iona (NO_3^-) (Pidwirny, 2010).

2.1.1 Kroženje dušika



Slika 1: Kroženje dušika (Pidwirny, 2010)

Nitrat kot oblika dušika nastajanje v vrsti bioloških procesov. Pri razgradnji organske snovi v tleh se sprošča N v obliki amonija (NH_4^+). Del amonija se lahko pretvori v hlapni amoniak (NH_3) (Van Breemen, 2002). Dušik v obliki amonija se lahko absorbira na površino glinenih delcev v tleh, saj ima amonijev ion pozitiven naboj in se veže na negativno nabite talne koloide. Amonij se sprostí iz koloidov z zamenjavo kationov. Ko se sprostí, se ga večina kemično spremeni (oksidira) v nitrit (NO_2^-), s pomočjo specifičnih avtotrofnih bakterij iz rodu *Nitrosomonas*. Nitrita je v talni raztopini običajno zelo malo saj se takoj spremeni v nitrat (NO_3^-) s pomočjo bakterij *Nitrobacter*. Proces se imenuje

nitifikacija in vključuje oksidacijo (Pidwirny, 2010). Nitrat rastlina sprejme skupaj z vodo. Običajno je nitrat glavna oblika prehrane rastline z dušikom. V rastlini se nitrat ponovno reducira in nato vgradi v aminokislino (Voroney in Derry, 2008).

Nitrat se v anaerobnih razmerah hitro izgublja iz tal v procesu denitrifikacije. Denitrifikacija poteka pod vplivom heterotrofnih organizmov, ki uporabljajo NO_3^- kot vir kisika pri anaerobnem dihanju (Voroney in Derry, 2008). Ti organizmi v procesu denitrifikacije pretvorijo nitrat v dušik (N_2) in dušikov oksid (N_2O), ta dva plina pa se nato sprostita v ozračje (Pidwirny, 2010).

2.1.2 Znaki pomanjkanja dušika v listni zelenjavi

Posledica pomanjkanja dušika se najprej pokaže na starejših zrelih listih, ki postopoma spremenijo barvo iz njihove normalno zelene v precej blede zeleno. Če se pomanjkanje nadaljuje, postanejo listi enakomerno rumeni (kloroze). Rumenenje zavzame celotni list, vključno z žilami (Berry, 2006). Rastline, ki jim primanjkuje dušika so tanke, imajo mehka stebela in njihova rast je ovirana (Brady in Weil, 1996).

Če imajo rastline preveč dušika to povzroči hitro rast vegetativnih delov, vendar pa niso odporne na bolezni in škodljivce. Prevelika količina dušika lahko povzroči tudi drugačen okus zelenjave saj vpliva na količino sladkorja in vitaminov. Presežek dušika v rastlinskih tkivih pa lahko povzroči tudi toksičnost za ljudi in živali, ki jo uživajo (Brady in Weil, 1996).

2.1.3 Dejavniki, ki vplivajo na sprejem nitrata v rastline

Na sprejem nitrata v rastlinah vplivajo številni dejavniki, kot so razpoložljivost dušika v tleh, padavine, temperatura, veter, vrsta tal in pH (Masclaux-Daubresse in sod., 2009).

Na sprejem pa vpliva tudi vrsta, količina in oblika dušikovih gnojil, geografska regija in sezona pridelovanja. Svetloba vpliva na nitrat reduktazo, ki je najbolj aktivna pri močni svetlobi. Naraščanje temperature in velika vsebnost organske snovi v tleh spodbujajo kopičenje nitrata v rastlini, namakanje pa ga zmanjšuje (Amr in Hadidi, 2001).

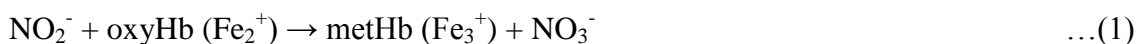
Sprejem nitrata je odvisen tudi od pH vrednosti tal. Znano je, da se rastline prilagodijo in sicer za tiste, ki so prilagojene na nizek pH je bilo ugotovljeno, da sprejemajo dušik v obliki amonija in amino kislin, rastline prilagojene na visok pH in v bolj aerobnih tleh pa sprejemajo dušik v obliki nitrata (Masclaux-Daubresse in sod., 2009).

Absorpcija nitrata v pridelek je pomembna v zvezi z okoljskimi vprašanji in kakovostjo rastlinskih pridelkov. Rastline, ki ne sprejmejo nitrata prispevajo k onesnaženosti tal in površinskih voda, saj se nitrat iz tal izpira. Če rastline sprejmejo preveč nitrata, ga kopičijo

v rastlinskih delih. Če užitni deli vsebujejo visoke koncentracije nitrata lahko povzročijo obolenja želodca in druge bolezni pri človeku (Bao-Ming in sod., 2004).

2.1.4 Negativni vplivi nitrata na zdravje ljudi

Zaradi povečane uporabe mineralnih dušikovih gnojil in hlevskega gnoja v intenzivnem kmetijstvu, zelenjava in pitna voda vsebujeta večje koncentracije nitratov kot v preteklosti. Nitrat sam po sebi je razmeroma nestrupen, vendar se približno 5% vsega zaužitega nitrata v prisotnosti slin in v prebavnem traktu pretvori v bolj toksičen nitrit. Zato je prisotnost povečane vsebnosti nitrata v zelenjavi, vodi in na splošno v drugi hrani lahko resna grožnja za človeško zdravje. Najbolj znan učinek nitrita je njegova sposobnost reagiranja s hemoglobinom, ki tvori methemoglobin.



Posledica oblikovanja methemoglobina je oslABLJENA dostava kisika do tkiv. Ko delež metHb doseže 10% normalne vrednosti Hb se pojavijo klinični simptomi kot je modro obarvanje kože (cianoza). Odrasli so manj dovzetni za methemoglobinemijo kot majhni otroci, še posebej dojenčki.

Nitrit pa lahko reagira tudi z amini in amidi in nastane karcinogeni nitrozamin. Največ se ga pojavlja v želodcu. Nastane ob delovanju žlez z zmanjšanjem encimsko proizvedenega endogenega ali eksogenega nitrata (Santamaria, 2006).

2.1.5 Zakonodajni okvirji

Koncept sprejemljivega dnevnega vnosa nitrata določa skupina strokovnjakov Odbora za prehrano in kmetijstvo (JECFA), Organizacije združenih narodov in Svetovna zdravstvena organizacija (WHO). Vrednost dnevnega vnosa NO_3^- je po JECFA in Evropski komisiji zdravstvenega odbora za hrano (SCF) 0-3,7 mg/kg telesne mase. Agencija za zaščito okolja (EPA) ima referenčno dozo (RfD) za nitrate NO_3^- -N, ki je 1,6 mg NO_3^- -N na kg telesne mase na dan (Santamaria, 2006).

Preglednica 1: Vsebnost vnosov NO_3^- iz virov poleg hrane na globalnem nivoju (Santamaria, 2006).

Regionalna prehrana	Vnos (mg/dan)	ADI (g/kg)	Prispevek k skupnemu vnosu (g/kg)			
			zelenjava	voda	žita	sadje
Bližnji vzhod	40	200	650	200	100	50
Daljni vzhod	28	100	450	300	150	100
Afrika	20	100	300	400	150	100
Latinska Amerika	55	250	650	150	50	100
Evropa	155	700	900	50	<50	50

Na podlagi drugega odstavka 6. člena zakona o zdravstveni ustreznosti živil in izdelkov ter snovi, ki prihajajo v stik z živili, izdaja minister za zdravje v soglasju z ministrom za kmetijstvo, gozdarstvo in prehrano pravilnik o onesnaževalcih v živilih. Živila v prometu, ki so namenjena končnemu potrošniku, morajo glede ZMV (zgornja mejna vrednosti) nitratov ustrezati pogojem iz preglednice 2 (Pravilnik o onesnaževalcih v živilih, 2003).

Preglednica 2: Zgornje mejne vrednosti za nitrata v živilih (Pravilnik o onesnaževalcih v živilih, 2003)

Živilo	Zgornja mejna vrednost (mg NO ₃ /kg sveže mase)	
sveža špinača (<i>Spinacia oleracea</i> L.)	spravilo od 1. novembra do 31. marca	3000
	spravilo od 1. aprila do 31. oktobra	2500
konzervirana, globoko zamrznjena ali zamrznjena špinača		2000
sveža zelena solata (<i>Lactuca sativa</i> L.) razen solata tipa "Ledenka"		
gojena v rastlinjakih oziroma drugih zavarovanih prostorih	spravilo od 1. oktobra do 31. marca	4500
gojena na prostem	spravilo od 1. aprila do 30. septembra	3500
	spravilo od 1. oktobra do 31. marca	4000
	spravilo od 1. aprila do 30. septembra	2500
solata tipa "Ledenka"		
gojena v rastlinjakih oziroma drugih zavarovanih prostorih		2500
gojena na prostem		2000

Za solato, gojeno na prostem, so v 7. členu določene manjše ZMV nitratov, kot za gojeno v rastlinjakih. V primeru, da solata ni opremljena z natančno oznako izvora, se za potrebe uradnega nadzora v prometu uporabljajo ZMV nitratov, določene za solato, gojeno na prostem.

V žitnih kašicah in živilih, namenjenih dojenčkom in malim otrokom, pripravljenih kot gotov obrok, vsebnost nitratov (izraženo kot nitratni ion) po 8. členu ne sme preseči 100 mg/kg gotovega obroka. V primeru, če je obrok sestavljen iz zelenjave, vsebnost nitratov ne sme preseči:

- 750 mg/kg gotovega obroka, če je sestavljen iz špinače ali solate,
- 250 mg/kg gotovega obroka, če je sestavljen iz druge zelenjave.

