

UNIVERZA V LJUBLJANI
BIOTEHNIŠKA FAKULTETA
ODDELEK ZA AGRONOMIJO

Aleš JEZERŠEK

**VPLIV DODANEGA NARAVNEGA ZEOLITNEGA
TUFA NA VODNO-ZRAČNE IN HRANILNE
LASTNOSTI RASTNEGA SUBSTRATA**

DIPLOMSKO DELO

Univerzitetni študij

Ljubljana, 2016

UNIVERZA V LJUBLJANI
BIOTEHNIŠKA FAKULTETA
ODDELEK ZA AGRONOMIJO

Aleš JEZERŠEK

**VPLIV DODANEGA NARAVNEGA ZEOLITNEGA TUFA NA
VODNO-ZRAČNE IN HRANILNE LASTNOSTI RASTNEGA
SUBSTRATA**

DIPLOMSKO DELO
Univerzitetni študij

**INFLUENCE OF ADDED NATURAL ZEOLITE ON THE PHYSICAL
AND CHEMICAL PROPERTIES OF THE GROWING MEDIA**

GRADUATION THESIS
University studies

Ljubljana, 2016

Diplomsko delo je zaključek dodiplomskega študija na oddelku za agronomijo Biotehniške fakultete v Ljubljani. Diplomsko naloga je bila opravljena na Centru za pedologijo in varstvo okolja na Biotehniški fakulteti.

Študijska komisija Oddelka za agronomijo je za mentorja diplomskega dela imenovala doc. dr. Roka MIHELIČA.

Komisija za oceno in zagovor:

Predsednik: prof. dr. Gregor OSTERC
Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za agronomijo

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

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

Datum zagovora:

Podpisani izjavljam, da je naloga rezultat lastnega raziskovalnega dela. Izjavljam, da je elektronski izvod identičen tiskanemu. Na univerzo neodplačno, neizključno, prostorsko in časovno neomejeno prenašam pravico shranitve avtorskega dela v elektronski obliki in reproduciranja ter pravico omogočanja javnega dostopa do avtorskega dela na svetovnem spletu preko Digitalne knjižnice Biotehniške fakultete.

Aleš JEZERŠEK

KLJUČNA DOKUMENTACIJSKA INFORMACIJA

ŠD	Dn
DK	UDK 631.589:549.67:631.811(0432.2)
KG	rastni substrat/zeolitni tuf/fizikalne lastnosti/kemijske lastnosti/paprika/rastlinski vzorci/vsebnost rastlinskih hranil
AV	JEZERŠEK, Aleš
SA	MIHELIČ, Rok (mentor)
KZ	SI-1000 Ljubljana, Jamnikarjeva 101
ZA	Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za agronomijo
LI	2016
IN	VPLIV DODANEGA NARAVNEGA ZEOLITNEGA TUFA NA VODNO-ZRAČNE IN HRANILNE LASTNOSTI RASTNEGA SUBSTRATA
TD	Diplomsko delo (univerzitetni študij)
OP	XII, 45 str., 6 pregl., 34 sl., 5 pril., 36 vir.
IJ	sl
JJ	sl / en
AI	Namen zastavljene diplomske naloge je bil določiti učinke različnih količin dodanega 300 mikronskega zeolita iz Zaloške Gorice (Slovenija) na fizikalne in kemijske lastnosti osnovnega šotnega rastnega substrata. Osnovnemu šotnemu rastnemu substratu smo dodali 10, 20, 40 in 80 g zeolitnega tufa/L substrata. Postavljen je bil lončni poiskus v rastlinjaku. Za testne rastline smo uporabili paprike. Med poskusom smo merili vrednost pH rastnih substratov, elektroprevodnost in vsebnost rastlinskih hranil v vodnih ekstrakcijah rastnih substratov. Ob zaključku poskusa smo določevali vsebnost rastlinskih hranil - elementov v delih rastlin (korenine, listi, plodovi). Fizikalne lastnosti rastnih substratov smo določevali s peščenimi zaboji. Ugotovljeno je bilo, da zeolit dodan v večjih količinah (40 in 80 g/L rastnega substrata) poveča relativno gostoto rastnega substrata, zmanjša poroznost in vsebnost zraka in zveča količino lahko dostopne vode (pri tenziji 10 cm vodnega stolpca). Analiza meritev rastlinskih parametrov je pokazala, da so največjo maso zelenih delov rastlin, maso plodov in višino, dosegle rastline na rastnem substratu (Z8) z največ dodanega zeolita (80 g/L rastnega substrata). Zeolit dodan rastnemu substratu vpliva na večje vrednosti pH, večjo elektroprevodnost, večje vsebnosti nitrata, kalcija, magnezija, natrija in manjšo vsebnost kalija. Rezultati so pokazali tudi manjše vsebnosti fosforja v listih paprike ob koncu poskusa pri rastnem substratu z dodanimi 40 in 80 g zeolita/L substrata.

KEY WORDS DOCUMENTATION

DN Dn

DC UDC 631.589:549.67:631.811(0432.2)

CX growing media/zeolite/physical properties/chemical properties/pepper/ nutrient content/plant tissue sample/water extract

AU JEZERŠEK Aleš

AA MIHELIČ, Rok (supervisor)

PP SI-1000 Ljubljana, Jamnikarjeva 101

PB University of Ljubljana, Biotechnical Faculty, Graduate Study of Agronomy

PY 2016

TI INFLUENCE OF ADDED NATURAL ZEOLITE ON THE PHYSICAL AND CHEMICAL PROPERTIES OF THE GROWING MEDIA

DT Graduation Thesis (University studies)

NO XII, 45 p., 6 tab., 34 fig., 5 ann., 36 ref.

LA sl

AL sl / en

AB The aim of this graduation thesis was to determine the effects of different amounts of added powdered zeolite from Zaloška Gorica (Slovenia) on the physical and chemical properties of the peat based growing media. 0, 10, 20, 40 and 80 g of powdered zeolite tuff/L of growing media were added to the basic peat based substrate media. The growing experiment with peppers was held in a greenhouse. During the experiment, the pH, electroconductivity and the amount of plant nutrients in water extractions were measured. At the end of the experiment the content of plant nutrients - elements in plant parts (roots, leaves, fruits) was determined. The physical properties of growing media were determined with sand boxes. Added zeolite in larger quantities (40 and 80 g/L growing media) increases the relative density of the growing media, decreases the porosity and air content, and increases the amount of easily accessible water. Analysis of plant parameters has shown that the maximum total weight of the green mass, fruit weight and height of test plants, was reached in the growing media (Z8) with 80 g of added zeolite/L growing media. The addition of zeolite into basic peat based growing media increases the pH, electroconductivity, nitrate, calcium, magnesium and sodium content and reduces the content of potassium. The results of leaf tissue analysis have shown that the amount of added zeolite influences on the phosphorous levels which decreases with the amount of added zeolite.

KAZALO VSEBINE

	str.
KLJUČNA DOKUMENTACIJSKA INFORMACIJA	III
KEY WORDS DOCUMENTATION	IV
KAZALO VSEBINE	V
KAZALO SLIK	IX
KAZALO PRILOG	XI
OKRAJŠAVE IN SIMBOLI	XII
1 UVOD	1
1.1 OPREDELITEV PROBLEMA	1
1.2 POVOD ZA IZDELAVO NALOGE	1
1.3 NAMEN (CILJI) NALOGE	1
1.4 DELOVNE HIPOTEZE	1
2 PREGLED OBJAV	3
2.1 RASTNI SUBSTRAT	3
2.1.1 Definicija rastnega substrata in splošen opis	3
2.2 LASTNOSTI RASTNEGA SUBSTRATA	3
2.2.1 Fizikalne lastnosti	3
2.2.1.1 Vodne lastnosti rastnega substrata	3
2.2.1.2 Vsebnost organske snovi	4
2.2.1.3 Gostota	4
2.2.1.4 Poroznost – zračnost rastnega substrata	4
2.2.2 Kemijske lastnosti	5
2.2.2.1 Vrednost pH rastnega substrata	5
2.2.2.2 Elektroprevodnost rastnega substrata (EC)	6
2.2.2.3 Kationska izmenjalna kapaciteta	6
2.3 SESTAVINE RASTNIH SUBSTRATOV	7
2.3.1.1 Šota	8
2.3.1.1.1 Šota Sphagnum	8
2.3.1.1.2 Bela šota	8
2.3.1.1.3 Črna šota in zmrznjena črna šota	8
2.4 ZEOLITI	8
2.4.1 Zeoliti na območju Zaloških Goric	9
2.4.1.1 Zeolitni tuf in voda	9
2.4.1.2 Kemične lastnosti zeolitnega tufa iz Zaloških goric	9
2.4.1.3 Kationska izmenjalna kapaciteta in gostota zeolitnega tufa	10
2.5 PAPRIKA	10
2.5.1 Botanična uvrstitev paprike	10
2.5.2 Morfološke in biološke značilnosti paprike	10
2.5.3 Vpliv okoljskih dejavnikov na rast in razvoj paprike	11
2.5.3.1 Temperatura	11
2.5.3.2 Svetloba	11
2.5.3.3 Voda in vlaga	11

2.5.3.4	Tla	11
2.5.4	Tehnologija pridelave paprike	11
2.5.4.1	Gnojenje in potrebe po hranilih	11
2.5.5	Bolezni in škodljivci paprike	11
2.5.6	Fiziološke motnje	12
3	MATERIALI IN METODE DELA	13
3.1	POSTAVITEV RASTNEGA POSKUSA	13
3.1.1	Priprava osnovnega rastnega substrata	13
3.1.2	Uporabljen tržni rastni substrat za kontrolo	13
3.1.3	Priprava sadilnih loncev in sadilne mize	14
3.1.4	Priprava posameznih rastnih substratnih mešanic	14
3.1.5	Postavitev poskusa	15
3.1.5.1	Sajenje testnih rastlin – paprike	15
3.2	DELO V RASTLINJAKU MED TRAJANJEM POSKUSA	16
3.2.1	Zalivanje	16
3.2.2	Korekcija pH	16
3.2.3	Dognojevanje	16
3.2.4	Biotično varstvo	18
3.2.5	Dodatno osvetljevanje	18
3.2.6	Meritve	19
3.2.6.1	Višina rastlin	19
3.2.6.2	Merjenje elektroprevodnosti in vrednosti pH rastnih substratov s sondo	19
3.2.6.3	Merjenje maksimalne temperature	19
3.3	LABORATORIJSKO DELO IN OPREMA	19
3.3.1	Določanje fizikalnih lastnosti rastnih substratov	19
3.3.1.1	Laboratorijska oprema	20
3.3.1.1.1	Dvojni obroč	20
3.3.1.1.2	Peščeni zaboj	20
3.3.1.1.3	Oprema za drenažo in regulacijo podtlaka	20
3.3.1.1.4	Kalibrirani pesek	20
3.3.1.2	Meritve gostote obravnavanih rastnih substratov	20
3.3.1.2.1	Volumska gostota	21
3.3.1.2.2	Poroznost	21
3.3.1.2.3	Volumen vode (vol.%) (WV) in zraka (vol.%) (AV) pri tenziji 10 cm vodnega stolpca	21
3.3.1.2.4	Volumen vode (vol.%) (WV) in zraka (vol.%) (AV) pri tenziji 50 in 100 cm vodnega stolpca.	22
3.3.2	Določanje kemijskih lastnosti rastnih substratov	22
3.3.2.1	Vzorčenje in priprava filtratov za meritve	22
3.3.2.2	Laboratorijsko določanje elektroprevodnosti	23
3.3.2.3	Laboratorijsko določanje vrednosti pH	23
3.3.2.4	Določanje vsebnosti dostopnih hranil v vodnih ekstrahiranjih	23
3.4	DELO OB ZAKLJUČKU POSKUSA	23
3.4.1	Meritve rastlin	23
3.4.2	Vzorčenje rastlinskih delov za analize	23
3.4.2.1	Korenine	24
3.4.2.2	Listi	24

3.4.2.3	Plodovi	24
3.4.3	Analiza rastlinskih vzorcev	24
3.5	STATISTIČNE ANALIZE	25
4	REZULTATI	26
4.1	DOLOČANJE FIZIKALNIH PARAMETROV RASTNIH SUBSTRATOV	26
4.2	DOLOČANJE KEMIJSKIH PARAMETROV RASTNIH SUBSTRATOV	28
4.2.1	Meritve vrednosti pH	28
4.2.1.1	Merjeno s sondo, neposredno v rastnih substratih	28
4.2.1.2	Meritve v vodnih ekstrakcijah	29
4.2.2	Meritve elektroprevodnosti rastnih substratov	30
4.2.2.1	Merjeno s sondo, neposredno v rastnih substratih	30
4.2.2.2	Meritve vodnih ekstrakcij rastnih substratov	32
4.2.3	Meritve vsebnosti dostopnih rastlinskih hranil v vodnih ekstrakcijah rastnih substratov	32
4.3	DOLOČANJE RASTLINSKIH PARAMETROV	35
4.3.1	Meritve višine rastlin in prirast	35
4.3.2	Meritve mase rastlin ob koncu poskusa	35
4.3.3	Vsebnost hranil-elementov v rastlinskih vzorcih ob koncu poskusa	36
5	RAZPRAVA IN SKLEPI	39
5.1	RAZPRAVA	39
5.2	SKLEPI	41
6	POVZETEK	42
7	VIRI	43
	ZAHVALA	
	PRILOGE	

KAZALO PREGLEDNIC

	str.
Preglednica 1: Primernost določenega % volumna zračnih por za rastlinsko proizvodnjo v loncih (Bodman in Sharman, 1993).	4
Preglednica 2: Standardi za električno prevodnost rastnih substratov, ki temeljijo na 1:1,5 volumskem vodnem ekstraktu. Enote za prevodnot so v milisiemensih na centimeter (mS/cm) (Bodeman in sod, 1993).	6
Preglednica 3: Kationske izmenjalne kapacitete različnih sestavin rastnih substratov (Raviv in Lieth, 2008).	7
Preglednica 4: Fizikalne lastnosti različnih frakcij zeolita (Raviv in Lieth, 2008).	9
Preglednica 5: Kemijska sestava zeolitnega tufa iz Zaloške Gorice (Žibrat, 2004).	10
Preglednica 6: Oznake substratnih mešanic uporabljenih v poskusu in sestava posamezne mešanice.	15

KAZALO SLIK

	str.
Slika 1: Dostopnost hranil v organskih rastnih substratih v odvisnosti od vrednosti pH (Bodman in Sharman, 1993).	5
Slika 2: Na kationskih izmenjalnih mestih talnih koloidov poteka preferenčna izmenjava adsorbiranih kationov s kationi iz talne raztopine (Leštan, 2003).	7
Slika 3-levo: Sadilni lonec z drenažno odprtino, (2004)	14
Slika 4-desno: Drenažne cevke in plastenke za lovljenje odcedkov, (2004)	14
Slika 5-levo: Priprava substratne mešanice za posamezen lonec, (2004)	15
Slika 6-desno: Naključno razporejeni sadilni lonci z oznakami, (2004)	15
Slika 7: Testne rastline med poskusom, (2004)	16
Slika 8: Rastline paprik in vidni ostanki foliarnega gnojila Coralit, (2004)	17
Slika 9: Osvetljevanje rastlin med poskusom, (2004)	18
Slika 10-levo: Vzorec rastnega substrata, (2004)	22
Slika 11-desno: Sonda za vzorčenje, ki smo jo uporabili v poskusu, (2004)	22
Slika 12: Volumska gostota rastnih substratov izražena v g suhe snovi na mL. . $P < 0,05$, (N=3).	26
Slika 13: Poroznost rastnih substratov določena pri tenziji 10, 50 in 100 cm vodnega stolpca, izražena v mL por na 100 mL vlažnega vzorca. $P < 0,05$, (N=3).	26
Slika 14: Volumen vode (WV), v rastnih substratih, pri tenziji 10, 50 in 100 cm vodnega stolpca, izražen v mL vode na 100 mL vlažnega vzorca. $P < 0,05$, (N=3).	27
Slika 15: Volumen zraka (AV), v rastnih substratih. pri tenziji 10, 50 in 100 cm vodnega stolpca izražen v mL zraka na 100 mL vlažnega vzorca. $P < 0,05$, (N=3).	27
Slika 16: Primerjava vrednosti pH rastnih substratov med poskusom, merjeno s sondo neposredno v rastnem substratu na globini 5 cm (prikazane ročice na stolpich predstavljajo standardni odklon od povprečja). $P < 0,05$, (N=5).	28
Slika 17 Primerjava dviga vrednosti pH rastnih substratov v obdobju treh meritev, merjeno s sondo neposredno v rastnem substratu na globini 5 cm	29
Slika 18: Primerjava vrednosti pH vodnih ekstraktov rastnih substratov med poskusom. $P < 0,05$, (N=5).	29
Slika 19: Primerjava vrednosti elektroprevodnosti rastnih substratov med poskusom, merjeno s sondo neposredno v rastnem substratu na globini 5 cm. Vrednosti so podane kot vrednosti AM. $P < 0,05$, (N=5).	30
Slika 20: Gibanje vrednosti elektroprevodnosti rastnih substratov med poskusom, merjeno neposredno v rastnem substratu na globini 5 cm. Vrednosti so podane kot vrednosti AM.	31

Slika 21: Primerjava vrednosti elektroprevodnosti rastnih substratov na globini 5 in 15 cm (3.9. 2004), merjeno neposredno v rastnem substratu. Vrednosti so podane kot vrednosti AM. $P < 0,05$, (N=5).	31
Slika 22: Primerjava vrednosti elektroprevodnosti vodnih ekstrakcij rastnih substratov med poskusom izraženo v mS/cm. $P < 0,05$, (N=5).	32
Slika 23: Vsebnosti NO_3^- v vodnih ekstrakcijah rastnih substratov med poskusom izraženo v mg/L. $P < 0,05$, (N=5).	32
Slika 24: Vsebnosti rastlinam dostopnega kalija v vodnih ekstrakcijah rastnih substratov med poskusom izraženo v mg/L. $P < 0,05$, (N=5).	33
Slika 25: Vsebnosti rastlinam dostopnega kalcija v vodnih ekstrakcijah rastnih substratov med poskusom izraženo v mg/L. $P < 0,05$, (N=5).	33
Slika 26: Vsebnosti rastlinam dostopnega magnezija v vodnih ekstrakcijah rastnih substratov med poskusom izraženo v mg/L. $P < 0,05$, (N=5).	34
Slika 27: Vsebnosti rastlinam dostopnega natrija v vodnih ekstrakcijah rastnih substratov med poskusom izraženo v mg/L. $P < 0,05$, (N=5).	34
Slika 28: Meritve višine rastlin med poskusom in primerjava prirasti med posameznimi meritvami. $P < 0,05$, (N=10).	35
Slika 29: Primerjava skupne mase rastlin brez korenin in primerjava mase plodov ter mase zelenih delov v g. $P < 0,05$, (N=5).	35
Slika 30: Primerjava vsebnosti skupnega dušika v posameznih delih rastlin, izraženo v % suhe snovi.	36
Slika 31: Vsebnost P v posameznih delih rastlin, izraženo v mg/g suhe snovi.	36
Slika 32: Vsebnost K v posameznih delih rastlin, izraženo v mg/g suhe snovi.	37
Slika 33: Vsebnost Ca v posameznih delih rastlin, izraženo v mg/g suhe snovi.	37
Slika 34: Vsebnost Mg v posameznih delih rastlin, izraženo v mg/g suhe snovi.	38

KAZALO PRILOG

- Priloga A: Izračuni statistično značilnih razlik med obravnavanji po metodi analize variance (ANOVA) in LSD testa mnogoterih primerjav.
- Priloga B: Primerjava habitusa testnih rastlin ob koncu poskusa.
- Priloga C: Simptomi pomanjkanja magnezija na listih paprike.
- Priloga D: Simptomi pomanjkanja kalcija na listih in plodovih paprike.
- Priloga E: Skica poskusa.

OKRAJŠAVE IN SIMBOLI

Zeolit – zeolitni tuf, 300 mikronski

ZT – zeolit

r.s. – rastni substrat

AM vrednosti – meritve elektroprevodnosti s sondo neposredno v rastnih substratih

EC vrednosti – meritve elektroprevodnosti v vodnih ekstraktih rastnih substratov

KIK – kationska izmenjalna kapaciteta

N – rastni substrat Neuhaus N8, kontrola

O – osnovni rastni substrat – mešanica šot z dodanimi hranili

Z1 – rastni substrat, ki vsebuje 100g mikronskega zeolitnega tufa na 10l osnovnega substrata

Z2 – rastni substrat, ki vsebuje 200g mikronskega zeolitnega tufa na 10l osnovnega substrata

Z4 – rastni substrat, ki vsebuje 400g mikronskega zeolitnega tufa na 10l osnovnega substrata

Z8 – rastni substrat, ki vsebuje 800g mikronskega zeolitnega tufa na 10l osnovnega substrata

s.s. – suhe snovi

v.v. – vlažen vzorec

mmol – milimol

cmol – centimol

DI – deionizirana

v.s. – vodnega stolpca

1 UVOD

Naloga rastnih substratov je, da rastlini nudi optimalne razmere za rast in razvoj. Z mešanjem različnih deležev različnih sestavin, ki se uporabljajo v proizvodnji vrtnarskih substratov, prihaja do različnih vplivov teh sestavin na končno kakovost in lastnosti rastnega substrata. Spremembe fizikalnih in kemijskih lastnosti rastnih substratov med rastjo lahko vplivajo na rast in razvoj rastlin.

1.1 OPREDELITEV PROBLEMA

Tudi če za izdelavo rastnih substratov uporabimo visoko kakovostno šoto, ki ima že sama po sebi zelo dobre fizikalne in kemijske lastnosti, prihaja do sprememb teh lastnosti. Največkrat prihaja do spremembe vrednosti pH, pomanjkanja posameznih hranil kljub optimalnim ali celo previsoki vrednosti EC, sposobnost zadrževanja vode in zračnosti. Spremembe fizikalnih in kemijskih lastnosti rastnih substratov med rastjo lahko vplivajo na rast in razvoj rastlin. Želeli smo izboljšati standardni komercialni rastni substrat, na osnovi šote, ki bi imel optimalnejše fizikalno-kemijske lastnosti.

1.2 POVOD ZA IZDELAVO NALOGE

Povod za izdelavo naloge je posledica sodelovanje s podjetjem Humko, ki se že vrsto let ukvarja s proizvodnjo in prodajo rastnih substratov. Ugotovili smo, da bi bilo potrebno najti primeren dodatek šoti v rastnem substratu, ki bi izboljšal fizikalno-kemijske lastnosti rastnega substrata. Opaža se, da naj bi rastlinam, ki so rastle v različnih mešanicah šote in drugih dodatkov, dodan zeolitni tuf pozitivno vplival na njihovo rast. Rastline naj bi ob pomanjkanju vode v substratih z dodanim zeolitnim tufom kasneje in manj izrazito kazale znake suše, kot rastline v rastnih substratih brez dodanega zeolitnega tufa.

1.3 NAMEN (CILJI) NALOGE

Namen naloge je bil preučiti uporabnost zeolitnega tufa iz nahajališča Zaloška Gorica, Slovenija, kot del rastnega substrata za vzgojo rastlin v loncih. Zanimal nas je vpliv dodanega zeolitnega tufa na fizikalno-kemijske lastnosti rastnega substrata, dostopnost hranil in vode med rastjo testne rastline – paprike. Zeolitni tuf, dodan v večjih količinah pa lahko deluje kot ponor hranil (veže hranila na sorptivni kompleks) in tako negativno vpliva na dostopnost hranil. Radi bi določili najmanjšo količino dodanega zeolitnega tufa, ki že pozitivno vpliva na lastnosti rastnega substrata.

1.4 DELOVNE HIPOTEZE

Zaradi izmenljivo vezanih ionov na površini in v režah zeolitnih delcev naj bi bili rastni substrati z dodatkom zeolitnega tufa sposobni dalj časa zadrževati ustrezno količino rastlinam dostopnih in rahlo vezanih hranil.

Rastni substrat z dodanim največjim deležem zeolitnega tufa (80 g/L) bo močnejše vezal določena hranila, kar se bo pokazalo kot pomanjkanje teh hranil.

Rastni substrati z dodanim zeolitnim tufom bodo imeli boljšo sposobnost zadrževanja vode in bodo dalj časa vzdrževali optimalno raven dostopne vode, kot rastni substrati brez dodanega zeolitnega tufa. Rastline v rastnih substratih z dodanim zeolitnim tufom bodo kasneje pokazale znake pomanjkanja vode, kot tiste brez dodanega zeolitnega tufa.

2 PREGLED OBJAV

2.1 RASTNI SUBSTRAT

2.1.1 Definicija rastnega substrata in splošen opis

Rastni substrat je medij, ki nudi rastlinam prostor za razvoj koreninskega sistema. Ta prostor je omejen na lonček in je lahko do 30 krat manjši, kot bi ga imela rastlina na prostem. Rastni substrat služi štirim osnovnim funkcijam, ki omogočajo življenje rastlinam: zagotavlja stalen dotok vode koreninskemu sistemu, dotok hranil iz medija, omogoča izmenjavo plinov v koreninskem sistemu ter nudi rastlinam oporo (Reinikainen, 2003). Za rastne substrate se uporablja različne snovi ali mešanice teh snovi v spremenljivih deležih. Bolj kot posamezne sestavine in njihove fizikalne in kemijske lastnosti so pomembne končne fizikalne in kemijske lastnosti takih mešanic. Enake lastnosti rastnega substrata lahko dosežemo z uporabo in mešanjem različnih sestavin.

2.2 LASTNOSTI RASTNEGA SUBSTRATA

2.2.1 Fizikalne lastnosti

Fizikalne lastnosti rastnega substrata so vse tiste lastnosti, ki koreninskemu sistemu rastlin zagotavljajo primerne razmere za razvoj in omogočajo, da le ta pridobi dovolj zraka in vlage. Govorimo predvsem o prostorski strukturi in sestavinah, ki sestavljajo rastni substrat. Rastni substrati so večinoma sestavljeni iz vseh treh agregatnih stanj snovi. Sestavljajo ga trdni delci (mineralni del in organska snov), tekoči del, ki predstavlja talno raztopino (voda in v njej raztopljene snovi) ter plinasti del (zrak v makroporah). Pri ugotavljanju fizikalnih parametrov rastnega substrata igra pomembno vlogo interakcija teh treh faz (Bos in sod., 2003).

2.2.1.1 Vodne lastnosti rastnega substrata

Vodo, prisotno v rastnem substratu, lahko razdelimo na štiri dele. Vode, ki je rastni substrat ni sposoben vezati in zato odteče, je gravitacijska voda in nima neposrednega vpliva na preskrbljenost rastlin z vodo. Največji učinek na preskrbljenost rastlin z vodo ima voda, ki je rastlinam lahko dostopna in je šibko vezana na rastni substrat oz. je debela plast vezane vode na talnih delcih. Tanjša ko je plast vode na talnih delcih, močnejše je vezana in jo označimo kot težje dostopna rastlinam. Voda, ki je zelo močno vezana na delce rastnega substrata je rastlinam nedostopna voda. Vse te lastnosti lahko opišemo kot vodno-retencijske lastnosti rastnega substrata. Pokažejo nam, koliko vode je rastni substrat sposoben vezati pri različnih tenzijah. Volumen zraka in lahko dostopna voda označujeta volumen por v rastnem substratu, ki sproščajo vodo, ko se tenzija iz 10 cm vodnega stolpca (-1 kPa) zmanjša na 50 cm vodnega stolpca (-5 kPa). Razlika v vodnem volumnu med tenzijama 10 cm in 50 cm vodnega stolpca nam pove količino lahko dostopne vode, ki jo je rastni substrat sposoben sprejeti (Bos in sod., 2003). Voda med tenzijama 50 cm (-5 kPa) in 100 cm (-10 kPa) vodnega stolpca se nanaša na manj lahko dostopno vodo. Tenzije, ki presegajo vrednost 100 cm (-10 kPa) vodnega stolpca, pomenijo količino težko dostopne vode. Pri tenzijah, ki so večje kot 500 cm (-50 kPa) vodnega stolpca pa je voda vezana na

talne delce premočno in jo označimo kot rastlinam nedostopno vodo. Točka venenja rastline, gojene v rastnih substratih v loncih je nekje med vrednostima 100 cm in 500 cm vodnega stolpca (Brückner, 1997).

2.2.1.2 Vsebnost organske snovi

Vsebnost organske snovi v rastnem substratu nam pove, kateri del substrata je organski in jo izražamo kot delež organske snovi na osnovi suhe teže. Ta podatek je pomemben pri računanju poroznosti rastnega substrata.

2.2.1.3 Gostota

Gostota rastnega substrata je izražena v kg/m^3 in nam pove, kakšna je masa suhe snovi na enoto prostornine. Prostorninska masa je določena s poroznostjo rastnega substrata in maso njegovih delcev. Spreminjanje velikosti delcev sestavin rastnega substrata lahko vpliva na spremembo prostorninske mase mešanice. Večja je poroznost, manjša je gostota in obratno (Wever, 1991).

2.2.1.4 Poroznost – zračnost rastnega substrata

Poroznost oz. zračnost rastnega substrata je pomemben parameter pri ugotavljanju kakovosti rastnih substratov. Pove nam, koliko makropor je v rastnem substratu in se izraža kot delež por na osnovi vlažnega rastnega substrata. Za zdrav razvoj koreninskega sistema in nemoteno izmenjavo talnega zraka s svežim zrakom v omejenem prostoru – sadilnem loncu, je ta podatek zelo pomemben. Delež makropor mora biti vsaj 15 %, za nekatere občutljive rastline pa celo višji. Pri sestavljanju substratnih mešanic smo vedno na razpotju med zagotavljanjem zadostne zračnosti rastnega substrata in med zagotavljanjem zadostne kapacitete za zadrževanje vode. Ti dve lastnosti sta si nasprotujoči. V preglednici 1 je prikazana primernost rastnega substrata za gojenje rastlin glede na volumski odstotek zračnih por. Pri računanju poroznosti rastnega substrata je pomemben podatek poleg deleža organske snovi tudi vsebnost pepela.

Preglednica 1: Primernost določenega % volumna zračnih por za rastlinsko proizvodnjo v loncih (Bodman in Sharman, 1993).

Volumen zračnih por	Komentar
Manj kot 5 %	Premokro okolje za večino rastlin, z izjemo tistih, ki so prilagojene na vodne razmere.
5-15 %	Sprejemljivo za neredno zalivane rastline in lonce, v katerih so dobro razvite rastline, ki vodo sprejemajo hitro. Infiltracijski nivo vode je pri tej vrednosti lahko nezadovoljiv.
15-20 %	Sprejemljiva vrednost za splošno uporaben rastni substrat. Zagotavlja hitro rast korenin večine rastlin, vendar potrebuje stalno zalivanje.
Več kot 20 %	V teh mešanicah mora biti zalivanje stalno, ker imajo manjšo zalogo vlage. Rastline rastejo hitro, izguba hranil z izpiranjem je velika. Primerno za rastline, ki prenašajo občasno sušo.

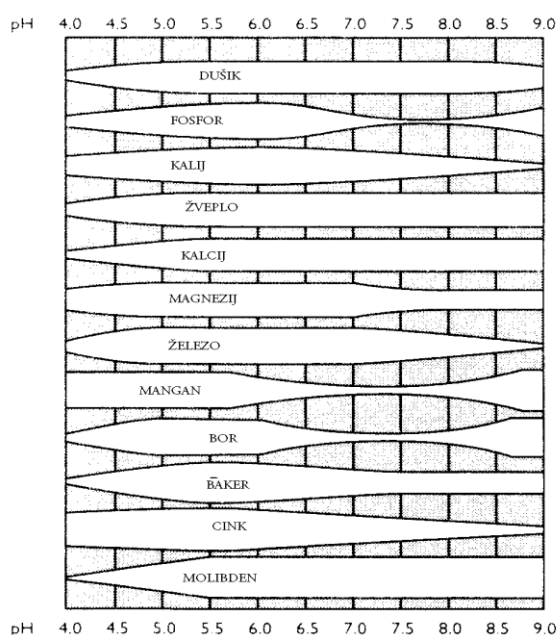
2.2.2 Kemijske lastnosti

Tudi kemijske lastnosti rastnega substrata so tako kot fizikalne lastnosti pogojene z uporabo različnih surovin. Pri sestavljanju rastnega substrata moramo poznati različne parametre vstopnih surovin, da lahko sestavimo rastni substrat z željenimi lastnostmi. Fizikalne lastnosti namreč vplivajo tudi na kemične lastnosti. V obratni smeri je vpliv manjši oz. je skoraj zanemarljiv. Pomembni parametri pri kemijskih lastnostih rastnega substrata so: vrednost pH, elektroprevodnost (EC), kationska izmenjalna kapaciteta (KIK), vsebnost posameznih makro in mikro hranil, ter vsebnost drugih snovi oziroma elementov, ki lahko kakor koli vplivajo na kemične lastnosti rastnega substrata (Bodeman in Sharman, 1993).

2.2.2.1 Vrednost pH rastnega substrata

Ko merimo vrednost pH nekega medija, dejansko merimo koncentracijo vodikovih ionov v rastnem substratu.

Poznavanje vrednosti pH je nujno pri sestavljanju in vrednotenju kakovosti rastnega substrata. Vrednost pH je pomembna zaradi vpliva, ki ga ima le-ta pri dostopnosti rastlinskih hranil (slika 1).



Slika 1: Dostopnost hranil v organskih rastnih substratih v odvisnosti od vrednosti pH (Bodman in Sharman, 1993).

Pri rastnih substratih je idealna vrednost pH za večino rastlin 5 do 6 in 4,5 do 5,5 za rastline, ki imajo rade kislo okolje. Pri teh vrednostih pH bo rastlini dostopna večina potrebnih hranil. Učinek neprimerne vrednosti pH se na rastlini izraža kot pomanjkanje hranil ali kot toksični simptom.

Zvišanje vrednosti pH rastnega substrata dosežemo z dodatkom bazičnih snovi. Največkrat se za to uporabi dolomit ali apnenec. Vrednosti pH znižamo z uporabo kislih materialov. Na spreminjanje vrednosti pH med rastjo vpliva tudi dognovanje - dodajanje hranil. Zato je

pomembno poznati katera hranila, predvsem kakšna kemijska oblika hranila ima vpliv na zvišanje oziroma znižanje reakcije rastnega substrata (Whipker, 2001).

2.2.2.2 Elektroprevodnost rastnega substrata (EC)

Voda vsebuje raztopljene snovi, ki povzročajo prevodnost za električni tok. Predvsem gre tu za raztopljene soli. Večja kot je koncentracija raztopljenih soli, večja je prevodnost. Deionizirana voda ima prevodnost enako nič. Konduktometer je naprava, s katero merimo celotni delež raztopljenih soli v ekstraktu rastnega substrata. Konduktometer nam ne pokaže, katera sol je prisotna, temveč le indikacijo o tem, ali je nivo soli previsok ali prenizek. Velike vrednosti prevodnosti lahko pomenijo, da je bila uporabljena prevelika količina gnojila, ali da voda, ki jo uporabljamo za zalivanje oz. namakanje vsebuje prevelik delež soli. Lahko pa tudi pomeni, da smo za sestavo rastnega substrata uporabili kako komponento, ki vsebuje prevelik delež soli. V preglednici 2 so podani standardi za elektroprevodnosti rastnih substratov. Podatki temeljijo na 1:1,5 volumskem vodnem ekstraktu (Bik in Boertje, 1993, cit. po Aendekerk in sod., 2000).

Preglednica 2: Standardi za električno prevodnost rastnih substratov, ki temeljijo na 1:1,5 volumskem vodnem ekstraktu. Enote za prevodnot so v milisiemensih na centimeter (mS/cm) (Bodeman in Sharman, 1993).

Prevodnost	Zelo majhna	Majhna	Srednja	Velika	Zelo velika
(mS/cm)	manj kot 0,7	0,7-1,2	1,2-1,8	1,8-3,6	večja kot 3,6

Pogoj, da lahko sploh merimo elektroprevodnost rastnih substratov, je zadostna vlažnost le teh. To je pomembno predvsem pri merjenju s sondo, direktno v rastnih substratih.