V žitnih kašicah in živilih, namenjenih dojenčkom in malim otrokom, pripravljenih kot gotov obrok, vsebnost nitritov (izraženo kot nitritni ion) po 9. členu ne sme preseči 0,1 mg/kg gotovega obroka (Pravilnik o onesnaževalcih v živilih, 2003).

2.2 LISTNATA ZELENJAVA

2.2.1 Solata

Vrtna solata (*Lactuca sativa* L.) spada v družino radičevk (Cichoriaceae). Je enoletna rastlinska vrsta, ki se prideluje v območjih z zmernim ali subtropskim podnebjem (Meglič in Šuštar-Vozlič, 2000). List je pri solati majhen, srednje velik ali velik. Lahko je zguban, gladek ali mehurjast. Barvo določamo v tehnološki zrelosti. Pojavljajo se živozelene, blede rumene, modrikasto zelene in rjavkasto rdečkaste barve listov (Osvald in Kogoj-Osvald, 2005). Glavna korenina je tanka, zraste do globine 60 cm, stranske korenine izraščajo iz glavne korenine, najgostejše so tik pod površino zemlje (Meglič in Šuštar-Vozlič, 2000).

Optimalna temperatura za rast je od 15 do 20 °C, če je višja ali nižja neugodno vpliva na rast in količino pridelka (Osvald in Kogoj-Osvald, 2005).

2.2.2 Endivija

Endivija (*Cichorium endivia* L.) spada v družino radičevk (Cichoriaceae) (Osvald in Kogoj-Osvald, 2005). Nekateri uporabljajo napačen izraz in rečejo endiviji kar solata. To ni pravilno, ker spadata solata in endivija v različna rodova (Jakše, 2000).

Je enoletnica. Starejši kultivarji v dolgem dnevu hitro poženejo cvetno steblo in zacvetijo, zato sejemo te pozneje kot novejši kultivarje, da oblikujejo rozeto v kratkem dnevu. Novejši kultivarji pa na dolžino dneva niso občutljivi (Pušenjak, 2000). Endivija lahko prezimi v neogrevanih zavarovanih prostorih in jo pobiramo marca in aprila, dokler ne začne poganjati cvetnega stebela. Poznamo dve varieteti endivije: *Cichorium endivia* L. var. *latifolium*, ki jo imenujemo eskariolka in *C. endivia* var. *crispa*, kamor spadajo kodravke in mahovke (Jakše, 2000).

Endivija ima lahko nagubane, nazobčane, gladke ali mehurjaste liste. Listni rob je nazobčan ali gladek. Listna barva je lahko temno ali svetlo zelena, rdečkasta in rumena. Značilen je grenak okus, ki je posledica vsebnosti intibina (Osvald in Kogoj-Osvald, 2005).

Nekateri kultivarji endivije oblikujejo manjše liste, ki so primerni za rezanje (Oyen, 2004).

2.2.3 Špinača

Navadna špinača (*Spinacia oleracea* L.) je enoletna rastlina iz družine lobodovk (Chenopodiaceae). Listi so srednje veliki, od svetlo do temnozelenih barv in so več ali manj mesnati. List ima značilno obliko. Je rahlo podolgovate, koničaste ali zaobljene oblike, do močno koničaste oziroma suličaste oblike z gladkim ali narezanim listnim robom.

Je dvodomna rastlina, ženske rastline razvijejo več listne mase in pozneje cvetijo. Špinača spada v skupino dolgodnevnih.

Če jedi iz špinače pripravimo nepravilno je lahko za zdravje škodljivo. Ne smemo uživati postanih ali pregetih jedi iz špinače (Osvald in Kogoj-Osvald, 2005).

2.3 HIDROPONIKA

Beseda hidroponika izhaja iz dveh grških besed (*hydro* = voda in *ponos* = delo).

Hidroponika je tehnika gojenja rastlin brez zemlje. Korenine rastlin lahko rastejo v vodi z dobrim prezračevanjem, v zraku ob vzdrževanju velike vlažnosti ali v različnih substratih kot so pesek, mivka, kamena volna, šotni substrat...). Voda vsebuje različna hranila, ki so raztopljeni v njej in so potrebna za rast rastlin (Resh, 1995).

Glede na uporabo hranilne raztopine ločimo (Osvald in Kogoj-Osvald, 2005):

- zaprte hidroponske sisteme, kjer v sistemu hranilna raztopina kroži;
- odprte hidroponske sisteme, kjer hranilno raztopino po uporabi zamenjamo.

Najbolj uporabljeni sistemi v hidroponiki so:

Agregatni hidroponski sistem: Pri tem sistemu trden, inerten substrat nudi rastlini oporo, ter ugodne fizikalne razmere za rast in razvoj korenin. Ti sistemi so lahko odprti ali zaprti. Pri odprtih sistemih hranilno raztopino po uporabi zavržemo, pri zaprtih pa se odvečna hranilna raztopina vrača nazaj v rezervar.

Aeroponika: je sistem gojenja rastlin, kjer se izmenjuje hranilna raztopina in zrak v enakomernih časovnih presledkih, v ceveh ali kanalskih sistemih.

PPH (Plant Plain Hydroponic): Podlaga ima rahel padec, podložena je s koprenastim prekrivalom ter prekrita z odsevajočo folijo. Na tej polagi gojimo rastline, ki jim dovajamo hranilno raztopino. Za oporo sadikam se uporablja kocka kamene volne ali pa plastičen lonček z mrežastim dnom (Osvald in Kogoj-Osvald, 2005).

NFT (Nutrient Film Technique): Rastline rastejo v dolgih, nagnjenih plastičnih kanalih, v katerih se neprestano pretaka na dnu hranilna raztopina. Hranilna raztopina se dovaja s črpalko na zgornji konec kanala in se lahko ponovno uporabi (Osvald in Kogoj-Osvald, 2005).

2.3.1 Plavajoči sistem

Rastline gojimo v posodah oziroma bazenih s hranilno raztopino. Nadzemni del rastline gleda skozi odprtine plošč, ki plavajo na gladini hranilne raztopine. Korenine lebdijo v raztopini, v katero dovajamo zrak s pomočjo kompresorja. Prednost pri gojenju listnate zelenjave na plavajočem sistemu je nadzorovanje in uravnavanje vsebnosti nitrata v hranilni raztopini in s tem uravnavanje vsebnost nitrata tudi v rastlinah. Plavajoči sistem se najpogosteje uporablja v raziskavah, kjer se ga primerja s tradicionalnimi oblikami gojenja, za znižanje vsebnosti nitrata v listnati zelenjavi, zmanjšanje bolezenskih okužb iz zemlje in za raziskave o kontroli hranil za zagotovitev standardne kakovosti končnega pridelka (Fontana in Nicola, 2009).

Plavajoči sistem je cenovno relativno poceni hidroponski sistem in nezahteven za uporabo. Primeren je za gojenje zelenjave s kratko rastno dobo. Omogoča pridelavo zelo čistega končnega pridelka, ki ga ni potrebno čistiti in je tako skrajšan čas priprave za takojšnje uporabo.

Pri oskrbi rastlin, ki jih gojimo na plavajočem sistemu, je potrebno poskrbeti za kontrolo pH vrednosti in elektroprevodnost hranilne raztopine. Prav tako moramo biti pozorni na koncentracijo kisika v raztopini. Če kisik pade pod kritično koncentracijo za določeno rastlino v določenem času rasti lahko pride do stresa. Dodajanje kisika pa lahko privede do oksidacije hranil v hranilni raztopini in tako zmanjša njihovo dostopnost rastlinam (Demšar, 1998, cit. po Sojar, 2008).

2.3.2 Hranilna raztopina

Hranilno raztopino je potrebno pripraviti glede na vrsto in razvojno fazo rastline ter način gojenja. To raztopino potem dovajamo gojenim rastlinam v obliki zaprtega ali odprtega hidroponskega sistema. Pri sestavi hranilnih raztopin je potrebno biti pozoren na lastnosti posameznih komponent, da ne pride pri mešanju do obarjanja in v namakalnem sistemu do zamašenja kapljalčev in cevčic (Osvald in Kogoj Osvald, 2005).

Običajno se pripravljajo raztopine soli v koncentriranih oblikah ločeno v dveh posodah, posoda A in posoda B. V posodi A se raztopijo soli, ki vsebujejo Ca (kalcij), v posodi B pa soli, ki se s kalcijem obarjajo in bi se vezale v težje topno obliko soli, če bi jih raztapljali v isti posodi. Obe raztopini se dovajata v vodo za namakanje neposredno ob namakanju pri odprtih sistemih. Pri zaprtih sistemih pa hranilna raztopina kroži v sistemu, zato jo pripravimo vnaprej in redno nadzorujemo ter korigiramo pH, z dodajanjem dušične ali fosforne kisline. Kot eno izmed priporočil za vzdrževanje pH v določenem območju je dnevno dodajanje klorovodikove kisline (HCl) ali natrijevega hidroksida (NaOH) (Santamaria in sod., 1998).