V rastnih substratih merimo prevodnost s sondo v vrednostih AM, ki nam pokaže proste soli, topne v rastnem substratu. Če je prevodnost v AM pod vrednostjo 0,1, je to pokazatelj, da je tak rastni substrat prazen – brez gnojil oziroma drugih soli. Za večino rastlin je optimalna prevodnost v vrednostih AM med 0,4 in 0,6. Vrednosti nad 1,0 so lahko že toksične. Kljub visokim vrednostim lahko rastlinam primanjkuje določenega hranila in kažejo vidne znake pomanjkanja (Čufer, 2004b).

Na EC vrednosti rastnega substrata med rastjo vplivajo predvsem hranila, ki jih dodajamo in voda z raztopljenimi solmi. Na spremembo pa lahko vplivajo tudi organske sestavine rastnih substratov, po tem ko se spremenijo v takšni meri, da postanejo topne (Gruundon in sod., 1997).

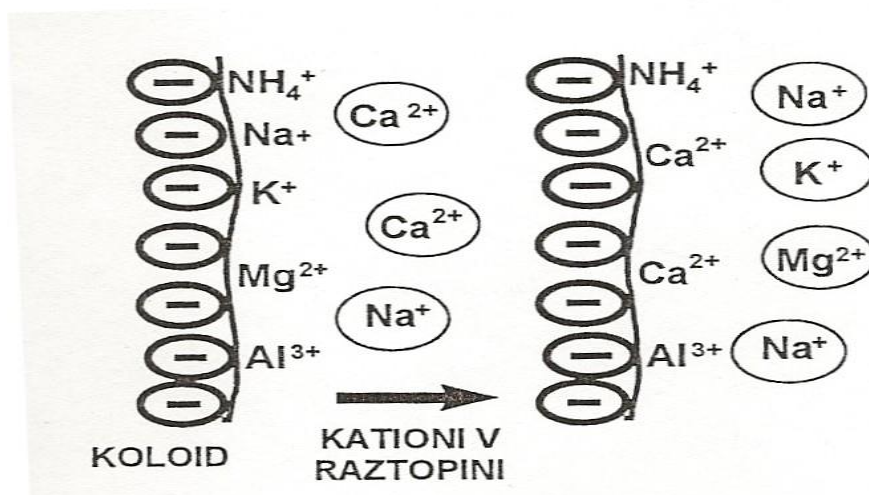
2.2.2.3 Kationska izmenjalna kapaciteta

Sorptivno sposobnost tal ali rastnega substrata za vezavo, zadrževanje in izmenjavo kationov imenujemo kationska izmenjalna kapaciteta. Kationsko izmenjalno kapaciteto opišemo kot skupno vsoto izmenljivih kationov, ki jih rastni substrat lahko adsorbira in jo izrazimo v mmol naboja/100g rastnega substrata ali cmol/kg (Leštan, 2003).

Do izmenjav prihaja na površini koloidnih delcev. V rastnih substratih frakcijo koloidnih delcev predstavljajo predvsem glineni delci, delci šote in kompost. Koloidi imajo zaradi svoje majhne velikosti zelo veliko zunanjo površino na enoto mase. Površine talnih koloidov

imajo pozitiven ali negativen naboj. Na večini talnih koloidov prevladuje elektronegativni naboj (Leštan, 2003).

Na kationska izmenjalna mesta na koloidih se kationi vežejo z različno preferenco, ki odraža njihov naboj in ionski radij in je odvisna tudi od koncentracije posameznih kationov v talni raztopini. Pri enaki koncentraciji je vrstni red kationov glede na sposobnost vezave sledeč: $\text{Al}^{3+} > \text{Ca}^{2+} > \text{Mg}^{2+} > \text{NH}_4^+ = \text{K}^+ > \text{Na}^+$ (slika 2) (Leštan, 2003). Ko se posamezen kation premakne v talno raztopino iz površine koloida, se hkrati iz talne raztopine prenese drug kation z enakim oziroma ekvivaletnim nabojem na površino koloida. Temu procesu pravimo kationska izmenjava (slika 2).



Slika 2: Na kationskih izmenjalnih mestih talnih koloidov poteka preferenčna izmenjava adsorbiranih kationov s kationi iz talne raztopine (Leštan, 2003).

Preglednica 3: Kationske izmenjalne kapacitete različnih sestavin rastnih substratov (Raviv in Lieth, 2008).

Sestavina rastnega	Kationska izmenjalna kapaciteta
perlit	25 - 35
kamena volna	34
zeolit klinoptilolit	200 - 400
kokosova vlakna	39 - 60
šota	90 - 140
kompost	160 - 180

2.3 SESTAVINE RASTNIH SUBSTRATOV

Snovi, ki se uporabljajo za rastne substrate, so lahko zelo različne in jih delimo na: organske, mineralne in sintetične. Ko govorimo o rastnem substratu, gre predvsem za različne mešanice teh sestavin. Najpogosteje uporabljene sestavine so: šota, lubje, lesna vlakna, kompost, kokosova vlakna, glina, perlit, vermikulit, kamena volna, fenolna smola, zeolitni tuf in drugo.

2.3.1.1 Šota

Šota je produkt odmrlih delcev šotnih mahov, ki zaradi neugodnih razmer razpadajo počasneje kot rastline rastejo in se tako počasi nalagajo. Plast šote je po 1000 letih debela od 20 do 80 cm. Plasti šote so različnih debelin, od nekaj deset cm do nekaj metrov. V različnih plasteh najdemo različne vrste – tipe šote, ki imajo specifične lastnosti. Poznavanje teh lastnosti je pomembno za smiselno uporabo določene vrste šote za določen tip rastnega substrata (Bos in sod., 2003).

Šota je glavna sestavina rastnih substratov zaradi dobre dostopnosti in odličnih lastnosti. Ima veliko poroznost, dobro zračno kapaciteto in veliko sposobnost zadrževanja vode. Je fizikalno relativno stabilna. Stopnja razgrajenosti šote se uporablja kot merilo za kvalifikacijo na Sphagnum, belo, črno in zamrznjeno črno šoto.

2.3.1.1.1 Šota Sphagnum

Šota Sphagnum je mlada, slabo humificirana šota svetle barve. Suha šota Sphagnum lahko privzame devetkratno količino vode svoje lastne teže (Bos in sod., 2003). Vrednost pH je med 3,4 - 4,5. Dandanes je šota Sphagnum pomembna sestavina rastnih substratov, ki je v veliki meri zamenjala belo šoto.

2.3.1.1.2 Bela šota

Bela šota je temnejše barve kot šota Sphagnum in je bolj humificirana kot šota Sphagnum, zato ne zadrži tako velike količine vode (Bos in sod., 2003).

2.3.1.1.3 Črna šota in zamrznjena črna šota

Pod slojem bele šote se v naravi navadno nahaja črna šota, ki je še močnejše humificirana kot bela šota. Ima manjšo kapaciteto za zadrževanje vode kot bela šota in zamrznjena črna šota (Bos in sod., 2003). Črna šota ima pH med 5,0 - 5,7.

Črna šota mora zamrzniti v mokrih razmerah, na povprečni temperaturi -5°C vsaj tri dni. Takšna zlahka privzema in sprošča zadostne količine vode. Nezmrznjena črna šota ima kapaciteto za zadrževanje vode 1 g/g, to pomeni, da ne more privzeti več vode, kot je njena lastna masa. Močnejše je bila šota zamrznjena, večja je ta vrednost. Po standardih mora imeti zamrznjena šota kapaciteto za zadrževanje vode vsaj 4 g/g (Bos in sod., 2003).

2.4 ZEOLITI

Zeoliti sodijo v izredno pomembno skupino kamenotvornih mineralov, med alumosilikatne gline vulkanskega izvora s tridimenzionalno kristalno strukturo in se navadno oblikujejo z metamorfizmom vulkanskih skal (Držaj, 1990).

Imajo izredno porozno skeletno strukturo, ki sestoji iz medsebojno povezanih kanalčkov in votlinic, vzdolž katerih potekajo procesi ionske izmenjave, adsorpcije in hidratizacije. Posamezne vrste zeolitov se razlikujejo med seboj po kemijski sestavi, še pogosteje pa po skeletni strukturi. Osnovna skeletna struktura vseh zeolitov sestoji iz tetraedrov in oktaedrov,

ki se med seboj povezujejo v višje enote, te pa tvorijo veččlenske enojne in dvojne obročje. Pri normalnih razmerah so votlinice in kanali v strukturi zapolnjene z molekulami vode, ki ustvarjajo hidrationsko okolje okoli izmenljivih kationov (Na^+ , K^+ , Ca^{2+}) (Držaj, 1990).

Zeoliti imajo veliko sposobnost za zadrževanje vode in mehansko stabilnost. Fizikalne lastnosti različnih zeolitnih frakcij so podane v preglednici 4. Ugotovili so, da ima zeolit, večji od 2 mm, manjšo sposobnost zadrževanja vode kot mikronski (Cattivello, 1991, Mumpton, 1999, Stamatakis in sod., 2001). Zaradi takšnih lastnosti lahko delujejo kot molekularno sito za pesticide, težke kovine, radioaktivne elemente in so naravna počasi topna gnojila. Zaradi velike kationske izmenjalne kapacitete in hidrationskih lastnosti so zeoliti, deležni velike pozornosti, tudi na področju kmetijskih raziskav (Stamatakis in sod., 2001).

Dodatek zeolitov v rastne substrate za gojenje kumar in paradižnika je imel pozitiven učinek na njihov pridelek. Pri njunem pridelovanju so uporabili celo manj vode, energije in gnojil (Cattivello 1995, Polat in sod., 2004). Uporaba klinoptilolita pri gojenju glavnate solate je pokazala boljšo rast rastlin, večjo vsebnost kalija in dušika v rastlinskih tkivih in manjše izpiranje kalija (Gül in sod., 2007, cit. po Kolar, 2013). Strojny in Nowak (2004, cit. po Kolar, 2013) poročata o pozitivnem učinku zeolita na pridelek paprik. Dodatek zeolita v rastne substrate je pokazal pozitiven učinek na rast žametnic *Tagetes patula*, ter izboljšano kaljivost semen, število rastlin in cvetov pri gladiolah *Gladiolus primulinus* hyb. (Cattivello, 1995). Rezultati so pokazali, da ima dodatek zeolita pozitiven učinek predvsem pri rastlinah, kjer gojenje poteka daljše časovno obdobje, kot primer so navedli gojenje ciklam in primul (Cattivello, 1995).

Preglednica 4: Fizikalne lastnosti različnih frakcij zeolita (Raviv in Lieth, 2008).

Velikost frakcije (mm)	Gostoža (g/cm^3)	Poroznost (%)	Lahko dostopna voda (%)
2-6	0,69	50	4
6-10	0,65	40	10
10-14	0,64	35	1

2.4.1 Zeoliti na območju Zaloških Goric

Na celjskem območju v Sloveniji sta v različnih količinah prisotna zeolitna minerala heulandit in klinoptilolit. Oba minerala sta pogosta spremljevalca ob drugih mineralih v preiskovanih vzorcih. Primerjave kakovosti slovenskih zeolitov z navedbami o zeoliti iz drugih nahajališč po strokovnih virih kažejo, da razpolagamo s kakovostnimi surovinami (Držaj, 1990).

2.4.1.1 Zeolitni tuf in voda

Voda je v zeolite vezana reverzibilno, delno z adsorbcijo na površje, več za zapolnjevanje kanalov in hidrationsko izmenjalnih kationov (Držaj, 1990).

2.4.1.2 Kemične lastnosti zeolitnega tufa iz Zaloških goric

V preglednici 5 je opisana kemijska sestava zeolitnega tufa iz Zaloških Goric.

Preglednica 5: Kemijska sestava zeolitnega tufa iz Zaloške Gorice (Žibrat, 2004).

element	min	max	povprečna vrednost
SiO ₂	63,4	70,7	67,00
Al ₂ O ₃	11,2	16,7	13,83
Fe ₂ O ₃	2,0	5,5	3,75
CaO	3,4	6,1	5,26
MgO	0,6	1,7	1,25
SO ₃	0,2	1,7	0,60
K ₂ O	1,0	3,6	2,45
Na ₂ O	1,2	2,9	1,60
CO ₂	0,4	2,2	1,58
žarostguba 900 °C	3,4	5,7	4,87
vlaga	8,1	17,0	11,60

2.4.1.3 Kationska izmenjalna kapaciteta in gostota zeolitnega tufa

Kationska izmenjalna kapaciteta za zeolitni tuf iz Zaloških Goric znaša 129-153 cmol/kg (Žibrat, 2004).

Gostota zeolitnega tufa je 2,32-2,55 g/cm³ (Žibrat, 2004).

2.5 PAPRIKA

2.5.1 Botanična uvrstitev paprike

Paprika spada v skupino plodovk.

Slovensko ime: paprika

Latinsko ime: *Capsicum annum* L.

Družina: razhudnikovke – *Solanaceae*

Rod: *Capsicum*

Vrsta: *Capsicum annum*

Poznanih je več podvrst in varietet paprike.

2.5.2 Morfološke in biološke značilnosti paprike

Paprika je v naših pridelovalnih razmerah enoletna zelnata rastlina, ki jo pridelujemo zaradi plodov. Plodove pobiramo, ko so dovolj veliki in značilno obarvani, kar je odvisno od vrste in sorte. Paprika ima grmičasto rast in zraste od 30 do 150 cm visoko (Černe 1988).

2.5.3 Vpliv okoljskih dejavnikov na rast in razvoj paprike

2.5.3.1 Temperatura

Paprika zahteva za svojo rast relativno visoke temperature; potrebuje veliko toplote za rast in razvoj. Za rast rastlin je optimalna temperatura 15 do 18 °C ponoči in 22 do 28 °C podnevi. Pri gojenju, predvsem v rastlinjakih, imajo previsoke temperature slab vpliv na rast in količino pridelka (Černe, 1988).

2.5.3.2 Svetloba

Paprika je rastlina, ki za uspešno rast in razvoj potrebuje veliko svetlobe. Zahteva 12 do 14 urno osvetlitev na dan. Pri pridelavi v rastlinjaku poleti ne senčimo rastlin temveč temperaturo uravnavamo z zračenjem in hlajenjem (Černe, 1988).

2.5.3.3 Voda in vlaga

Paprika potrebuje veliko vode, vendar ne mara mokrih rastišč. Optimalna relativna zračna vlažnost za razvoj paprike je med 60 in 70 %. Zaradi manjše zračne vlažnosti in istočasno visokih temperature pride do odpadanja cvetov in tudi zametkov cvetov (Černe, 1988).

2.5.3.4 Tla

Papriki najboljše ustrezajo lažja, z organsko snovjo bogata tla, ki vsebujejo dovolj lahko dostopnih hranil. Paprika je občutljiva na kislota tla. Optimalna pH vrednost je 6 do 7. Pri pH manj kot 6 je potrebno tla apniti (Vidic, 1999; Černe, 1988).

2.5.4 Tehnologija pridelave paprike

2.5.4.1 Gnojenje in potrebe po hranilih

Paprika ima velike zahteve po hranilih. Pri gojenju v zaprtih prostorih se količina gnojil podvoji, odvisno od intenzivnosti gnojenja in pričakovanega pridelka. 100 kg pridelka tlom odvzame 0,37 kg N; 0,10 kg P₂O₅; 0,50 kg K₂O. Na kisljih tleh in v primeru, da je namakalna voda mehka, poskrbimo za dognojevanje s kalcijem (Vidic, 1999). Kalcijevo gnojilo dodajamo foliarno, da preprečimo fiziološke motnje, ki bi se pojavile zaradi slabšega prenosa Ca po rastlini in plodu, predvsem v primeru visokih zračnih temperature ali drugih dejavnikov, ki ovirajo transpiracijo in s tem prenos Ca po rastlini.

2.5.5 Bolezni in škodljivci paprike

Paprika je dokaj odporna na pojav bolezni in škodljivcev. Če jo gojimo pri relativno nizki zračni vlagi, so rastline manj občutljive na glivična obolenja (Gomboc, 1999). Najpogostejši škodljivci paprike pri gojenju v rastlinjaku so: listne uši (*Aphididae*), navadna pršica (*Tetranychus urticae*) in tripsi (*Trips sp.*).

2.5.6 Fiziološke motnje

Fiziološke motnje pogosto nastanejo zaradi neugodnih razmer. To je lahko pomanjkanje ali presežek hranilnih snovi, neusklajenih okoljskih dejavnikov kot so motnje v oskrbi z vodo, mraz, vročina, sončni ožig, veter. Kažejo se kot ožigi, bledenje listov, odmiranje vršičkov stebelc, odpadanje cvetnih popkov in pokanje plodov (Maček, 1986).

3 MATERIALI IN METODE DELA

Poskus je potekal od 15. 6. 2do 18. 11. 2004 v plastenjaku Katedre za pedologijo in varstvo okolja na Biotehniški fakulteti v Ljubljani. Postavili smo lončni poskus.

3.1 POSTAVITEV RASTNEGA POSKUSA

3.1.1 Priprava osnovnega rastnega substrata

Osnovni rastni substrat smo pripravili v podjetju Humko d.o.o. iz Podnarta na podlagi dolgoletnih izkušenj tega podjetja.

Skupno smo pripravili 600 L rastnega substrata, ki je bil sestavljen iz dveh vrst bele šote (60 vol %) in črne visokogorske šote (40 vol %). Za pripravo rastnega substrata smo uporabil 360 L bele šote in sicer 180 L bele litvanske šote (Klassmann) in 180 L bele skandinavske šote ter 240 L visokogorske avstrijske črne šote. Vso šoto smo presejali skozi sito (2 cm). Sproti, med sejanjem smo merili volumen po 20 L. Po končanem sejanju smo odmerjene količine posameznih vrst šote večkrat dobro premešali, da je nastala homogena zmes. Mešanici smo nato dodali 1000 g vodotopnega gnojila Scotts z razmerjem (NPK) hranil 20-20-20 ter mikroelementi. Po dodajanju hranil smo osnovni rastni substrat ponovno dobro premešali.

Vrednosti vsebnosti hranil osnovnega substrata:

Skupni dušik: 330 mg/L

Fosfor(P_2O_5): 330 mg/L

Kalij (K_2O): 330 mg/L

3.1.2 Uporabljen tržni rastni substrat za kontrolo

Za kontrolo smo uporabili kakovosten, v vrtnarski praksi pogosto uporabljen rastni substrat Neuhaus N8, proizvajalca Klassmann. Ta rastni substrat je sestavljen iz malo in zelo razkrojene močvirske šote z dodatkom glinenih granul ter založen z osnovnimi hranili. Granulati gline vsebujejo glinene minerale, ki izboljšujejo pufersko kapaciteto rastnega substrata, ki vpliva na stabilizacijo vrednosti pH in uravnava vsebnost soli v raztopini rastnega substrata (Čufer, 2004a).

Podatki analiz:

pH($CaCl_2$): 5,5

Vsebnost soli: 1500 mg/L (=g/m³)

Skupni dušik: 210 mg/L

Fosfor (P_2O_5): 240 mg/L

Kalij (K_2O): 270 mg/L

3.1.3 Priprava sadilnih loncev in sadilne mize

Uporabili smo PVC lonce z volumnom 10 L. V dno loncev smo na sredini izvrtali po eno luknjo, ki je služila za drenažo odvečne vode in lovljenje le-te. To smo uredili tako, da smo na dno lonca namestili nastavek s cevko, ki je bila speljana v plastenko pod sadilno mizo. V plastenko smo lovili izcejeno tekočino in jo ponovno uporabili za zalivanje. Služila pa nam je tudi kot pokazatelj, kdaj je dovolj zalito. Za preprečitev zamašitve drenažne odprtine smo le-to prekrili z dvema mrežicama. Najprej smo uporabili mrežico z velikostjo odprtin 0,5 mm, nato pa še mrežico z velikostjo odprtin 2 mm.



Slika 3-levo: Sadilni lonec z drenažno odprtino, (2004). Slika 4-desno: Drenažne cevke in plastenke za lovljenje odcedkov, (2004)

Sadilne lonce smo postavili na sadilno mizo. Sadilna miza oz. sadilni zaboj je bil že predhodno pripravljen. V zaboju so bili postavljeni večji 20 L plastični lonci, ki so bili obsuti z vrtno zemljo. V te večje lonce smo kasneje postavili naše lonce. Skozi dno pa smo speljali drenažno cevko.

3.1.4 Priprava posameznih rastnih substratnih mešanic

Za vsak sadilni lonec smo posebej pripravili mešanico osnovnega substrata in zeolitnega tufa. Uporabili smo sušen, 300 mikronski zeolitni tuf. V preglednici 5 so navedene kemijske lastnosti zeolitnega tufa z območja Zaloških Goric, ki je bil uporabljen v rastnih substratih.

Količino osnovnega rastnega substrata potrebnega za en lonec z vol. 10 L smo določili tako, da smo lonec napolnili z osnovnim rastnim substratom in ga enakomerno potlačili. Količino osnovnega rastnega substrata smo nato stehali. Za vsak lonec smo nato posebej odtehtali enako količino osnovnega rastnega substrata. Zeolitni tuf smo dodajali v stopnjujočih odmerkih: 0 g, 100 g, 200 g, 400 g in 800 g/lonec v petih ponovitvah. Mešanico za vsak lonec smo dobro premešali in z njo napolnili predhodno pripravljene sadilne lonce (preglednica 6).

Preglednica 6: Oznake substratnih mešanic uporabljenih v poskusu in sestava posamezne mešanice.

N	Lonci z rastnim substratom za kontrolo Neuhaus N8
O	Lonci z osnovnim rastnim substratom brez dodanega ZT
Z1	Lonci z osnovnim rastnim substratom in dodanimi 100 g ZT
Z2	Lonci z osnovnim rastnim substratom in dodanimi 200 g ZT
Z4	Lonci z osnovnim rastnim substratom in dodanimi 400 g ZT
Z8	Lonci z osnovnim rastnim substratom in z dodanimi 800 g ZT



Slika 5-levo: Priprava substratne mešanice za posamezen lonec, (2004). Slika 6-desno: Naključno razporejeni sadilni lonci z oznakami, (2004)

3.1.5 Postavitev poskusa

Skupaj smo imeli 30 loncev, 6 variant s po petimi ponovitvami, ki smo jih napolnili z ustreznim rastnim substratom in jih naključno razporedili na sadilni mizi. Lonce smo označili z številkami od 1 - 30. Poleg številke pa smo zapisali tudi okrajšavo za rastni substrat (N, O, Z1, Z2, Z4 in Z8). Shema naključno razporejenih loncev na sadilni mizi z pripadajočimi številkami je v prilogi - E.

3.1.5.1 Sajenje testnih rastlin – paprike

Za testne rastline smo izbrali paprike. Za to vrsto rastlin smo se odločili zato, ker smo potrebovali rastlino, ki bolje prenaša vročino, saj je poskus potekal v plastenjaku. Istočasno smo potrebovali rastlino, ki ima visoke zahteve po hranilih in vodi ter ima lahko daljšo rastno dobo. V vrtnariji Zeleni hit smo kupili 40 sadik paprik sorte 'California wonder', ki se ob tehnološki zrelosti obarva iz zelene v rdečo. Pred sajenjem smo odbrali 30 sadik paprike. Izločili smo najmanjše in poškodovane. Rastline smo pred sajenjem enakomerno zalili. Vse sadike smo posadili enako globoko. Po presajanju smo vse rastline zalili z 1,5 L deionizirane (DI) vode.

3.2 DELO V RASTLINJAKU MED TRAJANJEM POSKUSA

3.2.1 Zalivanje

Za zalivanje smo uporabljali le deionizirano vodo, ki smo jo vozili iz laboratorija za pedologijo. Zalivali smo od zgoraj. Točno določeno količino vode smo enakomerno polili po celotni površini rastnega substrata.

Prvi dan po presajanju smo vse sadike ponovno zalili z 1,5 L DI vode. Tretji dan smo ponovno dolili po 1 L vode. Pri nekaterih loncih je prišlo do izcejanja vode v plastenko pod mizo. Izcedek smo po nekaj časa ponovno zlili v lonec. Na koncu so bile vse sadike enakomerno namočene. V nadaljevanju poskusa smo zalivali po potrebi. Poleti smo zalivali trikrat tedensko (ponedeljek, sreda in petek). Med trajanjem poskusa smo zapisovali količino porabljene vode za zalivanje za posamezno rastlino.



Slika 7: Testne rastline med poskusom, (2004)

3.2.2 Korekcija pH

Po postavitvi poskusa in začetnih meritvah vrednosti pH, ki so bile pri vseh lastnih rastnih substratih prenizke (med 4 in 5) smo se odločili za dodajanje apnene moke. 16. 7 2004 smo dodali po 20 g apnene moke na sadilni lonec. Apneno moko smo dodali le lastnim rastnim substratnim mešanicam. Rastnim substratom, ki so služili za kontrolo, korekcije pH-ja nismo opravili. Dodajanje apnene moke smo opravili tako, da smo 20 g apnene moke zmešali v 1 L deonizirane vode in s to suspenzijo zalili rastline.

3.2.3 Dognojevanje

Za dognojevanje smo uporabili vodotopno mineralno gnojilo Peters Proffi z razmerjem hranil (16:8:20) in dodanimi mikroelementi. Med rastnim poskusom smo se glede potrebe po dognojevanju orientirali po meritvah elektroprevodnosti rastnih substratov. Glede

pomanjkanja posameznih hranil smo se orientirali glede na simptome pomanjkanja (razbarvanost listov, odpadanje cvetov in plodov, nekroze, ...). Gnojila smo dodajali tako, da smo določeno količino gnojila dodali točno določeni količini vode. Pred zalivanjem smo vodo z dodanim gnojilom večkrat dobro premešali. Vse rastline smo zalili z enako količino hranilne raztopine, tako da so vsi rastni substrati dobili enake količine hranil (Nelson in sod., 2001, Whipker in Nelson, 2001).

Z vodotopnimi gnojili smo gnojili v naslednjih terminih in količinah:

- 28.7.2004 smo gnojili le lonce z rastnim substratom za kontrolo, z oznako (N), dodali 5g vodotopnega gnojila z NPK razmerjem (16:8:20) na 5 L vode, rastline smo zalili (1 L/ lonec).
- 2.8.2004 smo dodali 45 g (16:8:20)/45 L vode/zalito po 1 L/lonec, naslednji dan pa 0,5L /lonec
- 25.8.2004 smo dodali 35 g (16:8:20)/45 L vode/zalito po 1,5 L/lonec
- 9.9.2004 smo dodali 30 g (16:8:20)/45 L vode/zalito po 1,5 L/lonec
- 20.9.2004 smo dodali 30 g (16:8:20)/30 L vode/zalito po 1 L/lonec
- 22.9.2004 smo dodali 45 g (16:8:20)/45 L vode/zalito po 1 L/lonec, čez tri dni pa še po 0,5 L/lonec
- 10.10.2004 smo dodali 45 g (16:8:20)/45 L vode/zalito po 0,5 L/lonec, čez dva dni pa še po 1 L/lonec

Skupaj smo dodali po 7,6 g gnojila na lonec, kar pomeni:

(1230 mg skupnega N, 610 mg P in 1530 mg K) na lonec - (10 L rastnega substrata).

Med rastjo so se pojavili simptomi pomanjkanja kalcija in magnezija, zato smo se odločili, da bomo foliarno dognojevali z pripravkom Coralit Kr+. Vsebuje 42 % kalcija, 3% magnezija, vitamine, aminokisline in druge mikroelemente. Rastline smo tretirali z koncentracijo 10 g/3 L vode. Opravili smo tri škropljenja. Rastline smo tretirali 25.8.2004, 25.9.2004 in 19.10.2004.



Slika 8: Rastline paprik in vidni ostanki foliarnega gnojila Coralit, (2004)

Zaradi pojava simptomov pomanjkanja magnezija na listih in nižje vsebnosti magnezija v pripravku Coralit, smo se odločili, da bomo dognojevali tudi z Mg SO_4 . Uporabili smo Mg SO_4 laboratorijske čistoče. Dognojevali smo: 25.8.2004: dodali 10 g MgSO_4 /45 L vode in 19.10.2004: dodali 7,5 g MgSO_4 /15 L vode.

Skupaj smo dodali po 580 mg MgSO_4 na lonec.

3.2.4 Biotično varstvo

Med rastnim poskusom smo na rastlinah opazili cvetlične resarje - tripse. Rastline smo 16. 7. 2004 tretirali z pripravkom Confidor z aktivno spojino imidaklopirid (200 g/L) v koncentraciji (0,15%)-(1,5 mL/L). Dne 23. 7. 2004 smo rastline tretirali s pripravkom Perfekthion (sistemično in kontaktno delovanje) z aktivno spojino dimetoat 0,0-dimeti S-2okso etil v koncentraciji (0,1%) - (1 mL/L).

Meseca avgusta so se na rastlinah pojavile pršice. Najprej smo pričeli z oroševanjem rastlin z DI vodo, vendar se ta ukrep ni pokazal za učinkovitega, zato smo 11. 8. 2004 rastline tretirali s pripravkom Demitaz z aktivno spojino fenazikvin v koncentraciji (0,07 %) 0,7 mL /L.

Tretiranje smo ponovili 20. 8. 2004 z pripravkom Laser (mikrobiotični insekticid z kontaktnim in želodčnim delovanjem) z aktivno spojino spinosad v koncentraciji (0,25 %) – (2,5 mL/L). Stanje se je po 15 .9. 2004 izboljšalo.

3.2.5 Dodatno osvetljevanje

Meseca oktobra smo začeli rastline dodatno osvetljevati. Osvetljevali smo z natrijevimi sijalkami na povprečni razdalji 100 cm od vrha rastlin do sijalke. Dodatno smo osvetljevali 12 ur, od 7. do 19. ure.



Slika 9: Osvetljevanje rastlin med poskusom, (2004)

3.2.6 Meritve

3.2.6.1 Višina rastlin

Med poskusom smo merili višine rastlin. Višino rastlin smo merili od nivoja rastnega substrata do konca najvišjega poganjka.

3.2.6.2 Merjenje elektroprevodnosti in vrednosti pH rastnih substratov s sondo

Med rastjo smo merili vrednost pH in elektroprevodnost. Meritve smo opravili neposredno v rastnih substratih.

- Vrednost pH rastnih substratov smo merili z napravo pH MEGA AGRAR 2000. Pri merjenju smo bili pozorni na enakomerno omočenost rastnih substratov. S konico sonde smo naredili luknjo primerne velikosti (globina 5 cm) in rastni substrat navlažili z deionizirano vodo. Ko so bile vse luknje enakomerno namočene smo v rastni substrat potisnili očiščeno sondo. Po odčitavanju smo sondo previdno izvlekli, obrisali in splaknili z deionizirano vodo ter ponovno obrisali z čisto papirnato brisačko.

- Elektroprevodnost v rastnih substratih smo merili z napravo AM PET 2000 KOMBI. Naprava nam pokaže proste soli, topne v tleh v AM vrednostih. Pri merjenju smo bili pozorni na enakomerno omočenost rastnih substratov. S konico sonde smo naredili luknjo primerne velikosti (globina 5 in/ali 15 cm) in rastni substrat navlažili z deionizirano vodo. Ko so bile vse luknje enakomerno namočene, smo v rastni substrat potisnili očiščeno sondo. Po odčitavanju smo sondo previdno izvlekli, obrisali in splaknili z deionizirano vodo ter ponovno obrisali z čisto papirnato brisačko. V septembru smo meritve opravili tudi na globini 15 cm.

3.2.6.3 Merjenje maksimalne temperature

Merili smo le maksimalne temperature, ker se nam je zdelo, da bi v poletnem času lahko prihajalo do pregretja plastenjaka, kar bi lahko negativno vplivalo na rast testnih rastlin. Maksimalne temperature med poskusom niso presegle 37 °C. Temperaturo smo uravnavali z zračenjem plastenjaka.

3.3 LABORATORIJSKO DELO IN OPREMA

3.3.1 Določanje fizikalnih lastnosti rastnih substratov

Za določanje stanja zraka, vode in ostalih parametrov v substratih glede na vzpostavljeno tenzijo, smo uporabili predlagano referenčno metodo (Gabriëls in Verdonck, 1991; Gabriëls in sod., 1991).

3.3.1.1 Laboratorijska oprema

3.3.1.1.1 Dvojni obroč

Prostornina cilindra za vzorec mora biti približno 415 cm³, višine 5,3 cm in notranjega premera 9,7 cm. Za pričvrstitev in napenjanje najlonske ali poliesterske mrežice, ki na dnu cilindra zadržuje vzorec, se uporablja prstan. Zaradi odstopanj pri izdelavi je treba vsak cilinder kalibrirati in označiti s številko, ki predstavlja točno težo in volumen cilindra. Zgornji cilinder, ki ga je mogoče odstraniti, je enak kot spodnji cilinder. Tesni stik spodnjega in zgornjega cilindra je zagotovljen s prstanom, ki je pritrjen na spodnjem delu zgornjega cilindra.

3.3.1.1.2 Peščeni zaboj

Peščeni zaboji morajo biti narejeni iz robustnega, odpornega materiala (npr. PVC), višine 25 cm, širine 35 cm in dolžine 55 cm.

3.3.1.1.3 Oprema za drenažo in regulacijo podtlaka

Plastična cev, dolga 1 m in z notranjim premerom 1 cm, perforirana z 2 mm luknjicami je ovita z najlonsko tkanino in položena na dno zaboja, kjer služi za drenažo. Vsi spoji morajo biti zračno tesni. Regulator podtlaka z letvijo, na kateri so označene višine vodnega stolpca (10, 50 in 100 cm), je pritrjen ob peščenem zaboju.

3.3.1.1.4 Kalibrirani pesek

Peščeni zaboj se napolni s kremenčevim peskom do višine 12 cm. Za enakomerno porazdelitev peska po zaboju, je potrebno pesek med polnjenjem zaboja stalno pretresati. Vodo dolivamo počasi in previdno toliko časa, dokler ni nivo približno 1 cm nad nivojem peska. Preprečiti je potrebno nastajanje zračnih mehurčkov.

3.3.1.2 Meritve gostote obravnavanih rastnih substratov

Pripravili smo 18 cilindrov, za vsak rastni substrat smo pripravili po tri vzorce.

Napolnjene dvojne cilindre damo v vodno kopel, ki jo napolnimo z vodo, dokler nivo vode ne seže 1 cm pod vrh zgornjega cilindra. Saturiramo 24 ur. Cilindre nato prenesemo v peščene zaboje in jih rahlo pritismo, tako da se vzpostavi dober, enakomeren stik s podlago. Peščene zaboje pokrijemo in ustvarimo tenzijo 10 cm. Za tenzijo 50 in 100 cm postopek ponovimo, le da povečamo razliko v višini vodnega stolpca in s tem povečamo podtlak. Vodni stolpec merimo od sredine spodnjega cilindra do oznake na letvi. Pomembno je, da se v cevki in regulatorju tenzije ne pojavijo zračni mehurčki. Tenzijo izvajamo 48 ur, potem dvojne cilindre odstranimo. Previdno odstranimo zgornji cilinder in z ostrim nožem poravnamo rastni substrat tako, da se izravna z zgornjim robom cilindra. Stehramo spodnji cilinder z vlažnim vzorcem ter ga nato damo sušiti. Sušimo pri temperaturi 105 °C, vsaj 24 ur oziroma do konstantne mase (Gabriëls, 1995).

3.3.1.2.1 Volumska gostota

Volumska gostota : $\rho_v = (C_{10} - A_{10}) / V_1$ [g suhe snovi / mL] ... (1)

A_{10} = masa praznega cilindra v [g]

C_{10} = masa suhega vzorca + cilindra pri tenziji 10 cm vodnega stolpca v [g]

V_1 = prostornina spodnjega cilindra v [mL] oziroma [cm³]

3.3.1.2.2 Poroznost

$P = 100 (1 - \rho_v / \rho_r)$ [mL por / 100 mL v. v.] ... (2)

P = poroznost pri tenziji 10 cm vodnega stolpca, v [volumskih %]

ρ_r = realistična gostota (gostota delcev) v [g/mL]

ρ_v = volumska gostota v [g/mL]

$\rho_r = 100 / (\% \text{ org. s.} / 1,5 + \% \text{ pep.} / 2,65)$... (3)

Vsebnost pepela (gledena suho snov) je določena pri 550 °C

$\% \text{ org. snovi} = 100 - \% \text{ pepela}$... (4)

3.3.1.2.3 Volumen vode (vol.%) (WV) in zraka (vol.%) (AV) pri tenziji 10 cm vodnega stolpca

Volumen vode, ki ga rastni substrat zadrži, ko se vzpostavi ravnovesje pri tenziji 10 cm vodnega stolpca izračunamo iz volumske gostote.