Pri plavajočem sistemu je za normalno delovanje koreninskega sistema potrebno koreninam zagotoviti ustrezno koncentracijo kisika. Za zadostno zagotavljanje kisika v hranilni raztopini lahko uporabimo dva načina: s pomočjo potopne črpalke, ki jo potopimo v hranilno raztopino omogočimo kroženje hranilne raztopine, pri čemer je pomembno, da je del raztopine izpostavljen zraku, da omogoči obogatitev raztopine s kisikom. Drugi način pa je z vpihovanjem zraka v hranilno raztopino skozi dotočno cev s pomočjo električnega kompresorja (Tesi in sod., 2005).

V hidroponskih sistemih se za vir dušika najpogosteje uporablja kalcijev nitrat ($\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$) in kalijev nitrat (KNO_3). Njuna velika uporaba v brez talnih sistemih gojenja je povezana z njunimi fiziološko nevtralnimi ali rahlo alkalnimi lastnostmi, majhno toksičnostjo, dobro topnostjo in nizko električno prevodnostjo (Santamaria in sod., 1998).

3 MATERIAL IN METODE

3.1 ZASNOVA POSKUSA

Poskus gojenja solate, endivije in špinače na plavajočem sistemu smo izvedli v rastlinjaku na Laboratorijskem polju Biotehniške fakultete v obdobju od 29.10.2008 do 18.03.2009.

Pripravili smo stiroporne gojitvene plošče s 160, 84 in 40 setvenimi vdolbinami na gojitveno ploščo in jih napolnili s perlitom. V posamezno vdolbino smo posejali 1 seme pri ploščah s 160 vdolbinami, 2 semeni pri ploščah s 84 vdolbinami in 4 semena pri ploščah s 40 vdolbinami. Tako smo v vseh ploščah dosegli približno enako gostoto rastlin (približno 1000 rastlin/m²). Poskus smo izvedli v 3 ponovitvah. Eno ponovitev je predstavljala ena gojitvena plošča. Za posamezno vrsto vrtnine (solato, endivijo in špinačo) smo v posameznem bazenu imeli 9 plošč (3 velikosti setvenih vdolbin, 3 ponovitve). Gojitvene plošče napolnjene s perlitom smo položili na plavajoči sistem v dva bazena dolga 5 m, široka 1,5 m in globoka 3 cm, na vodo brez hranil (do vznika). V rastlinjaku smo na gojitveno mizo položili črno-belo polietilensko folijo in jo napolnili z vodo. V vsak bazen smo natočili 225 litrov vode, skupaj torej 450 litrov. V bazena smo napeljali še sistem za dovajanje zraka, ki je bil povezan s kompresorjem. Prazen prostor poleg gojitvenih plošč v bazenih smo zapolnili s stiropornimi ploščami, da smo preprečili rast alg. Kontrolne rastline so predstavljale rastline na sosednji gojitveni mizi, kamor smo postavili po 9 gojitvenih plošč za vsako vrsto vrtnine, ki smo jih napolnili s šotnim substratom. Rastline smo oskrbovali po običajni vrtnarski praksi – namakanje po potrebi in na 7-14 dni dognojevanje s hranilno raztopino, pripravljeno iz vodotopnega mineralnega gnojila (10 g/10 l vode).

Pridelek smo pobirali 2 krat na plavajočem sistemu in 1 krat v šotnem substratu. Endivijo iz plavajočega sistema smo rezali 06. 01. in 12. 02. Solato smo rezali 14. 01. in 19. 02, špinačo pa 16. 01. in 02. 03. 2009. V šotnem substratu pa smo endivijo pobirali 21. 01.; solato 20. 01. in špinačo 09. 03. 2009.

Ob vsaki rezi smo pridelek stehali in vzorce (ca. 100 g) shranili v papirnato vrečko in posušili v sušilniku na 50 °C do konstantne teže (v povprečju 72 ur).

Z delom smo nadaljevali na katedri za sadjarstvo, vinogradništvo in vrtnarstvo (mletje suhih vzorcev), in v laboratoriju na katedri za pedologijo in varstvo okolja, kjer smo pripravili vzorce za določitev vsebnosti nitrata in dušika in izvedli meritve.

V našem diplomskem delu predstavljamo rezultate meritev pridelka in vsebnosti nitrata v zelenjadnicah gojenih na plavajočem sistemu.

3.2 OPIS SORT

V poskusu smo uporabili seme vrtno solate (*Lactuca sativa* L. var. *capitata*) sorte 'Leda', seme dveh sort endivije 'Pankalijerka' (*Cichorium endivia* L. var. *crispum* in 'Dalmatinska kopica' (*Cichorium endivia* L. var. *latifolium*) in seme navadne špinače (*Spinacia oleracea* L.) sorte 'Matador'.

Solata 'Leda': je glavната solata, krhkolistna, list je rumeno zelene barve. Na prosto jo sejemo od druge polovice aprila do prve polovice maja, v zaprto gredo pa se seje od druge polovice februarja do konca marca

Endivija 'Pankalijerka': je srednje zgodna sorta, listi so svetlo zeleni, nakodrani. Rozeto naredi srednjo veliko, skledasto.

Endivija 'Dalmatinska kopica': Razvije zeleno rozeto, ki ima dobro odebeljeno sredino. Primerna je za prezimovanje v toplejših krajih. Spada v tip eskariolke.

Špinača 'Matador': je srednje zgodna sorta, listi so temno zeleni, veliki, svetleči in grobi. Oblikuje veliko rozeto, dobro prezimi in gre kmalu v cvet (Semenarna, 2010).

3.3 OPIS HRANILNIH RAZTOPIN

V poskusu nas je poleg samega plavajočega sistema zanimalo tudi, kako priprava hranilne raztopine vpliva na količino in kakovost (vsebnost nitrata) pridelka listnatih zelenjadnic. V ta namen smo pripravili dve hranilni raztopini: hranilno raztopino 1 smo sestavili po standardnem postopku po Resh-u (1995) – z raztapljanjem soli, primernih za hidroponiko; hranilno raztopino 2 pa z raztapljanjem vodotopnega gnojila tako, da smo izenačili koncentracijo pomembnejših makrohranil (N, P in K).

Koncentrata za hranilno raztopino 1, smo pripravili v dve posodi volumna 10 l. V posodi A se je nahajala mešanica $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ in vode, v posodi B pa smo napravili mešanico ostalih makrohranil in vode (glej preglednico 3). Tako pripravljena koncentrata sta zadostovala za petkratno polnjenje bazenov ($225 \times 5 = 1125 \text{ l}$). Po vzniku rastlin smo v bazen odmerili 2 l koncentrata in hranilno raztopino premešali. Posebej smo pripravili še 1 l koncentrata z mikroelementi (glej preglednico 4) in v bazen (225 l) odmerili 1 dcl (100 ml).

V drugem bazenu je bila hranilna raztopina 2, ki smo jo pripravili tako, da smo 225 g vodotopnega gnojila Kristalon (19:6:20) (Hydro Agri, Nizozemska) raztopili in dali v 10 l vode in to raztopino razlili po bazenu, da se je enakomerno razporedila po celotni površini bazena. Da smo dobili približno koncentracijo dušika (N), fosforja (P_2O_5) in kalija (K_2O) kot je bilo v hranilni raztopini 1 (190 mg N/l, 50 mg P_2O_5 /l in 210 mg K_2O /l), smo uporabili naslednji izračun:

$$\begin{array}{r} 190 \text{ mg N} \dots\dots 1 \text{ l H}_2\text{O} \\ \times \dots\dots\dots 225 \text{ l H}_2\text{O} \\ \hline x = 42,75 \text{ g N} \end{array} \dots(2)$$

$$\begin{array}{r} \text{V } 100 \text{ g (19:6:20)} \dots\dots 6 \text{ g P}_2\text{O}_5 \\ \text{v } 225 \text{ g (19:6:20)} \dots\dots x \\ \hline x = 13,5 \text{ g P}_2\text{O}_5 \end{array} \dots(3)$$

$$\begin{array}{r} \text{V } 100 \text{ g (19:6:20)} \dots\dots 20 \text{ g K}_2\text{O} \\ \text{v } 225 \text{ g (19:6:20)} \dots\dots x \\ \hline x = 45 \text{ g K}_2\text{O} \end{array} \dots(4)$$

Torej smo dali v hranilno raztopino 2 42,75 g dušika, 13,5 g fosforja (P_2O_5) in 45 g kalija (K_2O).

Preglednica 3: Količina makrohranil dodanih za pripravo raztopine (Resh, 1995)

Soli	Zatehtane kol. soli, mg/l	Količina na bazen, g/225 l	Makroelementi						
			N-NO ₃	N-NH ₄	PO ₄ ²⁻	K ⁺	Ca ⁺⁺	Mg ⁺⁺	SO ₄ ²⁻
Ca(NO ₃) ₂	818,8	184,23	140	-	-	-	200	-	-
K ₂ SO ₄	327,6	73,71	-	-	-	147	-	-	60,3
KH ₂ PO ₄	219,7	49,43	-	-	50	63	-	-	-
NH ₄ NO ₃	71,4	16,07	25	25	-	-	-	-	-
MgSO ₄ *7H ₂ O	405,6	91,26	-	-	-	-	-	40	52,7
mg/l			165	25	50	210	200	40	113

Preglednica 4: Količina mikrohranil dodanih za pripravo raztopine (Resh, 1995)

Soli	Zatehtane kol. soli, mg/l	Količina na bazen, g/225 l	Koncentracije mikroelementov v ppm (mg/l)					
			Mn	Zn	B	Cu	Mo	Fe
H ₃ BO ₃	2,86	0,6435	-	-	0,5	-	-	-
MnSO ₄ *4H ₂ O	2,03	0,457	0,5	-	-	-	-	-
ZnSO ₄ *7H ₂ O	0,44	0,099	-	0,1	-	-	-	-
CuSO ₄ *5H ₂ O	0,393	0,088	-	-	-	0,1	-	-
Mo klorid	0,12	0,027	-	-	-	-	0,05	-
Fe kelat	50	11,25	-	-	-	-	-	5
mg/l			0,5	0,1	0,5	0,1	0,05	5

3.4 MERITVE NITRATA V RASTLINAH

3.4.1 Priprava rastlinskih vzorcev

Po rezi smo rastlinski material shranili v papirnate vrečke in ga posušili v sušilniku, na 50 °C, do konstantne teže (pribl. 72 ur). Zračno suhe rastlinske vzorce smo zmleli z laboratorijskim mlinčkom (IKA M20) v prah in jih shranili v plastične vrečke, ki smo jih neprodušno zaprli in shranili v kartonski embalaži. Ko so bili vsi vzorci zmleti smo delo nadaljevali v laboratoriju na Centru za pedologijo in varstvo okolja.

Za ekstrakcijo smo zatehtali 1g suhega vzorca, ki smo ga nato prelili s 100 ml destilirane vode in dali na stresalnik za 30 min. Po stresanju smo prefiltrirali s filter papirjem. Prvih 20 ml filtrata smo zavrgli, nato pa smo naslednji dobljeni filtrat razredčili. Za redčitev smo vzeli 1 ml filtrata in 9 ml destilirane vode. Meritev nitrata smo izvedli s reflektometrično določitvijo z aparatom RQflex in ustreznimi testnimi lističi za nitrat (Reflectoquant, 3-90 ml NO₃⁻/l, Merck).

Nitratni test z RQflexom smo naredili po naslednjem postopku: na aparatu smo pritisnili tipko start, testni listič pomočili v vzorec za dve sekundi in ga otresli, da je odvečna tekočina odtekla z lističa. Ko se je na aparatu pričelo odštevanje (čas reakcije je 60 sekund), smo testni listič potisnili v aparat. Listič je moral biti pravilno obrnjen, po zadnjem pisku se je na ekranu izpisal rezultat.

3.4 STATISTIČNA ANALIZA PODATKOV

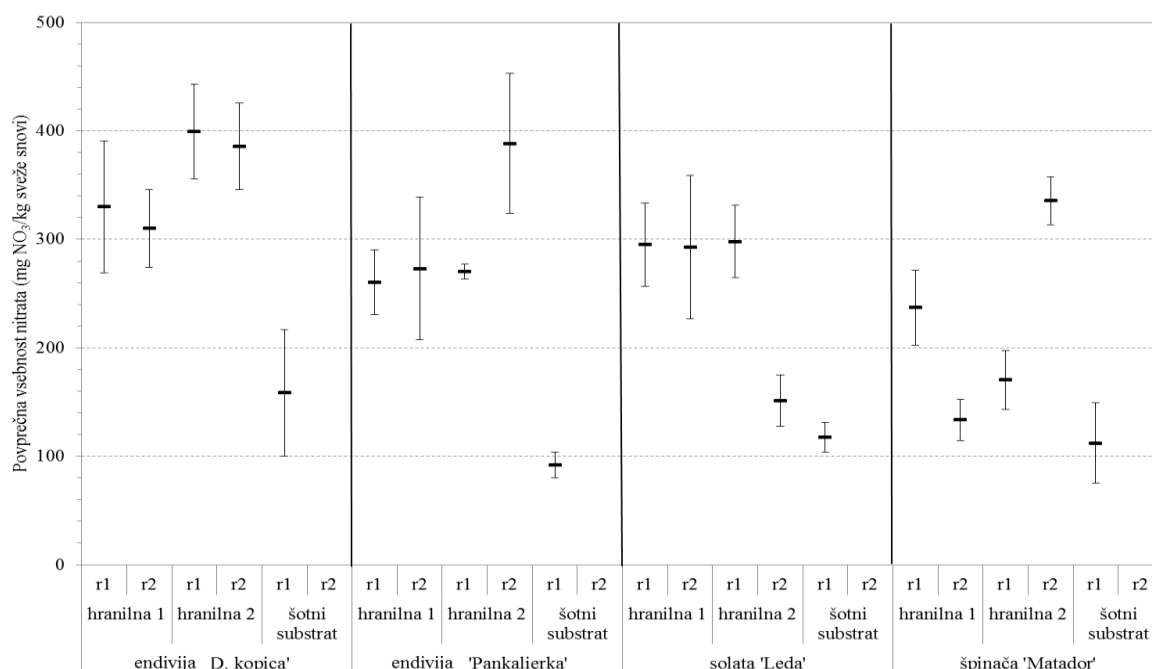
Trofaktorski poskus v bločni zasnovi (plošče z enakim volumnom vdolbinic predstavljajo blok – znotraj vsakega bloka so tako ponovljena vsa obravnavanja). Preučevane dejavnike: sorto (endivija 'Dalmatinska kopica', 'Pankalierka', solata 'Leda' in špinača 'Matador'), raztopino (hranilna raztopina 1, hranilna raztopina 2 in šotni substrat) in rez (prva in druga) smo analizirali z analizo variance za trofaktorski poskus v poskusni zasnovi slučajni bloki. Kjer so se pokazale statistično značilne razlike med obravnavanji smo uporabili Duncanov preizkus mnogoterih primerjav ($\alpha=0,05$). Za analizo smo uporabili program Statgraphics.

4 REZULTATI

V tem poglavju prikazujemo rezultate meritev vsebnosti nitrata v pridelku listnatih zelenjadnic, ki smo jih gojili na plavajočem sistemu v hranilni raztopini 1 in 2 ter v šotnem substratu – kar nam je predstavljalo kontrolne rastline.

V nadaljevanju smo označili ime sorte endivije 'Dalmatinska kopica' kot 'D. kopica'.

4.1 VSEBNOST NITRATA



Slika 2: Povprečna vsebnost nitrata (mg NO₃⁻/kg sveže snovi)

Iz slike 2 vidimo, da se vsebnost nitrata razlikuje glede na vrsto zelenjave. Pri solatnicah (pri endiviji 'D. kopica', 'Pankalierka' in solata 'Leda') so v splošnem vrednosti v plavajočem sistemu večje kot pri špinači 'Matador'. Povprečna vsebnost nitrata pri solatnicah v hranilni raztopini 1 in hranilni raztopini 2 je od 250-400 mg NO₃⁻/kg sveže mase, pri špinači pa od 110 do 350 mg NO₃⁻/kg sveže mase. Rastline, ki so rastle v šotnem substratu imajo manjše vrednosti, pod 150 mg NO₃⁻/kg sveže mase, v primerjavi s tistimi v hranilni raztopini.

Analiza variance za povprečno vsebnost nitrata (preglednica 5) je pokazala, da je medsebojni vpliv vseh treh dejavnikov značilen (trojna interakcija, $p=0,0078$), kar pomeni, da ne moremo nadaljevati z analizo razlik med različnimi ravni posameznega proučevanega dejavnika, temveč moramo analizirati razlike med povprečji vsebnosti nitrata po obravnavanjih, ki so določena z vsemi možnimi kombinacijami ravni treh dejavnikov (preglednica 6). Iz tabele ANOVA vidimo tudi, da so razlike največje med ravni dejavnika raztopina ($p=0,0000$, $F=27,12$). Vsebnost nitrata glede na čas rezi je bila različna glede na vrsto vrtnine.

Preglednica 5: Analiza variance za povprečno vsebnost nitrata (mg NO₃⁻/kg sveže snovi)

Vir variabilnosti	VKO	SP	F	p-vrednost
OBRAVNAVANJA				
A: Blok (velikost)	973	2		
B: Raztopina	269932	2	27,12	0,0000
C: Rez	220	1	0,04	0,8346
D: Sorta	114043	3	7,63	0,0003
INTERAKCIJE				
BC	11217	2	1,12	0,3340
BD	57025	6	1,91	0,1028
CD	33226	3	2,22	0,1000
BCD	67805	3	4,54	0,0078
OSTANEK				
	199035	40		

Preglednica 6: Duncanov preizkus mnogoterih primerjav odvisne spremenljivke vsebnost nitrata

Obravnavanje	Povprečje	Homogenost skupin
Kopica-h2-1	399,6	a
Pancalier-h2-2	388,4	a,b
Kopica-h2-2	385,8	a,b
Matador-h2-2	335,6	a,b,c
Kopica-h1-1	329,9	a,b,c
Kopica-h1-2	310,1	a,b,c
Leda-h2-1	298,0	a,b,c,d
Leda-h1-1	294,9	a,b,c,d
Leda-h1-2	292,6	a,b,c,d
Pancalier-h1-2	273,1	a,b,c,d,e
Pancalier-h2-1	270,4	a,b,c,d,e
Pancalier-h1-1	260,2	b,c,d,e,f
Matador-h1-1	237,1	c,d,e,f,g
Matador-h2-1	170,3	d,e,f,g,h
Kopica-s-1	158,4	e,f,g,h
Leda-h2-2	151,2	e,f,g,h
Matador-h1-2	133,4	f,g,h
Leda-s-1	117,6	g,h
Matador-s-1	112,1	g,h
Pancalier-s-1	91,9	h