A_{10} = masa praznega cilindra v [g]

B_{10} = masa vlažnega rastnega substrata pri tenziji 10 cm vodnega stolpca + masa praznega cilindra

C_{10} = masa suhega rastnega substrata pri tenziji 10 cm vodnega stolpca + masa praznega cilindra

D_{10} = % vode na osnovi vlažne mase

$D_{10} = [(B_{10} - C_{10}) / (B_{10} - A_{10})] \times 100$ v [g H₂O / 100 g v. v.] ... (5)

E_{10} = % vode na osnovi suhe mase = vodna kapaciteta = $(100 \times D_{10}) / (100 - D_{10})$ v [g H₂O / 100 g S. S.] ... (6)

WV_{10} volumen vode % = $E_{10} - \rho_v$ v [mL H₂O / 100 mL v. v. pri tenziji 10 cm vodnega stolpca].. ... (7)

AV_{10} volumen zraka % pri tenziji 10 cm vodnega stolpca = $P - WV_{10}$ v [mL zraka / 100 mL v. v. pri tenziji 10 cm vodnega stolpca] ... (8)

3.3.1.2.4 Volumen vode (vol.%) (WV) in zraka (vol.%) (AV) pri tenziji 50 in 100 cm vodnega stolpca.

Uporabimo enak postopek, kot je opisano zgoraj, le da vzorce uravnotežimo pri tenziji 50 in 100 cm vodnega stolpca. Pri izračunih in pisanju formul, oznake, ki se nanašajo na različne tenzije, ustrezno spremenimo.

3.3.2 Določanje kemijskih lastnosti rastnih substratov

Predvsem nas je zanimala količina dostopnih hranil, vrednost pH in vrednost EC v rastnih substratih.

3.3.2.1 Vzorčenje in priprava filtratov za meritve

Za potrebe določanja kemijskih lastnosti rastnih substratov smo pripravili vodne ekstrakcije v razmerju 1:2. Vzorčili smo štirikrat. Dvakrat smo vzorčili med rastjo (17. 8. in 27. 10. 2004). Enkrat smo vzorčili rastne substrate pred sajenjem (15. 6. 2004) in enkrat po zaključku poskusa (18. 11. 2004).

Pri vzorčenju smo bili pozorni na enakomerno navlaženost rastnih substratov. Vzorce smo jemali s sondo za jemanje vzorcev. Za vsak končni vzorec smo izrezali po tri vzorce s sondo. Od vsakega izreza vzorca smo vzeli le sredinski del vzorca. Del vzorca iz dna in del vzorca z vrha rastnega substrata smo zavrgli. Vzorce iz posameznega lonca smo združili in premešali. Z vzorcem rastnega substrata smo napolnili plastične epruvete do oznake 20 mL. Z epruveto smo trikrat udarili ob mizo, da se je vzorec enakomerno posedel in po potrebi odvzeli oziroma dodali potrebno količino vzorca, da smo dosegli želeni volumen 20 mL. Z ostankom vzorca smo zapolnili luknje, nastale s sondo za vzorčenje, da bi preprečili neenakomerno odtekanje vode pri zalivanju. Vzorce smo nato v laboratoriju prelili z 40 mL deionizirane vode in postavili na stresalnik za eno uro. Po tem času smo vzorce filtrirali. Po filtraciji smo pomerili pH in EC vrednost. Vzorce (filtrate) smo nato zamrznili za kasnejše analize (Cavins in sod. 2001; Whipker in sod. 2001).



Slika 10-levo: Vzorec rastnega substrata, (2004). Slika 11-desno: Sonda za vzorčenje, ki smo jo uporabili v poskusu, (2004)

3.3.2.2 Laboratorijsko določanje elektroprevodnosti

Vrednost EC smo določali v vodnem ekstraktu, pri temperaturi 25°C. Opis priprave vzorcev je opisan pod točko 3.3.2.1.

Merjenje elektroprevodnosti: elektrometrično merjenje na aparatu Iskra MA 5966.

3.3.2.3 Laboratorijsko določanje vrednosti pH

Vrednost pH smo določali v vodnem ekstraktu, pri temperaturi 25°C. Opis priprave vzorcev je opisan pod točko 3.3.2.1.

Ugotavljanje pH: elektrometrično merjenje na aparatu WTW 538.

3.3.2.4 Določanje vsebnosti dostopnih hranil v vodnih ekstrakcijah

Opis priprave vzorcev je opisan pod točko 3.3.2.1.

- Topne dušikove frakcije (N-NO_3^- , N-NH_4^+): spektrofotometrična določitev, aparat Perkin Elmer UV/VIS Spectrometer Lambda 2, s FIAS sistemom vzorčenja.

- Izmenljivi kationi (Na^+ , Ca^{2+} , Mg^{2+} , K^+): atomska absorpcijska spektroskopija, aparat Perkin Elmer Atomic Absorption Spectrophotometer 1100B.

3.4 DELO OB ZAKLJUČKU POSKUSA

3.4.1 Meritve rastlin

Po končanem poskusu smo vse rastline porezali 5 cm nad vrhom rastnega substrata. Rastline in njihove posamezne dele (listi, stebila, plodovi) smo stehali.

3.4.2 Vzorčenje rastlinskih delov za analize

Po končanih meritvah smo rastline pripravili za vzorčenje rastlinskih delov (korenine, listi, plod) za laboratorijske analize določanja skupne vsebnosti posameznih hranil (elementov).

Z metodo določanja vsebnosti rastlinskih hranil (elementov) v rastlini ali posameznih delih rastline si pomagamo za lažje reševanje praktičnih težav glede prehranjenosti rastlin. Založenost rastnega substrata s hranili se odraža tudi v vsebnosti hranil (elementov) v rastlini (Mihelič in sod, 2010). Na vsebnost hranil v rastlini vplivajo tudi: stres, okužbe, napadi škodljivcev, vodni stres, temperaturni stres, fizične poškodbe, kontaminacija okolja in drugo. Vsebnost hranil (elementov) je različna glede na posamezen del rastline (list, listni pecelj, steblo, plod, korenine). Listni pecelj služi prevajanju snovi, zato je tu ponavadi višja vsebnost K, P, in NO_3^- kot v listni ploskvi. Razporejenost hranil (elementov) po rastlini se med rastjo spreminja in je odvisna od faze rasti (starosti), v kateri je rastlina. S starostjo listov se akumulirata Ca in Mg ter zmanjša vsebnost N, P, K. Esencialni elementi so po rastlini razporejeni neenakomerno. Zato je pomembno katero hranilo (element) nas zanima in kateri del rastline bomo vzorčili (Jones, 2001).

Pri vzorčenju za analize vsebnosti rastlinskih hranil moramo biti pozorni, da v vzorec zajamemo samo tiste dele rastlin, ki nam ne kvarijo vzorcev – so reprezentativni. Izogniti se moramo prestarim oz. premladim delom rastlin in pa tistim delom, ki kakorkoli odstopajo od povprečja. Dele rastlin, ki so lahko kakorkoli površinsko kontaminirani, je potrebno temeljito očistiti in sprati z deionizirano vodo. Vzorce je potrebno ustežno posušiti. Pri prepočasnem sušenju vzorcev na prenizkih temperaturah lahko prihaja do izgub dušika (N) in žvepla (S). Previsoke temperature sušenja (nad 80 °C) prav tako lahko vplivajo na vsebnost hranil (elementov). Po sušenju je vzorce potrebno zmleti in ustrezno shraniti za kasnejše upepeljevanje (pri 550 - 600 °C). in laboratorijske analize za določanje vsebnosti hranil (Jones, 2001, Reuter in sod., 1997).

3.4.2.1 Korenine

Od vsake testne rastline smo vzeli del korenin, ki smo jim najprej z otresanjem odstranili ostanek rastnega substrata, jih stehali, nato pa še temeljito oprali z deionizirano vodo. Vzorce smo posušili na 50 °C in nato suhe zmleli in shranili v neprodušno zaprte PVC lončke. Lončke z vzorci smo hranili v hladilniku, pri 4°C, za kasnejše analize.

3.4.2.2 Listi

Od vsake rastline smo izbrali 20 listov. Pri izbiri listov smo bili pozorni, da smo vzeli polno razvite liste, ki niso kazali znakov bolezni, znakov pomanjkanja hranil ali so kakorkoli drugače odstopali. Liste smo po vzorčenju stehali in temeljito oprali z deionizirano vodo. Liste smo posušili na 50 °C. Vzorce smo zmleli in shranili v neprodušno zaprte PVC lončke. Lončke z vzorci smo hranili v hladilniku, pri 4°C, za kasnejše analize.

3.4.2.3 Plodovi

Plodove smo po zaključku poskusa pobrali, prešteli in stehali. Plodove smo posušili na 50 °C in stehali suhe. Suhe plodove smo zmleli. Vzorce smo shranili v neprodušno zaprte PVC lončke. Lončke z vzorci smo hranili v hladilniku, pri 4 °C, za kasnejše analize.

3.4.3 Analiza rastlinskih vzorcev

Za določitev vsebnosti rastlinskih hranil – elementov v vzorcih, smo uporabili nalsednje metode:

- Za določitev skupnega dušika smo uporabili metodo po Kjeldahlu
- Za določitev kalija (K): iz pepelov z emisijsko spektroskopijo s plamenskim fotometrom
- Za določitev fosforja (P): iz pepelov z emisijsko spektroskopijo s plamenskim fotometrom
- Za določitev kalcija (Ca): iz pepelov z emisijsko spektroskopijo s plamenskim fotometrom
- Za določitev natrija (Na): iz pepelov z emisijsko spektroskopijo s plamenskim fotometrom
- Za določitev magnezija (Mg): iz pepelov z emisijsko spektroskopijo s plamenskim fotometrom

3.5 STATISTIČNE ANALIZE

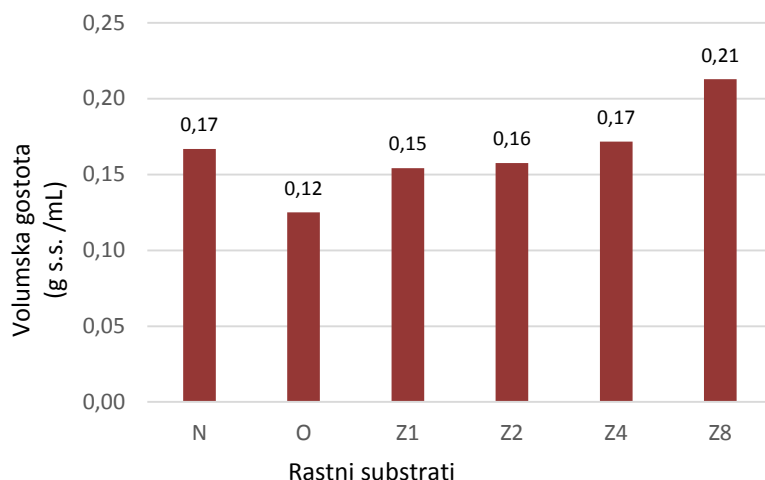
Podatke meritev, izračunov in kemičnih analiz smo statistično obdelali. Za statistično vrednotenje rezultatov smo uporabili računalniški program Microsoft EXCEL in STATGRAPHIC Plus for Windows 5.0.

Statistično značilne razlike med obravnavanji smo ugotavljali po metodi analize variance (ANOVA) in LSD testa mnogoterih primerjav. Povsod smo upoštevali 5 % tveganje.

Kot statistično značilne smo sprejeli rezultate primerjav, če je bila velikost statističnega tveganja manjša od 5 % ($p < 0,05$).

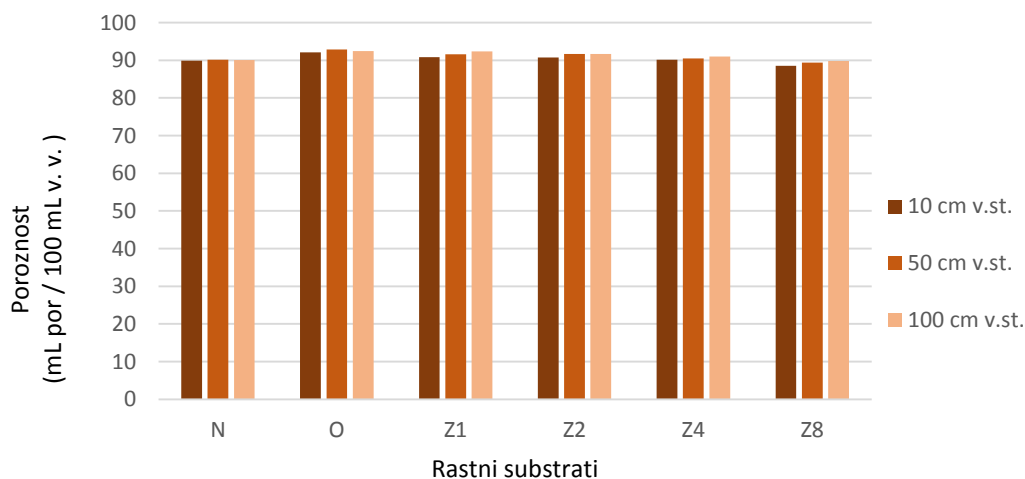
4 REZULTATI

4.1 DOLOČANJE FIZIKALNIH PARAMETROV RASTNIH SUBSTRATOV



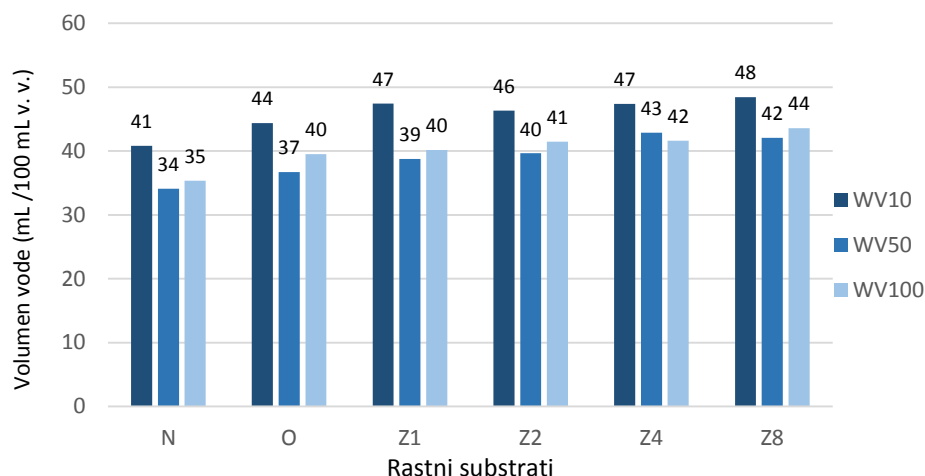
Slika 12: Volumska gostota rastnih substratov izražena v g suhe snovi na mL. $P < 0,05$, (N=3).

Rastnim substratom narašča volumska gostota sorazmerno s količino dodanega zeolita. Kontrolni rastni substrat (N) ima volumsko gostoto primerljivo z lastnimi rastnimi substrati Z4, Z2 in Z1. Statistično značilno najmanjšo volumsko gostoto ima rastni substrat brez dodanega zeolita (O), največjo pa rastni substrat z največ dodanega zeolita (Z8) (slika 12).



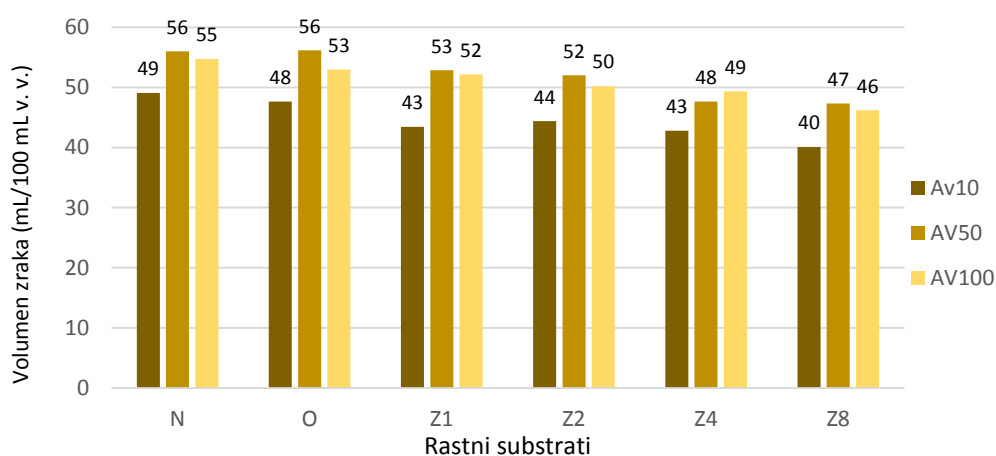
Slika 13: Poroznost rastnih substratov določena pri tenziji 10, 50 in 100 cm vodnega stolpca, izražena v mL por na 100 mL vlažnega vzorca. $P < 0,05$, (N=3).

Poroznost vseh rastnih substratov je velika in med različnimi mešanici ni velikih razlik. Dodan zeolit vpliva na zmanjšanje poroznosti osnovnega rastnega substrata (slika 13).



Slika 14: Volumen vode (WV), v rastnih substratih, pri tenziji 10, 50 in 100 cm vodnega stolpca, izražen v mL vode na 100 mL vlažnega vzorca. $P < 0,05$, (N=3).

Vsi lastni rastni substrati imajo večjo vsebnost vode pri tenziji 10 cm kot kontrolni rastni substrat (N). Vsebnost vode, v rastnem substratu z največ dodanega zeolita (Z8), je pri vseh tenzijah za 4 enote višja, kot pri osnovnem rastnem substratu brez dodanega zeolita (O) (slika 14).