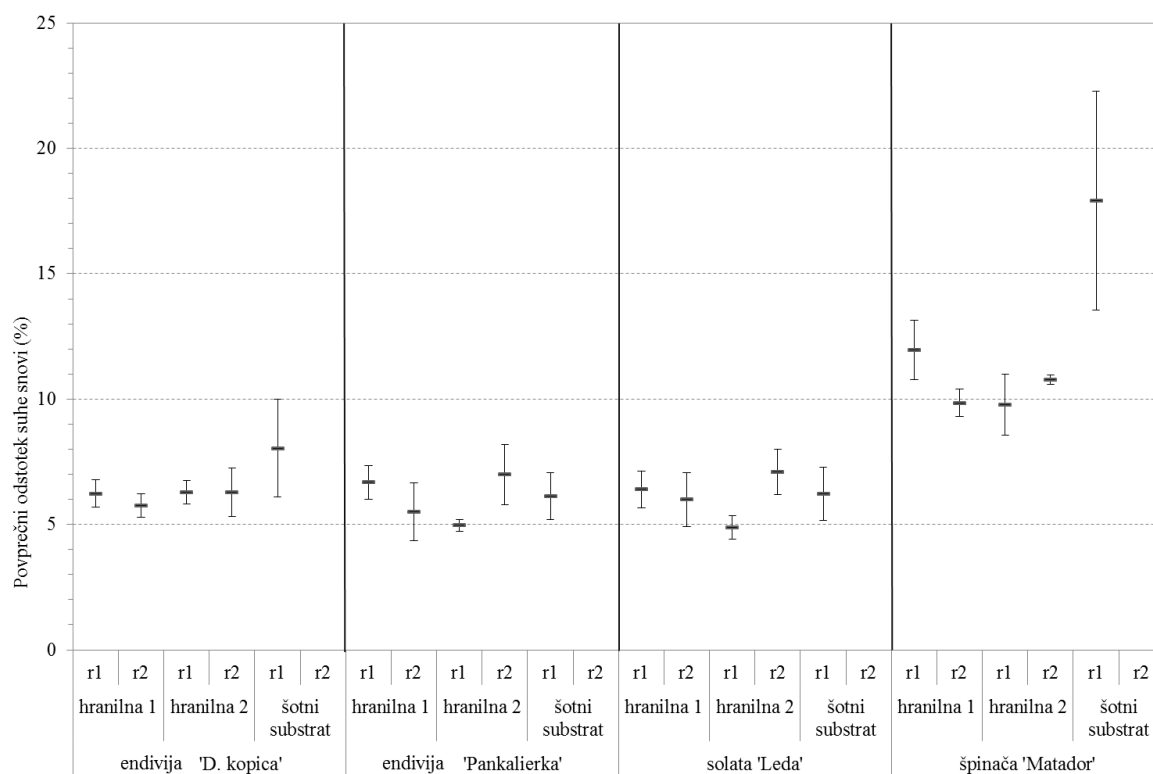
Preglednica 6 prikazuje rezultate Duncanovega preizkusa mnogoterih primerjav med povprečji po obravnavanjih (imamo $4 \times 3 \times 2 = 24 - 2 = 22$ obravnavanj, ker na šotnem substratu ni bilo 2. rezi). Povprečna vsebnost nitrata je bila pri obeh endivijah pri vseh obravnavanjih na plavajočem sistemu statistično značilno nižja kot v šotnem substratu, med hranilnima raztopinama niti med rezema pa ni bilo značilnih razlik.

Pri solati sorte 'Leda' se povprečna vsebnost nitrata pri hranilni raztopini 2 pri drugi ni razlikovala od povprečne vsebnosti nitrata v šotnem substratu, ostala tri obravnavanja na plavajočem sistemu so značilno odstopala od teh dveh, med njimi pa ni bilo značilnih razlik.

Pri špinači 'Matador' samo povprečna vsebnost nitrata pri drugi rezi v hranilni raztopini 2 značilno odstopa od šotnega substrata in tudi od prve rezi v hranilni raztopini 2.

4.2 SUHA SNOV

Na sliki 3 je prikazana povprečna vsebnost sušine – odstotek suhe snovi (%) v zračno suhih vzorcih nadzemnih delov endivije, solate in špinače, glede na sistem gojenja (plavajoč sistem: hranilna raztopina 1 in 2 ter kontrola - šotni substrat) ter glede na rez (r1 - 1. rez in r2 - 2. rez),



Slika 3: Povprečni odstotek suhe snovi (%)

Iz slike 3 je razvidno, da se odstotek suhe snovi razlikuje glede na vrsto zelenjave. Pri solatnicah je v povprečju odstotek suhe snovi od 5 do 10 % in je manjši v primerjavi s špinačo, ki ima odstotek suhe snovi od 10 do 18 %.

Analiza variance za suho snov je pokazala (preglednica 7), da ima ta sorta ($p=0,0000$) in raztopina ($p=0,0179$) statistično značilen vpliv, medtem ko rez ($p=0,7154$) nima statistično značilnega vpliva. Medsebojni vpliv dejavnikov ni značilen ($p=0,8605$).

Preglednica 7: Analiza variance za povprečno suho snov (%)

vir variabilnosti	VKO	SP	F	p-vrednost
OBRAVNAVANJA				
A: Blok (velikost)	26,52	2		
B: Sorta	383,43	3	26,63	0,0000
C: Rastopina	42,74	2	4,45	0,0179
D: Rez	0,65	1	0,13	0,7154
INTERAKCIJE				
BC	60,62	6	2,10	0,0740
BD	3,94	3	0,27	0,8439
CD	16,56	2	1,72	0,1911
BCD	3,61	3	0,25	0,8605
OSTANEK	191,94	40		

Preglednica 8: Preizkus mnogoterih primerjav odvisne spremenljivke suha snov (%) pri različnih vrstah

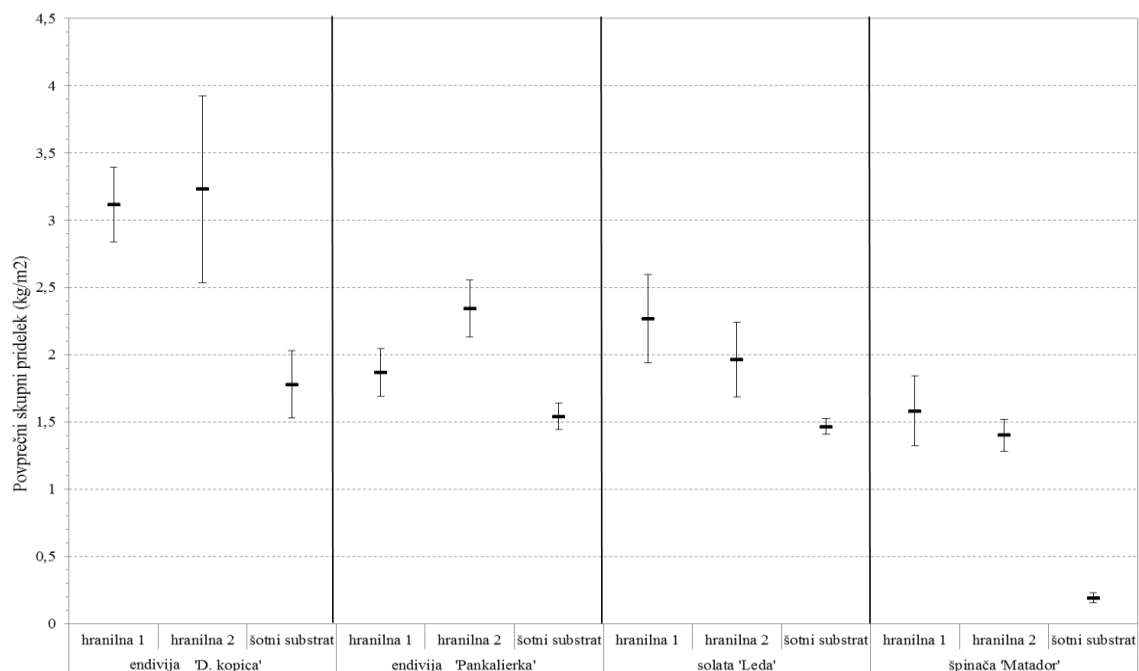
Vrsta	Povprečje	Homogenost skupin
Špinača 'Matador'	12,05	a
Endivija 'D.Kopica'	6,51	b
Solata 'Leda'	6,28	b
Endivija 'Pankalierka'	6,05	b

Preglednica 9: Preizkus mnogoterih primerjav odvisne spremenljivke suha snov (%) pri uporabi različnih raztopin

Raztopina	Povprečje	Homogenost skupin
Šotni substrat	9,08	a
Hranilna raztopina 1	7,29	b
Hranilna raztopina 2	7,13	b

Duncanov preizkus (preglednica 8 in 9) je pokazal, da obstajajo značilne razlike v suhi snovi med solatnicami in špinačo. Špinača ima značilno večji odstotek suhe snovi v primerjavi s solatnicami. Med solatnicami pa ni značilnih razlik glede vsebnosti sušine. Preizkus je pokazal tudi, da imajo rastline gojene v šotnem substratu večji delež suhe snovi, kot rastline gojene v hranilni raztopini. Med slednjimi ni značilnih razlik.

4.3 PRIDELEK



Slika 4: Povprečni skupni pridelek (kg/m^2) za endivijo 'D. kopica', 'Pankalierka', solata 'Leda' in špinačo 'Matador', ki smo jih gojili na plavajočem sistemu (v hranilni raztopini 1 in 2) ter v šotnem substratu (kontrola).