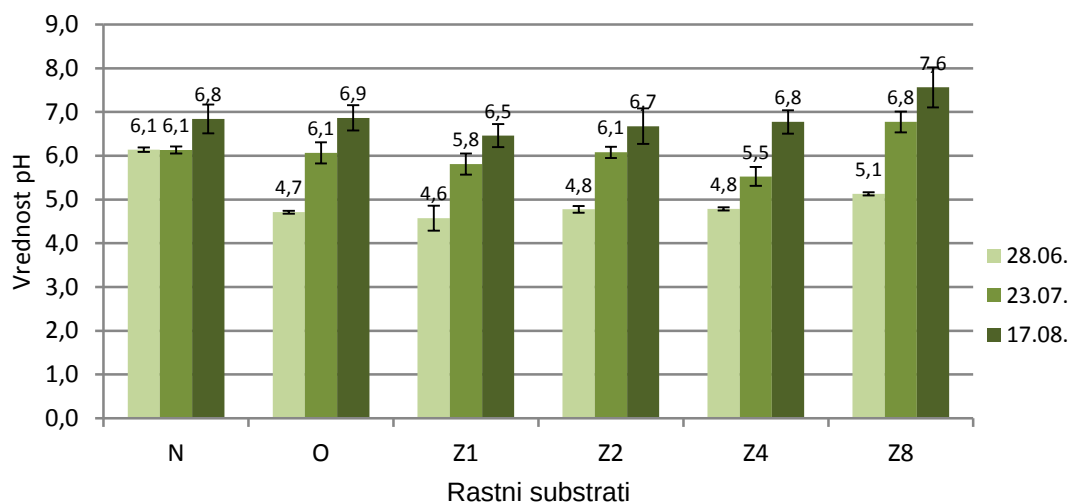
Slika 15: Volumen zraka (AV), v rastnih substratih, pri tenziji 10, 50 in 100 cm vodnega stolpca izražen v mL zraka na 100 mL vlažnega vzorca. $P < 0,05$, (N=3).

Dodatek zeolita zmanjša vsebnost zraka v rastnih substratih. Osnovni rastni substrat (O) in kontrolni rastni substrat (N) imata primerljive vrednosti. Vsebnosti zraka pri rastnih substratih Z1, Z2 in Z4 so primerljive med seboj. Rastni substrat z največ dodanega zeolita ima najmanjše vrednosti za vsebnost zraka (slika 15).

4.2 DOLOČANJE KEMIJSKIH PARAMETROV RASTNIH SUBSTRATOV

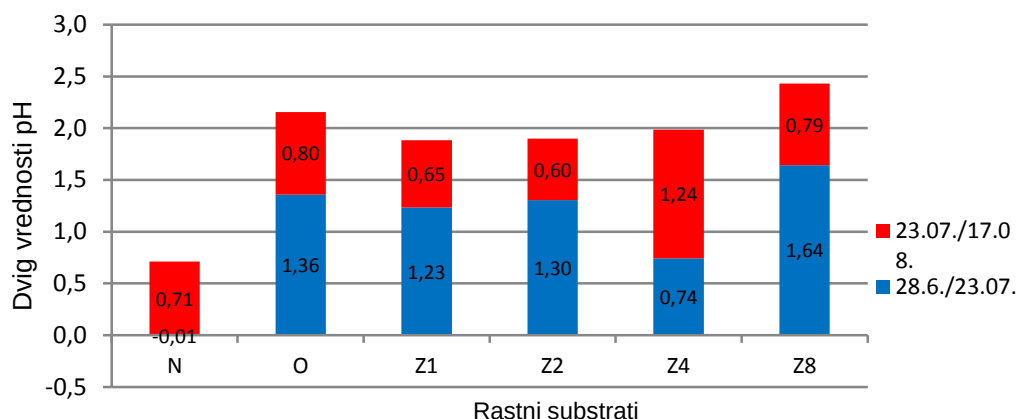
4.2.1 Meritve vrednosti pH

4.2.1.1 Merjeno s sondo, neposredno v rastnih substratih



Slika 16: Primerjava vrednosti pH rastnih substratov med poskusom, merjeno s sondo neposredno v rastnem substratu na globini 5 cm (prikazane ročice na stolpich predstavljajo standardni odklon od povprečja). $P < 0,05$, (N=5).

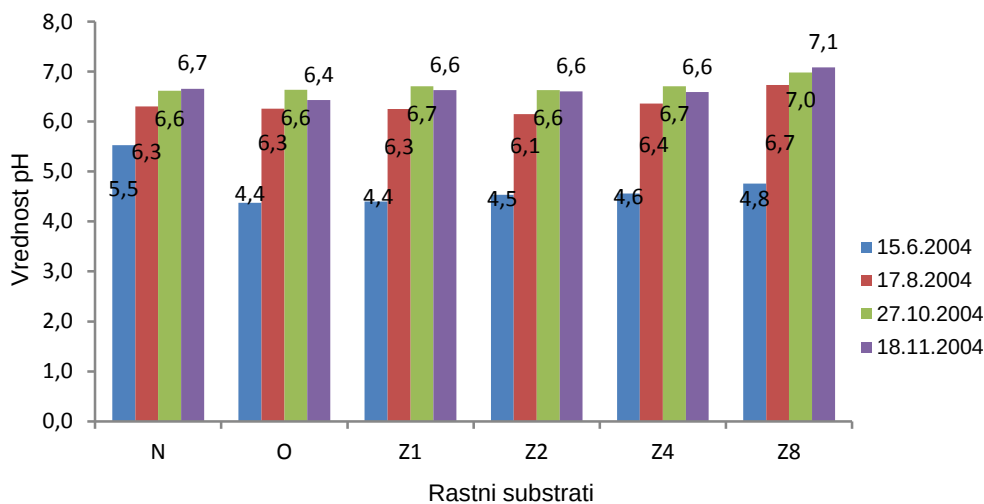
Iz meritev je razvidno, da so začetne vrednosti pH pri vseh lastnih rastnih substratih premajhne. Ustrezno vrednost pH ima le kontrolni rastni substrat (N). Primerjava meritev vrednosti pH pred dodajanjem apnene moke in meritev po dodajanju apnene moke, pokaže povečanje vrednosti pH pri vseh lastnih mešanicah za eno enoto. Med meritvama z dne 23. 7. 2004 in 17. 8. 2004, pride do povečanja vrednosti pH za več kot pol enote, pri vseh rastnih substratih. Pri meritvah z dne 28. 6. je statistično značilna največja vrednost pH pri rastnem substratu N in je največja med vsemi. Statistično značilno večjo vrednost pH, v primerjavi z rastnimi substrati O, Z1, Z2 in Z4, ima rastni substrat Z8 (z največ dodanega zeolita) (slika 16).



Slika 17 Primerjava dviga vrednosti pH rastnih substratov v obdobju treh meritev, merjeno s sondo neposredno v rastnem substratu na globini 5 cm.

Pri vseh rastnih substratih pride do povečanja pH-ja pri tretjem merjenju, kar lahko pomeni bazično delovanje uporabljenih gnojil in/ali razkroj organskih kislin, prisotnih v šoti. Pri Z4 opazimo hitrejšo spremembo pH (povečanje) po dodatku apnenca. Sprememba pH pri varianti Z4 (povečanje) je obratno-sorazmerna spremembam pH pri drugih lastnih rastnih substratih (zmanjšanje) (slika 17).

4.2.1.2 Meritve v vodnih ekstrahiranjah

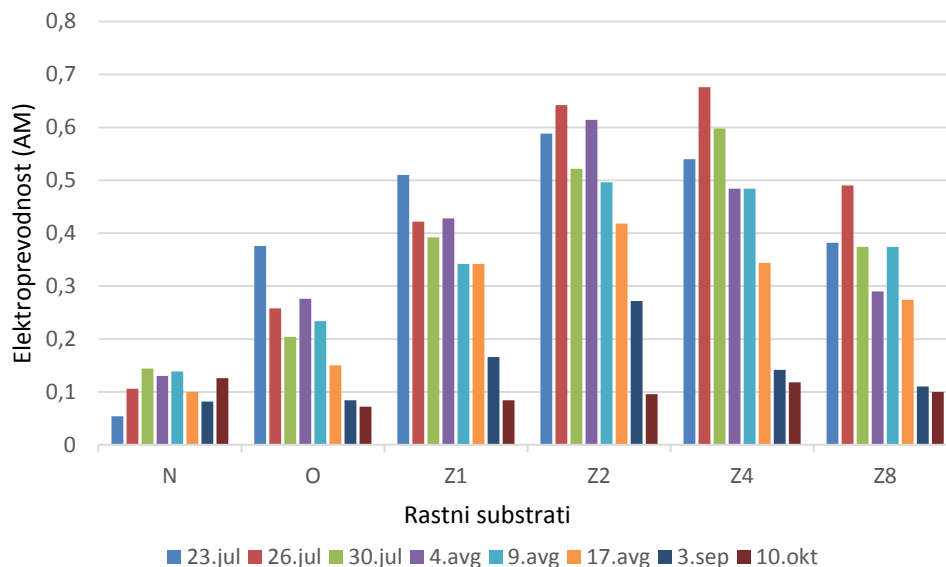


Slika 18: Primerjava vrednosti pH vodnih ekstrahiranj rastnih substratov med poskusom. $P < 0,05$, (N=5).

Rezultati meritev vrednosti pH v vodnih ekstrahiranjah, so primerljivi z rezultati vrednosti pH merjenih s sondo neposredno v rastnem substratu. Pri primerjavi vrednosti z dne 27. 10. 2004 in vrednosti z dne 18. 11. 2004 opazimo, da se je vrednost pH ustalila in ne narašča več. Dvigovanje vrednosti pH pri lastnih rastnih substratih do 27. 10. 2004 lahko pripišemo dodatku apnene moke (slika 18).

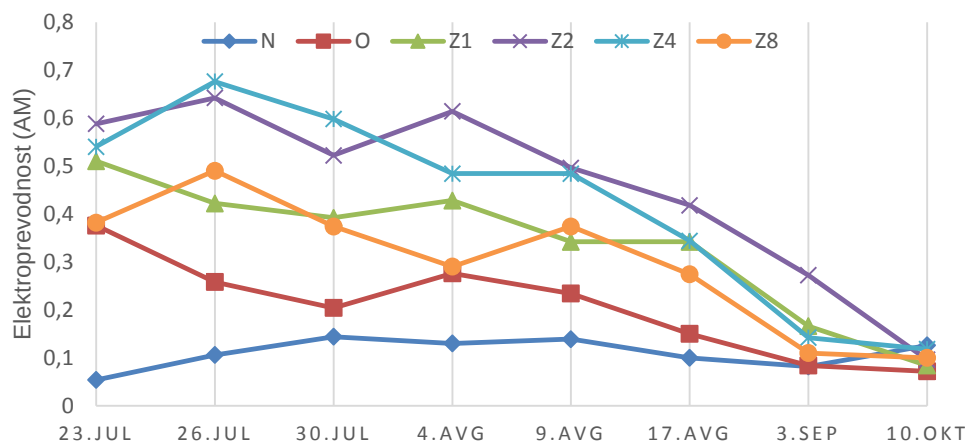
4.2.2 Meritve elektroprevodnosti rastnih substratov

4.2.2.1 Merjeno s sondo, neposredno v rastnih substratih



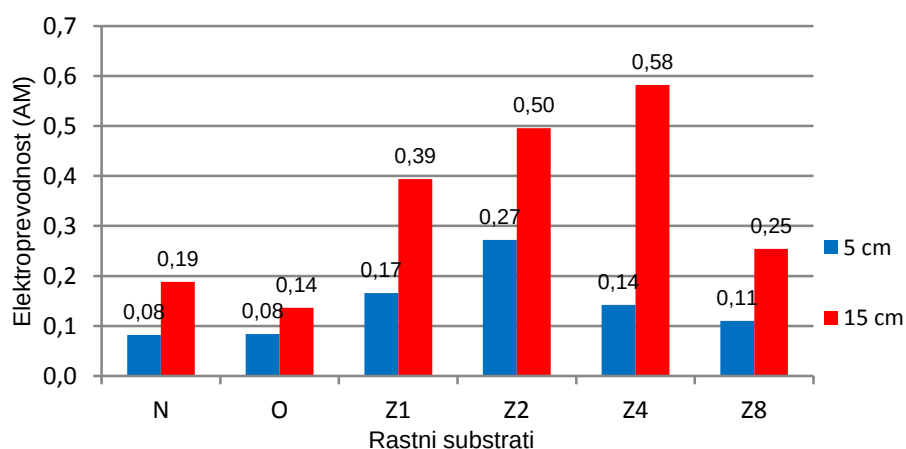
Slika 19: Primerjava vrednosti elektroprevodnosti rastnih substratov med poskusom, merjeno s sondo neposredno v rastnem substratu na globini 5 cm. Vrednosti so podane kot vrednosti AM. $P < 0,05$, (N=5).

Vsi lastni rastni substrati so imeli po petih tednih poskusa večje vrednosti elektroprevodnosti kot kontrolni rastni substrat. Elektroprevodnost v kontrolnem rastnem substratu (N) je 23. 7. 2004 zelo majhna in kaže na majhno vsebnost rastlinskih hranil (soli). Nihanje elektroprevodnosti je pri kontrolnem rastnem substratu zanemarljivo v primerjavi z nihanjem vrednosti pri lastnih rastnih substratih. Pri zadnjem merjenju se vrednosti prevodnosti pri vseh rastnih substratih gibljejo okoli 0,1 in med njimi ni statistično značilnih razlik (slika 19).



Slika 20: Gibanje vrednosti elektroprevodnosti rastnih substratov med poskusom, merjeno neposredno v rastnem substratu na globini 5 cm. Vrednosti so podane kot vrednosti AM.

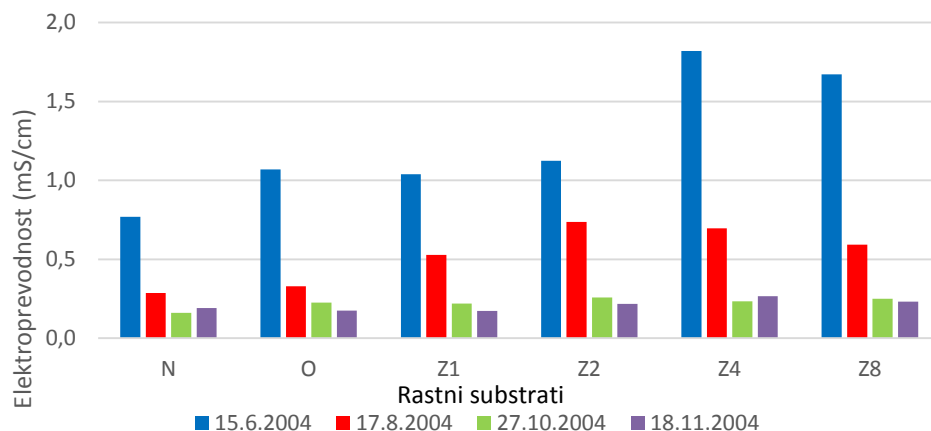
V gibanju vrednosti elektroprevodnosti na sliki 20 med 23. 7. in 17. 8. 2004 opazimo podobno dinamiko med rastnima substratoma Z8 in Z4, ter podobnost med rastnimi substrati O, Z1 in Z2. Gibanje EC krivulje za testni rastni substrat N – kontrola, je značilno drugačno. Pri meritvi 4. 8. 2004 so vrhovi med skupinama (Z4, Z8) in (O, Z1) nasprotujoči. Po 17. 8. 2004 se vrednosti pri vseh rastnih substratih zmanjšajo.



Slika 21: Primerjava vrednosti elektroprevodnosti rastnih substratov na globini 5 in 15 cm (3.9. 2004), merjeno neposredno v rastnem substratu. Vrednosti so podane kot vrednosti AM. $P < 0,05$, (N=5).

Pri primerjavi elektroprevodnosti merjeni na globini 5 cm in 15 cm, vidimo, da so vrednosti izmerjene na globini 15 cm vsaj dvakrat do trikrat večje, kot vrednosti na globini 5 cm (slika 21). To velja za vse rastne substrate, razen za osnovni rastni substrat, kjer je ta razlika manjša. Vzrok za te razlike je lahko izpiranje hranil v nižje plasti, zaradi načina zalivanja ali morebitne slabše omočenosti rastnega substrata pri vrhu lonca in posledično manj raztopljenih soli.

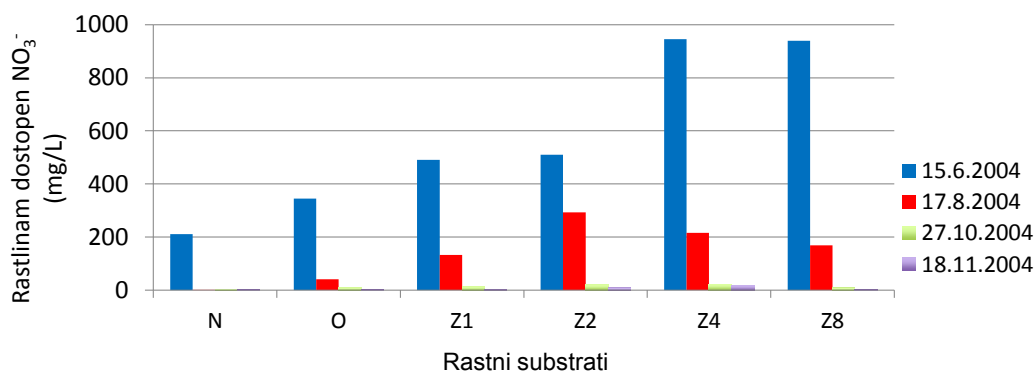
4.2.2.2 Meritve vodnih ekstrakcij rastnih substratov



Slika 22: Primerjava vrednosti elektroprevodnosti vodnih ekstrakcij rastnih substratov med poskusom izraženo v mS/cm. $P < 0,05$, (N=5).

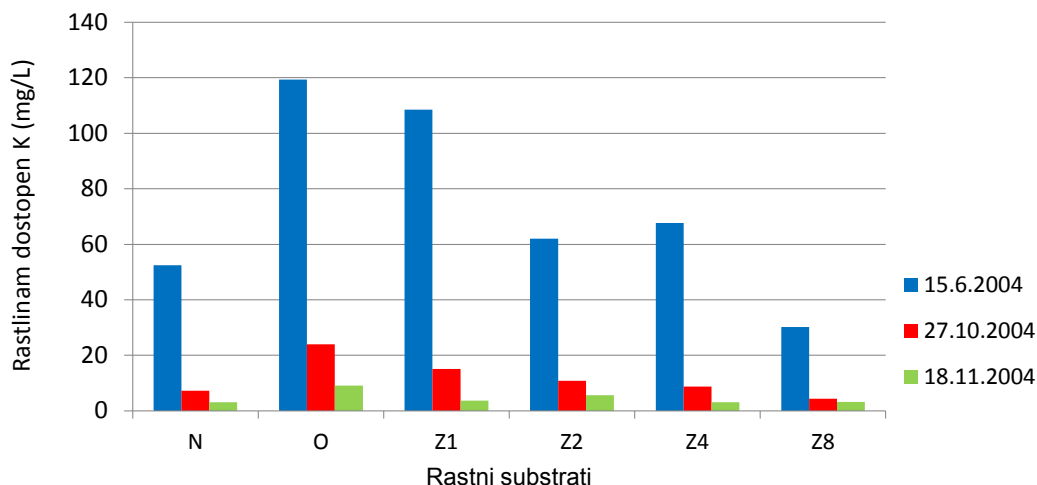
Izmerjene vrednosti EC v vodnih ekstraktih (slika 22) kažejo na veliko vsebnost hranil v vseh lastnih rastnih substratih ob sajenju. Še posebej visoko vsebnost imata rastna substrata Z4 in Z8. Oktobra in ob zaključku poskusa so izmerjene vrednosti relativno majhne in so posledica porabe hranil in nezadostnega dognovanja. Ob koncu poskusa je bila največja izmerjena vrednost pri rastnih substratih Z4. Nekoliko manjše vrednosti sta dosegla rastna substrata Z8 in Z2. Najmanjše vrednosti so bile izmerjene pri Z1, O in N. Vrednosti sovpadajo s količino dodanega zeolita, razen pri Z8, kjer ne sovpadajo in so manjše. Vzrok za to je lahko v porabi hranil ali pa vezavi hranil na izmenljiva mesta v zeolitu.

4.2.3 Meritve vsebnosti dostopnih rastlinskih hranil v vodnih ekstrakcijah rastnih substratov



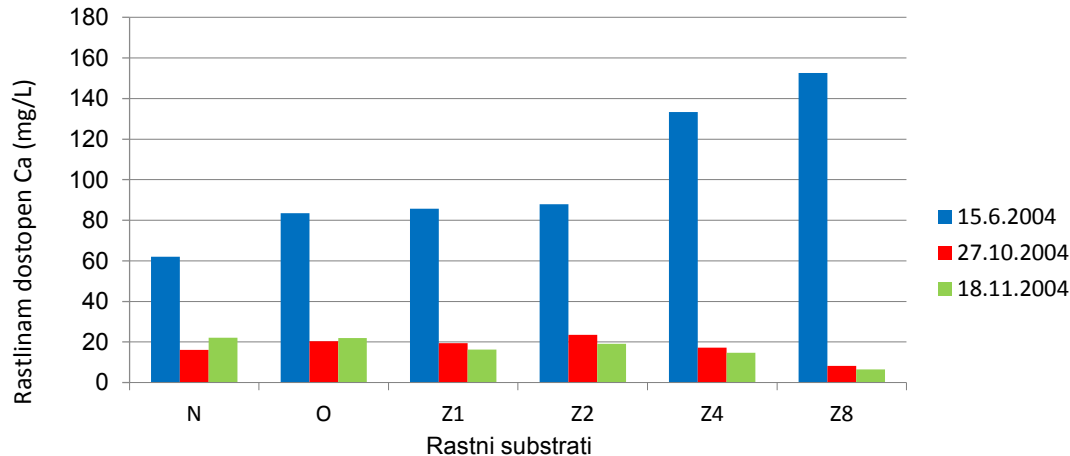
Slika 23: Vsebnosti NO_3^- v vodnih ekstrakcijah rastnih substratov med poskusom izraženo v mg/L. $P < 0,05$, (N=5).

Vsebnost nitrata v vodnih ekstrakcijah rastnih substratov pred sajenjem, je največja pri Z4 in Z8, z največ dodanega zeolita. Najmanjše vrednosti so pri rastnem substratu brez dodanega zeolita (O) in kontroli (N). Statistično značilno se razlikujejo le meritve vzorcev vodnih ekstrakcij rastnih substratov pred sajenjem rastlin z dne 15. 6. 2004 (slika 23).



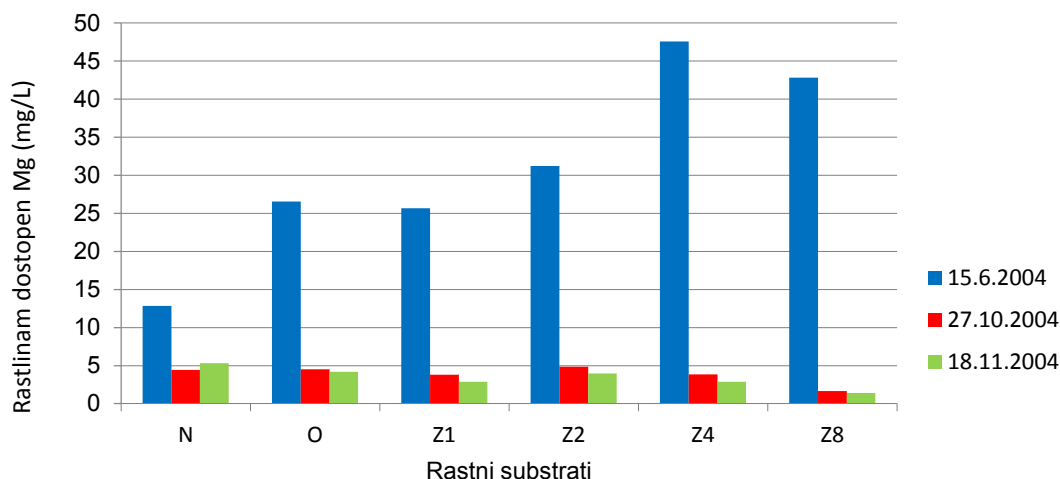
Slika 24: Vsebnosti rastlinam dostopnega kalija v vodnih ekstrahiranjah rastnih substratov med poskusom izraženo v mg/L. $P < 0,05$, (N=5).

Vsebnost rastlinam dostopnega kalija v vodnih ekstrahiranjah rastnih substratov je najmanjša pri ponovitvah z največ dodanega zeolita. Najmanjšo vrednost doseže pri vseh treh vzorčenjih. Največje vrednosti so pri rastnem substratu brez dodanega zeolita. Statistično značilno se razlikujejo le meritve vzorcev vodnih ekstrahiranj rastnih substratov pred sajenjem rastlin z dne 15. 6. 2004 (slika 24).



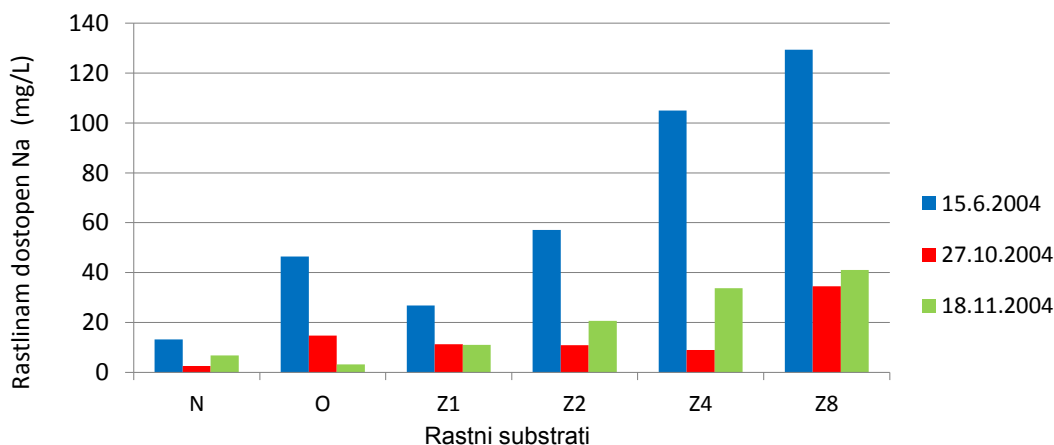
Slika 25: Vsebnosti rastlinam dostopnega kalcija v vodnih ekstrahiranjah rastnih substratov med poskusom izraženo v mg/L. $P < 0,05$, (N=5).

Vsebnost rastlinam dostopnega kalcija v rastnih substratih pred sajenjem je največja pri rastnih substratih z največ dodanega zeolita Z4 in Z8. Statistično značilno se razlikujejo le meritve vzorcev vodnih ekstrahiranj rastnih substratov pred sajenjem rastlin z dne 15.6.2004 (slika 25).



Slika 26: Vsebnosti rastlinam dostopnega magnezija v vodnih ekstrahiranih rastnih substratih med poskusom izraženo v mg/L. $P < 0,05$, (N=5).

Vsebnost rastlinam dostopnega magnezija, v rastnih substratih pred sajenjem, je največja pri rastnih substratih z največ dodanega zeolita Z4 in Z8. Statistično značilno se razlikujejo le meritve vzorcev vodnih ekstrahiranih rastnih substratov pred sajenjem rastlin z dne 15.6.2004 (slika 26).

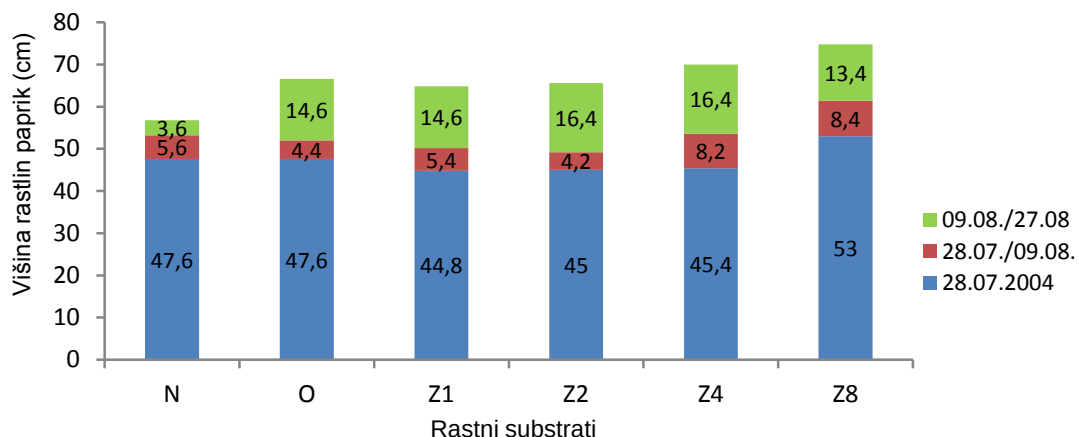


Slika 27: Vsebnosti rastlinam dostopnega natrija v vodnih ekstrahiranih rastnih substratih med poskusom izraženo v mg/L. $P < 0,05$, (N=5).

Vsebnost natrija, v rastnih substratih pred sajenjem, je največja pri tistih rastnih substratih z največ dodanega zeolita Z4 in Z8. Najmanj natrija je v vzorcih rastnega substrata N (kontrola). Vsebnost natrija ob koncu poskusa je največja pri Z8 in je primerljiva z vsebnostjo osnovnega rastnega substrata pred sajenjem (slika 27).

4.3 DOLOČANJE RASTLINSKIH PARAMETROV

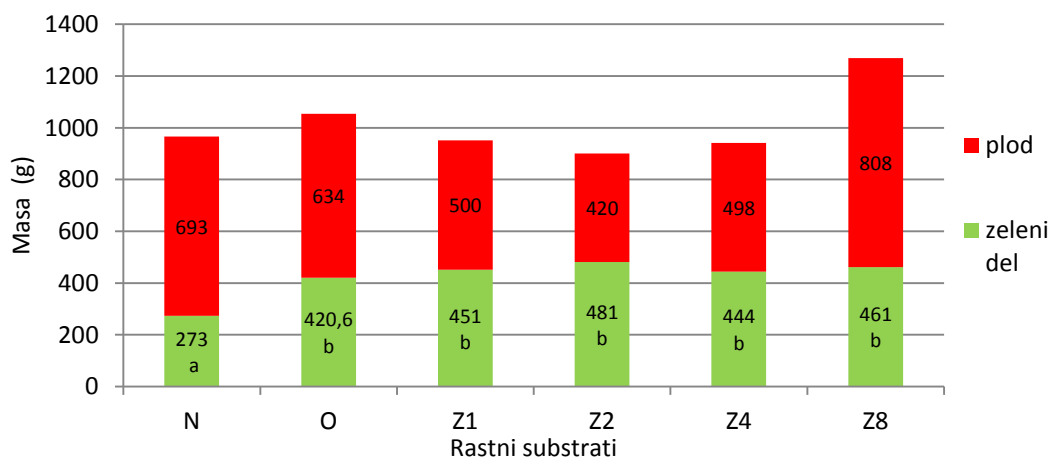
4.3.1 Meritve višine rastlin in prirast



Slika 28: Meritve višine rastlin med poskusom in primerjava prirasta med posameznimi meritvami. $P < 0,05$, (N=10).

Višina rastlin ob prvem merjenju je, razen pri Z8, kjer je višja za 5 - 8 cm, pri vseh rastnih substratih skoraj enaka. Ob zadnjih meritvah so bile rastline pri Z8 najvišje, rastline v kontrolnem rastnem substratu (N) pa najnižje. Višine ostalih rastlin se gibljejo med tema vrednostima in med njimi ni statistično značilnih razlik (slika 28).

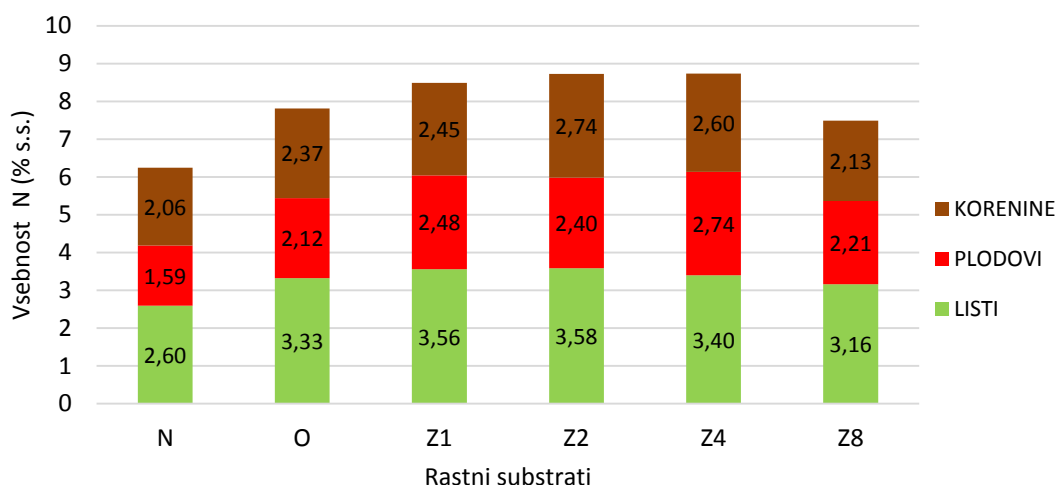
4.3.2 Meritve mase rastlin ob koncu poskusa



Slika 29: Primerjava skupne mase rastlin brez korenin in primerjava mase plodov ter mase zelenih delov v g. $P < 0,05$, (N=5).

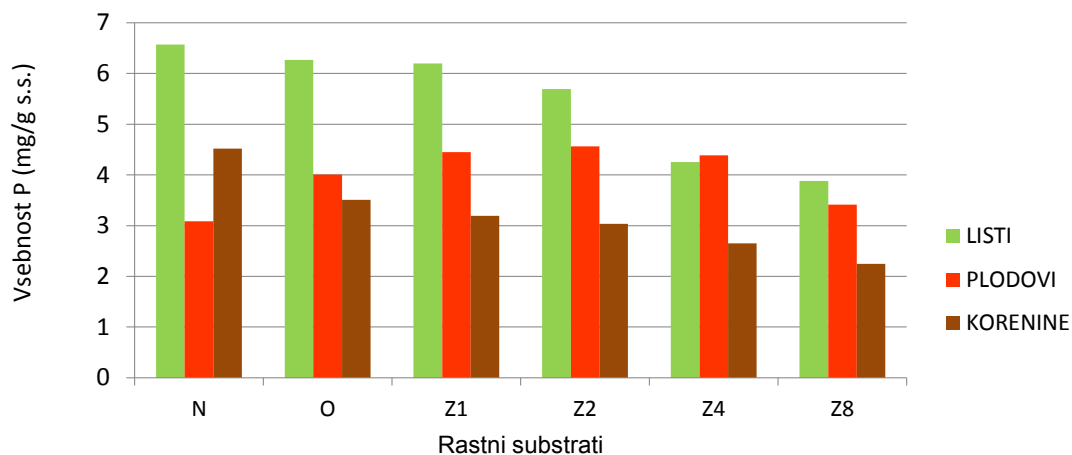
Ob koncu poskusa so imele največjo skupno maso rastline v rastnih substratih z največ dodanega zeolita. Največji pridelek plodov je bil pri Z8, najmanjši pa pri Z2, vendar je vrednost P za skupno maso rastlin nad 0,2 in za maso plodov nad 0,06, kar pomeni, da med posameznimi variantami ni bilo statistično značilnih razlik. Statistično značilna je le najmanjša masa zelenega dela rastlin pri rastnem substratu za kontrolo (N) (slika 29).

4.3.3 Vsebnost hranil-elementov v rastlinskih vzorcih ob koncu poskusa



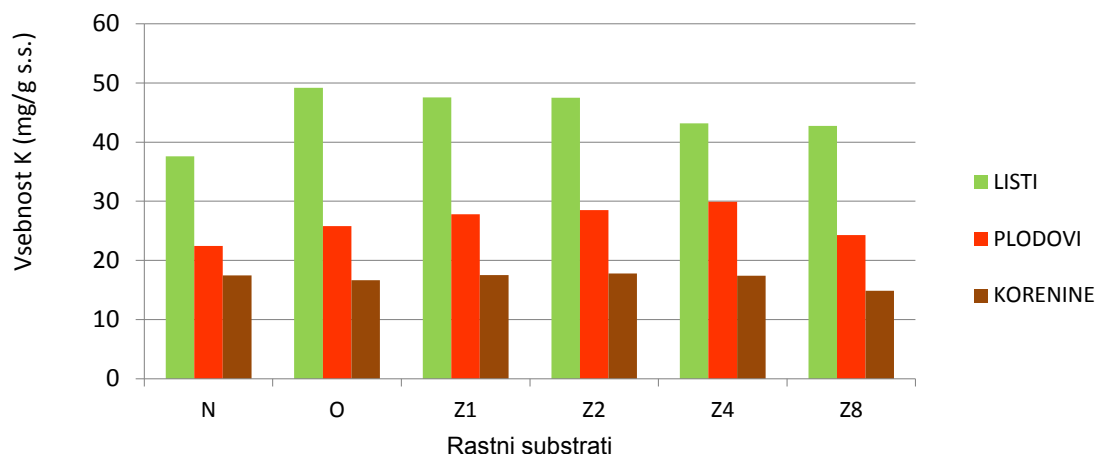
Slika 30: Primerjava vsebnosti skupnega dušika v posameznih delih rastlin, izraženo v % suhe snovi.