Iz slike 4 vidimo, da se pridelek razlikuje glede na vrsto zelenjave. Največji pridelek je imela na plavajočem sistemu endivija 'D.Kopica' v povprečju od 3,1 do 3,3 kg/m^2 , endivija 'Pankalierka' in solata 'Leda' sta imeli v povprečju od 1,9 do 2,3 kg/m^2 , špinača pa je imela najmanjši pridelek, od 1,4 do 1,6 kg/m^2 . Rastline, ki so rasle v šotnem substratu imajo manjši pridelek (solatnice od 1,5 do 1,8 kg/m^2 , špinača 0,2 kg/m^2) v primerjavi s tistimi v hranilni raztopini.

Analiza variance za skupni pridelek je pokazala (preglednica 10), da ima sorta ($p=0,0000$) in raztopina ($p=0,0000$) statistično značilen vpliv. Medsebojni vpliv dejavnikov ni značilen ($p=0,0789$).

Preglednica 10: Analiza variance za povprečni skupni pridelek (kg/m^2)

vir variabilnosti	VKO	SP	F	p-vrednost
OBRAVNAVANJA				
A: Blok (velikost)	1,19	2	4,85	0,0179
B: Sorta	12,27	3	33,12	0,0000
C: Raztopina	7,64	3	30,93	0,0000
INTERAKCIJE				
BC	1,64	6	2,22	0,0789
OSTANEK				
	2,71	22		

Preglednica 11: Preizkus mnogoterih primerjav odvisne spremenljivke pridelek (kg/m^2) pri različnih vrstah

Vrsta	Povprečje	Homogenost skupin
Endivija 'D.Kopica'	2,71	a
Endivija 'Pankalierka'	1,92	b
Solata 'Leda'	1,90	b
Špinača 'Matador'	1,06	c

Preglednica 12: Preizkus mnogoterih primerjav odvisne spremenljivke pridelek (kg/m^2) pri uporabi različnih raztopin

Raztopina	Povprečje	Homogenost skupin
Hranilna raztopina 2	2,23	a
Hranilna raztopina 1	2,21	a
Šotni substrat	1,24	b

Duncanov preizkus (preglednici 11 in 12) je pokazal, da obstajajo značilne razlike v pridelku med endivijo 'D. kopica' in endivijo 'Pankalierka', solato 'Leda', ter špinačo 'Matador'. Endivija 'D. kopica' ima značilno večji pridelek v primerjavi z ostalima solatnicama in špinačo. Preizkus je pokazal tudi, da imajo rastline gojene v hranilni raztopini večji pridelek, kot rastline gojene v šotnem substratu. Med hranilnima raztopinama ni značilnih razlik.

5 RAZPRAVA IN SKLEPI

5.1 RAZPRAVA

Diplomska raziskava je bila zasnovana z namenom, da ugotovimo vsebnost nitrata v pridelku treh vrst listnatih zelenjadnic (endiviji, vrtni solati in navadni špinači), ki smo jih gojili na plavajočem sistemu glede na pridelek rastlin, gojenih v šotnem substratu. V ta namen smo postavili poskus v rastlinjaku na Laboratorijskem polju Biotehniške fakultete, kjer smo na gojitveni mizi uredili bazen za plavajoči sistem, primeren za gojenje listnate zelenjave. V plavajočem sistemu so rastline vsidrane v stiroporne plošče, ki plavajo na gladini hranilne raztopine. Koreninski sistem pa se razvija v hranilni raztopini, v katero s kompresorjem vpihavamo zrak, da zagotovimo dovolj veliko koncentracijo kisika. Hranilna raztopina (v našem poskusu hranilna raztopina 1) je običajno pripravljena iz čistih soli, namenjenih za hidroponske sisteme. Nas pa je zanimalo, ali lahko z raztapljanjem vodotopnega mineralnega gnojila pripravimo enako kakovostno hranilno raztopino (hranilna raztopina 2) kot je prej omenjena standardna hranilna raztopina. Pridelek zelenjadnic smo pobirali v dveh terminih - imeli smo 2 rezi. Vsakič smo pridelek stehtali in vzorec (cca. 100 g) dali na sušenje (50 °C, 72 ur oz. do konstantne teže). Zračno suhe vzorce smo stehtali (za izračun vsebnosti sušine), zmleli in pripravili za analizo na vsebnost nitrata.

5.1.1 Vsebnost nitrata glede na vrsto vrtnine

Ugotovili smo, da se vsebnost nitrata razlikuje glede na vrsto zelenjave. Povprečna vsebnost nitrata v solatnicah (v endiviji in solati) je večja od vsebnosti nitrata v špinači. Pri solatnicah v plavajočem sistemu (hranilna raztopina 1 in hranilna raztopina 2) je povprečna vsebnost nitrata od 200-400 mg NO₃⁻/kg sveže mase, pri špinači pa od 100 do 350 mg NO₃⁻/kg sveže mase. Precej manjše vrednosti pod 150 mg NO₃⁻/kg sveže mase so v rastlinah, ki so rasle v šotnem substratu. Ugotavljamo, da vsebujejo rastline v hranilni raztopini več nitrata, kot rastline v šotnem substratu. Domnevamo, da so bila hranila v hranilnih raztopinah v plavajočem sistemu rastlinam stalno in lažje dostopna v primerjavi s šotnim substratom, kjer smo rastline namakali po potrebi in jih ob tem dognojevali. Vsebnost nitrata v pridelku listnate zelenjave, gojene na plavajočem sistemu sta proučevala tudi Fontana in Nicola (2009), ki sta v listih motovilca in rukvice ugotovila manjšo vsebnost nitrata (132 mg NO₃⁻/kg sveže mase) pri klasičnem gojenju v tleh, glede na gojenje v plavajočem sistemu (232 mg NO₃⁻/kg sveže mase). O različni vsebnosti nitrata v pridelku glede na vrsto zelenjadnic poročata tudi Amr in Hadidi (2001), ki sta ugotovila, da je vsebnost nitrata različna glede na vrsto vrtnine, ne pa tudi glede na kultivar. Pri gojenju na prostem so vsebovale bučke več nitrata (41,3 mg/kg sveže mase) kot zelje, solata in špinača (34, 30 in 35 mg/kg sveže mase).

5.1.2 Vsebnost nitrata glede na čas rezi

Vrste zelenjadnic so imele različne vsebnosti nitrata tudi glede na čas rezi. Pri solatnicah (endivija in solata) iz hranilne raztopine 1 je bila vsebnost nitrata v pridelku obeh rezi enaka, pri špinači pa je imel pridelek 2. rezi več nitrata glede na 1.rez.

Večje razlike v vsebnosti nitrata glede na čas rezi pa smo zabeležili v pridelku solate, špinače in endivije sorte 'Pankalijerka', ki smo jih gojili v hranilni raztopini 2. Pri endiviji in špinači je bila vsebnost nitrata v pridelku 2. rezi značilno večja glede na 1. Rez, pri solati 'Leda' pa je bilo ravno obratno, v hranilni raztopini 2 je bila vsebnost nitrata v pridelku 1. rezi značilno večja glede na 2. rez.

Vpliv termina pobiranja (zgodnje, srednje in pozno pobiranje) na vsebnost nitrata pri zelenjavi sta raziskovala tudi Amr in Hadidi (2001), ki sta v različnih zelenjadnicah (špinača, solata, zelje, bučke, cvetača in peteršilj), gojenih na prostem ugotovila, da kasnejše pobiranje statistično značilno zmanjša vsebnost nitrata v pridelku vseh preizkušanih zelenjadnic. Značilne razlike pa sta dobila le pri špinači, zelju in bučkah. Zmanjšano vsebnost nitrata v kasneje pobranem pridelku sta razložila z dejstvom, da je zgodnje obiranje potekalo v zimskem obdobju, ko je jakost sončne osvetlitve šibkejša kot v pozni pomladi. V pomladanskem času so dnevi daljši, pa tudi jakost sončnega sevanja je močnejša, kar deluje zaviralno na kopičenje nitrata v pridelku zelenjadnic (The health effects of nitrates..., 1981).

5.1.3 Vsebnost nitrata glede na hranilno raztopino

V poskusu smo imeli dve hranilni raztopini, ki sta se med seboj razlikovali predvsem glede priprave; prva je bila pripravljena po recepturi (Resh, 1995) iz čistih soli, namenjenih hidroponskim raziskavam, drugo pa smo pripravili z raztopitvijo vodotopnega gnojila Kristalon (19:6:21) tako, da je bila vsebnost makrohranil (N, P in K) izenačena. Ugotoviti smo želeli, ali je enostavnejše pripravljena hranilna raztopina enako uporabna za gojenje rastlin oz. kakšen je njen vpliv na vsebnost nitrata v pridelku.

Na osnovi izmerjenega nitrata v pridelku zelenjadnic smo ugotovili, da je bila vsebnost nitrata različna glede na hranilno raztopino in na čas rezi. Pri vseh treh solatnicah (2 sortah endivije in pri solati) iz hranilne raztopine 1 ni bilo razlik v vsebnosti nitrata. Pridelek rastlin iz hranilne raztopine 2 pa se je po vsebnosti nitrata močno razlikoval glede na čas rezi. Pri sorti endivije 'Pankalijerka' in pri špinači 'Matador' je bilo v pridelku pri 2. rezi značilno več nitrata glede na 1. rez. Pri solati 'Leda' pa je bilo obratno. Značilno več nitrata je vseboval pridelek 1. rezi glede na 2. rez. Domnevamo, da je različna vsebnost nitrata glede na čas rezi v rastlinah, ki so rastle v hranilni raztopini 2 verjetno posledica dejstva, da je sprejem in poraba dušika pri endiviji, solati in špinači različen, hkrati pa je verjetno tudi razporeditev in poraba hranil iz tovrstne hranilne raztopine pripravljene iz vodotopnega gnojila drugačna, bolj neenakomerna, kot pri standardni hranilni raztopini. To pomeni, da z raztapljanjem vodotopnega mineralnega gnojila ne moremo zagotoviti tako kompleksne sestave hranilne raztopine, kot to naredimo z raztapljanjem čistih soli, namenjenih za hidroponske sisteme .

5.1.4 Vsebnost suhe snovi v pridelku listnate zelenjave

Za rastline, ki jih pridelujemo na plavajočem sistemu velja, da vsebujejo več vode oz. manjši odstotek sušine (Fontana in Nicola, 2009; Jakše in Kacjan Maršič, 2010), kar pogosto povzroči venenje pridelka, takoj po pobiranju. Zaradi tega je zelo pomembno, da se pridelek takoj po pobiranju spravi v embalažo, ki preprečuje izgubo vode.

Tudi v našem poskusu smo izračunali manjši delež suhe snovi v pridelku, pobranem na plavajočem sistemu glede na pridelek kontrolnih rastlin, ki so rastle v šotnem substratu. Ugotovili smo tudi, da se vrste zelenjadnic razlikujejo med seboj po količini suhe snovi. Solatnice so imele nižji delež suhe snovi v primerjavi s špinačo. To bi lahko pripisali dejstvu, da smo rastline špinače analizirali cele (pecelj in listno ploskev), pri solati in endiviji pa so pridelek sestavljale samo listne ploskve, ki običajno vsebujejo več vode kot listni peclji. O podobnih rezultatih poročata tudi Fontana in Nicola (2009), ki sta v svoji raziskavi primerjala vpliv tehnologije gojenja (klasično gojenje v tleh in hidroponsko gojenje) na količino in kakovost pridelka motovilca in rukvice. Ugotovila sta, da način gojenja značilno vpliva na suho snov rastlin. Motovilec, ki je rasel v tleh je imel več suhe snovi od tistega, ki je rasel v hidroponskem sistemu.

5.1.5 Pridelek listnatih zelenjadnic na plavajočem sistemu in v šotnem substratu

Poleg kakovosti (vsebnosti nitratov) nas je zanimala tudi količina pridelka, zato smo po pobiranjih beležili tudi pridelek. Pridelek smo pobirali takrat, ko so imele rastline razvite 4 do 6 listov in so bile primerno visoke ter bujne. Rastline na plavajočem sistemu so rastle hitreje od kontrolnih rastlin (v šotnem substratu), zato smo najprej pobrali pridelek s plavajočega sistema. Tako smo rastline endivije prvič rezali začetek januarja - 72 dni po setvi, rastline solate 76 dni po setvi in rastline špinače 78 dni po setvi. Kontrolne rastline pa smo porezali 83.ti dan solato, 87.ti dan endivijo in 120.ti dan špinačo. Drugo rez rastlin na plavajočem sistemu smo izvedli v sredini februarja pri endiviji in solati in začetek marca pri špinači.

Ugotovili smo, da je bil pridelek rastlin na plavajočem sistemu značilno večji glede na pridelek v šotnem substratu. Pri endiviji 'D.kopica' je bil pridelek na plavajočem sistemu od 3,1 do 3,3 kg/m², v šotnem substratu 1,8 kg/m². Pridelek endivije 'Pankalierka' je bil na plavajočem sistemu od 1,9 do 2,3 kg/m², v šotnem substratu pa 1,5 kg/m². Solata 'Leda' je imela na plavajočem sistemu od 2,0 do 2,3 kg/m² in v šotnem substratu 1,5 kg/m² pridelka. Špinača 'Matador' je imela pridelek na plavajočem sistemu od 1,4 do 1,6 kg/m², v šotnem substratu pa 0,2 kg/m².

Domnevamo, da je razlog za večji pridelek na plavajočem sistemu v tem, da imajo rastline konstantno oskrbo z vodo in hranili, ki so rastlinam lahko dostopna, zato so razmere za rast ugodnejše. Tudi Fontana in Nicola (2009) sta pri primerjavi tehnologije gojenja motovilca in rukvice klasično v tleh in gojenje na plavajočem sistemu ugotovila, da je bil pridelek obeh vrtnin na plavajočem sistemu večji glede na gojenje v tleh. Pridelek motovilca je bil 1,12 kg/m² na plavajočem sistemu in 0,55 kg/m² v tleh, rukvice pa 1,6 kg/m² na plavajočem sistemu in 0,44 kg/m² v tleh.

5.2 SKLEP

Na osnovi zbranih rezultatov lahko zaključimo:

- da je pridelek listnatih zelenjadnic, ki smo jih gojili na plavajočem sistemu vseboval več nitrata kot pridelek rastlin, ki so rastle v šotnem substratu, vendar so vrednosti 8-10 x manjše od dovoljenih vrednosti nitrata v listnati zelenjavi. V pridelku endivije in solate smo izmerili 200 do 400 mg NO₃/kg sveže mase, v špinači pa 100 do 350 mg NO₃/kg sveže mase. V rastlinah, ki smo jih gojili v šotnem substratu je bila vsebnost NO₃ pod 150 mg/kg sveže mase;
- vsebnost nitrata v pridelku s plavajočega sistema se je razlikovala glede na uporabljeno hranilno raztopino in na čas rezi: v rastlinah iz hranilne raztopine 1 (pripravljena iz čistih soli po recepturi) ni bilo razlik v vsebnosti nitrata glede na termin pobiranja, v rastlinah iz hranilne raztopine 2 (pripravljene iz vodotopnega mineralnega gnojila) pa so bile vsebnosti nitrata različne glede na vrsto vrtnine in termin pobiranja. Domnevamo, da je neenakomerna razporeditev in poraba hranil v enostavneje pripravljene hranilni raztopini 2 (z raztapljanjem vodotopnega mineralnega gnojila) verjetno vzrok za take razlike v vsebnosti nitrata, predvsem v pridelku, ki smo ga pobrali v 2. terminu.
- Vsebnost suhe snovi je bila manjša v rastlinah s plavajočega sistema glede na rastline iz šotnega substrata;
- Pridelek listnatih zelenjadnic je bil na plavajočem sistemu večji glede na kontrolne rastline; pri endiviji 'D.kopica' je bil pridelek na plavajočem sistemu od 3,1 do 3,3 kg/m², v šotnem substratu 1,8 kg/m². Pridelek endivije 'Pankalierka' je bil na plavajočem sistemu od 1,9 do 2,3 kg/m², v šotnem substratu pa 1,5 kg/m². Solata 'Leda' je imela na plavajočem sistemu od 2,0 do 2,3 kg/m² in v šotnem substratu 1,5 kg/m² pridelka. Špinača 'Matador' je imela pridelek na plavajočem sistemu od 1,4 do 1,6 kg/m², v šotnem substratu pa 0,2 kg/m².

6 POVZETEK

Pri listnati zelenjavi je vsebnost nitrata pomembna, saj lahko prevelike koncentracije škodujejo zdravju ljudi. Pri pridelovanju te zelenjave je pomembno, da jih pridelujemo s tehnologijo, ki omogoča gojenje zelenjave z manjšo vsebnostjo nitrata. V diplomskem delu smo želeli preučiti vsebnost nitrata treh vrst listnate zelenjave na plavajočem sistemu, kjer smo preizkusili uporabnost dveh hranilnih raztopin, ki se razlikujeta predvsem v pripravi (hranilna raztopina 1 je pripravljena iz čistih soli, namenjenih za hidroponske raziskave, hranilna raztopina 2 pa je pripravljena iz vodotopnega mineralnega gnojila). Predpostavljali smo, da med hranilnima raztopinama ne bo velikih razlik glede vsebnosti nitrata. Pričakovali smo razlike le glede na čas rezi (različno obdobje gojenja; november – december oz. januar-februar). Preizkus smo izvedli v obdobju od 29. 10. 2008 do 18. 03. 2009. V poskus smo vključili tri vrste vrtnin: solato (*Lactuca sativa* L.) in endivijo (*Cichorium endivia* L.), ki spadata v družino radičevk, (Cichoriaceae) ter špinačo (*Spinacia oleracea* L.), ki spada v družino metlikovk (Chenopodiaceae) in so enoletne rastline. Pridelujemo jih zaradi uživanja njihovih listov, zato jih označujemo z izrazom listnata zelenjava. Poskus je potekal v rastlinjaku na Laboratorijskem polju Biotehniške fakultete, kjer smo na gojitveni mizi uredili bazen za plavajoči sistem, primeren za gojenje listnate zelenjave. V plavajočem sistemu so rastline vsidrane v stiroporne plošče, ki plavajo na gladini hranilne raztopine, koreninski sistem pa se razvija v hranilni raztopini, v katero s kompresorjem vpihavamo zrak, da zagotovimo dovolj veliko koncentracijo kisika. Seme dveh sort endivije ('Dalmatinska kopica' in 'Pankalijerka'), solate 'Leda' in špinače 'Matador' smo posejali v stiroporne plošče, napoljene s perlitom in jih postavili v bazen s čisto vodo. Po vzniku smo v vodo zamešali hranila in tako ustvarili 'hranilno raztopino 1' – to je standardno pripravljena hranilna raztopina po Resh-u (1995) za solatnice, ki smo jo pripravili iz čistih soli, namenjenih za hidroponske sisteme. V drugem bazenu pa smo v vodo zamešali raztopljeno vodotopno mineralno gnojilo Kristalon (19:6:21) v količini, da so bile koncentracije makrohranil v obeh raztopinah izenačene ('hranilna raztopina 2').

Pridelek zelenjadnic smo pobirali v dveh terminih (2 rezi). Vsakič smo pridelek stehali in vzorec (cca. 100 g) dali na sušenje (50 °C, 72 ur oz. do konstantne teže). Zračno suhe vzorce smo stehali (za izračun vsebnosti sušine), zmleli in pripravili za analizo na vsebnost nitrata. Poskus je bil trofaktorski, v bločni zasnovi. Preučevani dejavniki so bili sorta (endivija 'D. kopica', endivija 'Pankalierka', solata 'Leda' in špinača 'Matador'), raztopina (hranilna raztopina 1, hranilna raztopina 2 in šotni substrat) in rez (prva in druga). Meritev nitrata smo izvedli s reflektometrično določitvijo z aparatom RQflex in ustreznimi testnimi lističi za nitrat (Reflectoquant, 3-90 ml NO₃⁻/l, Merck).

Na osnovi zbranih rezultatov smo ugotovili, da je pridelek listnatih zelenjadnic, ki smo jih gojili na plavajočem sistemu vseboval več nitrata kot pridelek rastlin, ki so rastle v šotnem substratu, vendar so vrednosti 8-10 x manjše od dovoljenih vrednosti nitrata v listnati zelenjavi (preglednica 2). V pridelku endivije in solate smo izmerili 200 do 400 mg NO₃/kg sveže mase, v špinači pa 100 do 350 mg NO₃/kg sveže mase. V rastlinah, ki smo jih gojili v šotnem substratu je bila vsebnost NO₃ pod 150 mg/kg sveže mase. Ugotovili smo tudi, da se je vsebnost nitrata v pridelku s plavajočega sistema razlikovala glede na uporabljeno hranilno raztopino in na čas rezi. V rastlinah iz hranilne raztopine 1 (pripravljena iz čistih soli po recepturi) ni bilo razlik v vsebnosti nitrata glede na termin

pobiranja; v rastlinah iz hranilne raztopine 2 (pripravljene iz vodotopnega mineralnega gnojila) pa so bile vsebnosti nitrata različne glede na vrsto vrtnine in termin pobiranja. Domnevamo, da je neenakomerna razporeditev in poraba hranil v enostavneje pripravljene hranilni raztopini 2 (z raztapljanjem vodotopnega mineralnega gnojila) verjetno vzrok za razlike v vsebnosti nitrata, ki smo jo izmerili predvsem v pridelku 2. termina pobiranja. Kot smo pričakovali so imele rastline s plavajočega sistema manjši delež suhe snovi v primerjavi z rastlinami iz šotnega substrata.

Tudi v pridelku zelenjadnic smo ugotovili razlike in sicer smo na plavajočem sistemu največji pridelek pobrali pri endiviji 'D.kopica' na plavajočem sistemu od 3,1 do 3,3 kg/m², v šotnem substratu 1,8 kg/m². Pridelek endivije 'Pankalierka' je bil na plavajočem sistemu od 1,9 do 2,3 kg/m², v šotnem substratu pa 1,5 kg/m². Solata 'Leda' je imela na plavajočem sistemu od 2,0 do 2,3 kg/m² in v šotnem substratu 1,5 kg/m² pridelka. Špinača 'Matador' je imela pridelek na plavajočem sistemu od 1,4 do 1,6 kg/m², v šotnem substratu pa 0,2 kg/m².

7 VIRI

- Amr A., Hadidi N. 2001. Effect of cultivar and harvest date on nitrate (NO_3^-) and nitrite (NO_2) content of selected vegetables grown under open field and greenhouse conditions in Jordan. *Journal of Food Composition and Analysis*, 14: 59-67
- Bao-Ming C., Zhao-Hui W., Sheng-Xiu L., Gen-Xuan W., Hai-Xing S., Xi-Na W. 2004. Effects of nitrate supply on plant growth, nitrate accumulation, metabolic nitrate concentration and nitrate reductase activity in three leafy vegetables. *Plant Science*, 167: 635–643
- Berry W. 2006. Symptoms of deficiency in essential minerals. *Plant Physiology*.
<http://4e.plantphys.net/article.php?ch=3&id=289> (20.09.2010)
- Brady N.C., Weil R.R. 1996. Some information on soil fertility. The nature and properties of soil.
<http://soil.gsfc.nasa.gov/soilfert/npk.htm> (12.10.2010)
- Černe M. 2000. Solatnice. *Sodobno kmetijstvo* 33, 5:201-214
- Demšar J., Osvald J., Vodnik D. 2004. The effect of light-dependent application of nitrate on the growth of aeroponically grown lettuce (*Lactuca sativa* L.). *Journal of the American Society for Horticultural Science*, 129, 4: 570-575
- Fontana E., Nicola S. 2009. Traditional and soilless culture systems to produce sorn salad (*Valerianella olitoria* L.) and rocket (*Eruca sativa* Mill.) with low nitrate content. *Journal of Food, Agriculture and Environment*, 7, 2: 405-410
- Jakše M. 2000. Tehnologija pridelovanja endivije. *Sodobno kmetijstvo* 33, 5: 230-231
- Jakše M. Kacjan Maršič N. 2010. Uzgoj lisnatog povrća za rezanje na plutajućem sustavu. V 45th Croatian and 5th International Symposium on agriculture, Opatija, Croatia, February 2010. *Zbornik radova*. Osijek, Poljoprivredni fakultet Sveučilišta Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku: str. 576-580
- Kristalon. 2002. Ljubljana, Hydro Slovenija d.o.o., 4 str. (katalog gnojila)
- Masclaux-Daubresse D., Daniel-Vedele F., Dechorgnat J., Chardon F., Gaufichon L. in Suzuki A. 2009. Nitrogen uptake, assimilation and remobilization in plants: challenges for sustainable and productive agriculture. *Annals of Botany*, 105, 7: 1141-1157
- Meglič V., Šuštar-Vozlič J. 2000. Genetska variabilnost solate. *Sodobno kmetijstvo* 33, 5: 215-217
- Osvald J., Osvald-Kogoj M. 2005. Splošno vrtnarstvo in zelenjadarstvo. Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za agronomijo: 591 str.

- Oyen L.P.A. 2004. *Cichorium endivia* L. v: PROTA 2: Vegetables/Légumes. Grubben G.J.H (ed.). Wageningen, PROTA, Netherlands.
http://database.prota.org/PROTAhtml/Cichorium%20endivia_En.htm (15.12.2010)
- Pidwirny M. 2010. The nitrogen Cycle. *Fundamentals of physical geography*
http://www.eoearth.org/article/Nitrogen_cycle (28. 12. 2010)
- Pravilnik o onesneževalcih v živilih. 2003. Ur. l. RS št. 69/03
- Pušenjak M. 2000. Žlahtnjenje, vzdrževalna selekcija in pridelovanje semena solatnic v Sloveniji. *Sodobno kmetijstvo* 33, 5: 224-226
- Resh H. M. 1995. *Hydroponic food production*. Santa Barbara, California: 527 str.
- Ross D.S., Tefteau K.M. 1995. *Greenhouse float systems for transplant production. Fact Sheet 690*. Cooperative Extension Service, University of Maryland: 4 str.
- Santamaria P. 2006. Nitrate in vegetables: toxicity, content, intake and EC regulation. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 86: 10-17
- Santamaria P., Elia A., Parente A. in Serio F. 1998. Fertilization Strategies for Lowering Nitrate Content in Leafy Vegetables: Chicory and Rocket Salad Cases. *Journal of Plant Nutrition*, 21, 9:1791-1803
- Semenarna Ljubljana, prodajni program, semena za zelenjavni vrt.
<http://www.semenarna.si/solatnice> (22.10.2010)
- Sojar U. 2008. Gojenje motovilca (*Valerianella locusta* L.) na plavajočem sistemu. *Diplomska naloga*. Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, oddelek za agronomijo: 38 str.
- Tesi R., Lenzi A., Lombardi P. 2005. Effect on different O₂ levels on leafy vegetables in floating system. Florence, Department of Agronomy and Land Management, University of Florence: 5 str.
- The Health Effects of Nitrates, Nitrites and N-Nitroso Compounds. 1981. Washington, DC: National Academy of Sciences, str. 411-439
- Van Breemen N. 2002. Natural organic tendency. *Nature*, 415, 24: 381-382
- Voroney P., Derry D. 2008. Origin and distribution of nitrogen in soil. *Nitrogen in agricultural system, Agronomy monograph* 49, 965 str.

ZAHVALA

Največja zahvala je namenjena mentorici doc. dr. Nini Kacjan-Maršič za njeno pomoč, strokovne nasvete in spodbude pri izdelavi diplomske naloge.

Zahvaljujem se somentorju doc. dr. Roku Mihelič za pomoč pri razlagi in interpretaciji rezultatov.

Dr. Damijani Kastelec se zahvaljujem za pomoč pri opravljanju statističnega dela diplomske naloge, za strokovne nasvete in vso pomoč pri razlagi in interpretaciji rezultatov.

Posebno pa se zahvaljujem staršem, ki so mi omogočili študij in me spodbujali in podpirali pri pisanju diplomske naloge.