Skupna vsebnost dušika je v vseh rastlinskih delih najmanjša pri rastlinah iz kontrolnega rastnega substrata (N). Med lastnimi rastnimi substrati ima najmanjšo skupno vsebnost dušika v rastlinskih delih, rastni substrat z največ dodanega zeolita (Z8). Največje vsebnosti skupnega dušika dosegajo rastlinski deli iz rastnih substratov Z1, Z2 in Z4 (slika 30).



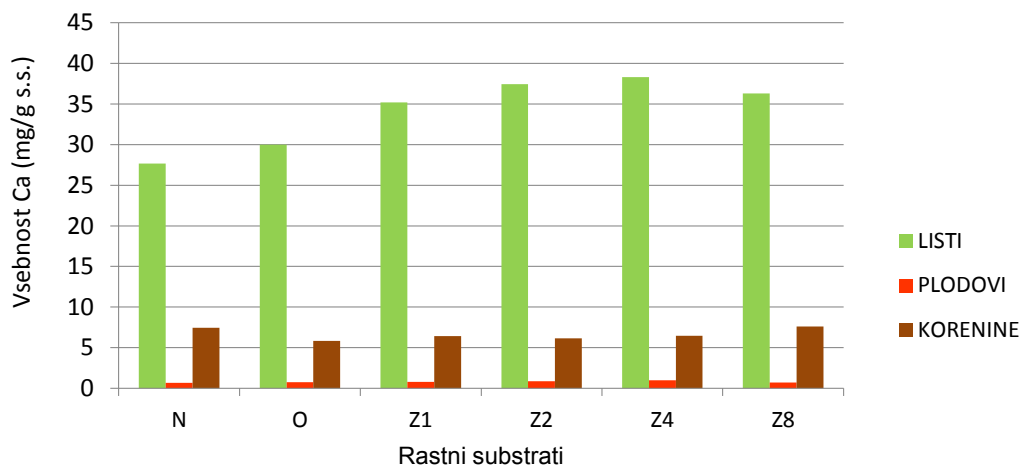
Slika 31: Vsebnost P v posameznih delih rastlin, izraženo v mg/g suhe snovi.

Največ fosforja so vsebovali listi rastlin, sledijo plodovi in nato korenine. Vsebnost fosforja je najmanjša pri rastlinah iz rastnega substrata z največ dodanega zeolita (Z8). Pri vsebnosti fosforja v listih in koreninah opazimo, da se vrednosti manjšajo sorazmerno (v povezavi) s količino dodanega zeolita (slika 31).



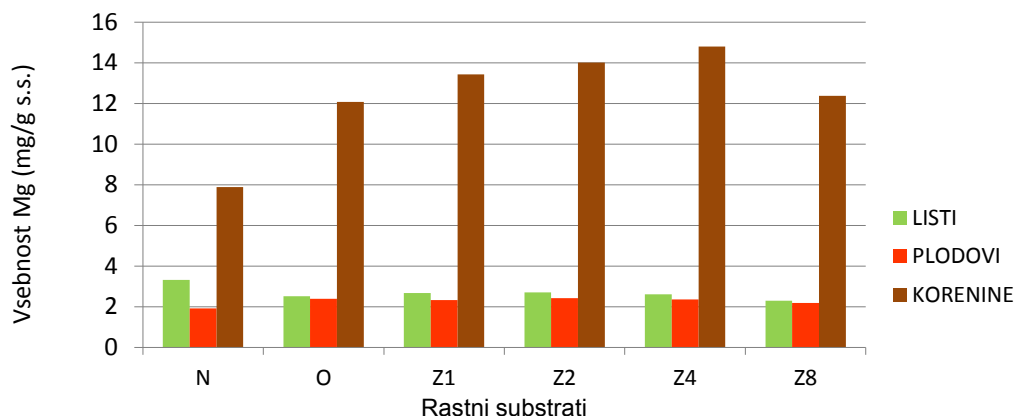
Slika 32: Vsebnost K v posameznih delih rastlin, izraženo v mg/g suhe snovi.

Vsebnost kalija je pri vseh rastlinah največja v listih, sledijo plodovi, najmanjša je v koreninah. Vsebnost kalija v koreninah je pri vseh rastlinah zelo podobna. Vsebnost kalija v listih in plodovih rastlin se, glede na rastni substrat nekoliko razlikuje. Največ kalija v listih vsebujejo rastline gojene v rastnih substratih O, Z1 in Z2, najmanj pa tiste gojene v kontroli (N) (slika 32).



Slika 33: Vsebnost Ca v posameznih delih rastlin, izraženo v mg/g suhe snovi.

Vsebnost kalcija je pri vseh rastlinah največja v listih, po vsebnosti sledijo korenine, najmanjša je v plodovih. Vsebnost kalcija v koreninah in plodovih je pri vseh variantah zelo podobna. Vsebnosti kalcija v listih rastlin se nekoliko razlikujejo glede na rastni substrat. Največ kalcija v listih vsebujejo rastline gojene v substratih Z4, Z2 in Z8, najmanj pa tiste gojene v tržnem rastnem substratu (N) in v osnovnem rastnem substratu (O) (slika 33).



Slika 34: Vsebnost Mg v posameznih delih rastlin, izraženo v mg/g suhe snovi.

Vsebnost magnezija je v listih in plodovih pri vseh rastlinah majhna in se giblje okoli 2 mg/g suhega vzorca. Vsebnosti magnezija v koreninah so večje in se gibljejo med 8 in 15 mg/g suhega vzorca. Največ magnezija v koreninah vsebujejo rastline iz rastnih substratov Z4, Z2 in Z1, najmanj pa iz tržnega rastnega substrata (N). Vsebnosti magnezija v koreninah rastlin iz rastnih substratov O in Z8 so skoraj enake (slika 34).

5 RAZPRAVA IN SKLEPI

5.1 RAZPRAVA

Vpliv dodanega zeolita na spremembo fizikalnih lastnosti rastnih substratov je bil pričakovan. Pri rastnih substratih z dodanim zeolitom je, v primerjavi z osnovnim rastnim substratom brez dodanega zeolita, prišlo do povečanja volumnske gostote in vsebnosti lahko dostopne vode ter do zmanjšanja poroznosti in vsebnosti zraka. Do podobnih ugotovitev je prišla tudi Kolarjeva (2013). Povečana vsebnost lahko dostopne vode v rastnem substratu z največ dodanega zeolita (Z8), v primerjavi z rastnim substratom brez dodanega zeolita, je 40 mL/ L vlažnega substrata. To pomeni 400 mL vode/na lonec (10 L), kar je skoraj polovica porabljene vode za eno zalivanje posamezne testne rastline v tem poskusu.

Vpliv dodanega zeolita na dvig vrednosti pH rastnih substratov je bilo mogoče določiti šele pri največjih odmerkih (80 g/L rastnega substrata). Kolarjeva (2013) ugotavlja, da ob dodanih 150 g granuliranega zeolita/L rastnega substrata vrednost pH rastnim substratom naraste iz 4,3 na 6,3. Zeolit bi lahko v proizvodnji rastnih substratov nadomestil apnenec oz. apno, ki se uporablja za začetno uravnavanje vrednosti pH šotnim in drugim rastnim substratom. Potrebno bi bilo še natančneje preučiti predvsem morebitne negativne vplive tako velikih dodanih količin zeolita rastnim substratom, saj Kolarjeva (2013) ugotavlja, da so rastline iz substratov z dodanimi 150 g granuliranega zeolita/L rastnega substrata, uspevale najslabše. To bi lahko pomenilo, da zeolit dodan v tako veliki količini, že negativno vpliva na rast rastlin.

Dodatek 40 in 80 g zeolita/L rastnega substrata vpliva na večjo elektroprevodnost rastnih substratov, merjeno na začetku pred sajenjem. Pri meritvah kasneje med poskusom, se te razlike ne kažejo več. Te večje, začetne vrednosti, lahko razlagamo kot vpliv dodanega zeolita. V zeolitu so prisotna nekatera rastlinska hranila in druge soli (prek 5), ki so lahko vzrok za večjo elektroprevodnost teh rastnih substratov. Izmerjene vrednosti kažejo na visoko vsebnost soli v substratih pred sajenjem, vendar vrednosti ne presegajo praga toksičnosti, glede na izkušnje in opravljene kontrolne meritve pri proizvodnji rastnih substratov (Čufer, 2004b).

Dodatek zeolita v rastnem substratu vpliva na vsebnost rastlinskih hranil v vodnih ekstrakcijah. V rastnih substratih pred sajenjem se vsebnost vseh izmerjenih rastlinskih hranil v vodnih ekstrakcijah, razen kalija, povečuje s količino dodanega zeolita. Vsebnosti kalija se manjšajo sorazmerno s količino dodanega zeolita. Zanimivo je tudi povečanje vsebnosti nitrata kljub temu, da nitrat v zeoliti ni prisoten. Vzrok za to povečanje vsebnosti je lahko v nitrifikaciji amonija in zadrževanju nastalega nitrata v zeolitni strukturi. Dušik, v amonijski obliki, je bil dodan z založnim gnojilom na začetku, pri pripravi osnovnega rastnega substrata. Kalij, v nasprotnem primeru, je v zeolitu prisoten, a so izmerjene vrednosti pri rastnih substratih z največ dodanega zeolita (Z8), štirikrat manjše kot pri rastnem substratu brez dodanega zeolita (O). Pri vrednostih meritev vodnih ekstrakcij rastnih substratov pred sajenjem, za kalcij, magnezij in natrij opazimo, da se vpliv dodanega zeolita na povečanje vrednosti pokaže šele pri rastnih substratih z dodanimi 40 in 80 g/L rastnega substrata.

Izračun SAR razmerja vodnih ekstrakcij rastnih substratov z največ dodanega zeolita Z8 (80 g/L rastnega substrata), vzorčeno pred sajenjem, je 2,46. Po podatkih univerze iz Nove Mehike (Irrigation..., 2009) izračunano razmerje nakazuje, da »slanost« vode v rastnih

substratih ni presežena, je pa blizu vrednosti 3,0 ki pa že lahko pomeni določene težave pri gojenju rastlin. Zgornja meja SAR vrednosti vode, ki še omogoča gojenje rastlin je po njihovih podatkih 9,0.

Iz rezultatov lahko sklepamo, da je sušen 300 mikronski zeolitni tuf primerna surovina za dodatek šotnim rastnim substratom in da dodatek 40 g zeolita/L osnovnega šotnega rastnega substrata že pozitivno vpliva na rast rastlin. Pri tem je potrebno upoštevati, da so začetne premajhne vrednosti pH osnovnega substrata ($\text{pH} = 4,7$) negativno vplivale na rast testnih rastlin. Kolarjeva (2013) je prišla do ugotovitev, da je za gojenje pelargonij najprimernejši rastni substrat z dodanimi 40 g mikronskega zeolita/L rastnega substrata in rastni substrat z dodanimi 50 g granuliranega zeolita/L rastnega substrata. Za natančnejšo določitev optimalne količine dodanega zeolita, bi bilo potrebno opraviti dodatna testiranja glede dostopnosti rastlinskih hranil po osnovnem (založnem) gnojenju rastnega substrata.

Iz rezultatov lahko sklepamo, da je vpliv dodanega zeolita na dinamiko vezave in sproščanja rastlinskih hranil v rastnih substratih, kompleksen.

Vsebnosti rastlinskih hranil (elementov) v vzorcih delov rastlin se pri določenih rastlinskih hranilih razlikujejo. Do razlik prihaja pri vsebnosti magnezija v koreninah, vsebnosti kalcija v listih, vsebnosti kalija v listih in plodovih ter do vsebnosti fosforja v listih. Vzroke za te razlike v vrednostih ne moremo z gotovostjo pripisati vplivu dodanega zeolita. Do teh razlik lahko prihaja zaradi zamika v rasti rastlin, dozorevanja plodov in nasplošno, različni »kondiciji« rastlin na kar opozarjajo tudi Reuter in sod. (1997) ter Jones (2001).

Osnovni rastni substrat, ki smo ga uporabili v tem poskusu, ima že v osnovi primerne fizikalne in kemijske lastnosti (ob predpostavki, da se ustrezno uravna vrednost pH) za uporabo v vrtnarski praksi in je lahko konkurenčen komercialnemu rastnemu substratu Neuhaus-N8, ki smo ga uporabili za kontrolo. Ob ustrezni količini dodanega zeolita osnovnemu substratu, se fizikalne in kemijske lastnosti še dodatno izboljšajo.

Glede na rezultate meritev vsebnosti dostopnih rastlinskih hranil, v vodnih ekstrakcijah rastnih substratov pred sajenjem z dne 15. 5. 2004 nas najbolj zanima dinamika vezave in sproščanja rastlinskih hranil zaradi prenosorazmerno večjih vrednosti za natrij, kalcij, manezij in nitrat ter obratnosorazmerno manjših vrednosti za kalij, glede na količino dodanega zeolita. Glede na meritve vsebnosti fosforja v listih rastlin ob koncu poskusa, ki so bile najmanjše v rastnih substratih z največ dodanega zeolita (Z8 in Z4) in največje v rastnih substratih brez dodanega zeolita (O), nas najbolj zanima kakšna je bila vsebnost dostopnega fosforja v rastnih substratih na začetku pred sajenjem. Predvsem nas zanima ali količina dodanega zeolita vpliva na povečanje ali na zmanjšanje vsebnosti fosforja v vodnih ekstrakcijah rastnega substrata.

5.2 SKLEPI

Dodatek zeolita povečuje volumsko gostoto osnovnega rastnega substrata in zmanjšuje njegovo poroznost.

Sposobnost zadrževanja lahko dostopne vode se rastnim substratom z največ dodanega zeolita poveča v primerjavi z rastnimi substrati brez dodanega zeolita za 40 mL/L vlažnega substrata. Zeolit, dodan osnovnemu rastnemu substratu, povečuje njegovo pH vrednost. Pri rastnih substratih z največ dodanega zeolita (Z8), so vrednosti pH v primerjavi z osnovnim rastnim substratom brez dodanega zeolita (O) v povprečju večje za 0,4 enote.

Zeolit, dodan rastnim substratom v večjih količinah (40 in 80 g/L rastnega substrata) vpliva na povečanje njihove elektroprevodnosti. Vrednosti elektroprevodnosti teh rastnih substratov so večje za 0,6 mS/cm, izmerjeno v vodnih ekstrakcijah rastnih substratov pred sajenjem.

Dodatek 80 g zeolita/L rastnega substrata vpliva na vsebnost rastlinskih hranil v vodni ekstrakciji substrata pred sajenjem. V primerjavi z rastnim substratom brez dodanega zeolita (O) so vsebnosti kalija manjše za 80 mg/L. Večje so vsebnosti magnezija za 20 mg/L, kalcija za 70 mg/L, nitrata za 600 mg/L in natrija za 90 mg/L. Pri vseh kasnejših meritvah vodnih ekstrakcij rastnih substratov med in po poskusu so vplivi zeolita na vsebnost rastlinskih hranil neizraziti.

Vse rastline, ki so rastle v substratnih mešanicah, ki smo jih pripravili za ta poskus v podjetju Humko d.o.o., so bile ob koncu poskusa višje kot rastline iz kontrolnega rastnega substrata (N). Pridelek paprik je bil največji pri rastnih substratih (Z8) z največ dodanega zeolita (80 g/L rastnega substrata).

6 POVZETEK

Pri sestavljanju rastnih substratov za potrebe v vrtnarski praksi, se srečujemo z različnimi problemi. Predvsem gre za zagotavljanje kakovostnih rastnih substratov po ugodni ceni. Proizvajalci iščejo na eni strani nove surovine, ki bi lahko nadomestile šoto kot osnovno surovino za rastne substrate in na drugi strani iščejo nove dodatke tem osnovnim surovinam, ki bi izboljšale fizikalne in kemijske lastnosti rastnih substratov.

V zastavljeni nalogi smo se osredotočili na proučevanje zeolitnega tufa iz Zaloške Gorice (Slovenija), kot možnega dodatka rastnim substratnim mešanici. V poskusu smo uporabili sušen, 300 mikronski, zeolitni tuf. Zanimal nas je vpliv dodanih različnih količin zeolita na fizikalne in kemijske lastnosti osnovnega šotnega rastnega substrata. Proučevali smo tudi vpliv zeolita na rast in razvoj testnih rastlin paprike ter vsebnost rastlinskih hranil v posameznih delih rastlin ob koncu poskusa. Zanimal nas je tudi morebiten negativen vpliv zeolitnega tufa. Do negativnih vplivov bi lahko prišlo zaradi kemijske sestave zeolita. S tem mislimo na naravno prisotnost določenih elementov (preglednica 5) v zeolitu, ki bi ob dodanih večjih količinah, lahko negativno vplivali na kemijske lastnosti rastnega substrata. Ker zeolit deluje tudi kot molekularno sito in ima visoko kationsko izmenjalno kapaciteto, smo bili pozorni tudi na morebiten ponor določenih rastlinskih hranil, kar se lahko pokaže kot nižja vsebnost tega elementa v vodnih ekstrakcijah rastnih substratov ali kot nižja vsebnost tega elementa v vzorcih delov rastlin ob koncu poskusa.

V nalogi smo določali fizikalne in kemijske lastnosti rastnih substratov. Fizikalne lastnosti smo določali z predlagano referenčno metodo (Gabriëls in Verdonck, 1991). Vrednost pH rastnih substratov in elektroprevodnost rastnih substratov smo določali na dva načina in sicer z merjenjem s sondo, direktno v rastnih substratih in z merjenjem v vodnih ekstrakcijah (1:2) rastnih substratov. Dostopna rastlinska hranila smo določali v vodnih ekstrakcijah rastnih substratov. Vsebnosti rastlinskih hranil – elementov, v delih rastlin po končanem poskusu, smo določali iz pepelov rastlinskih vzorcev.

Za primerjavo in kontrolo smo uporabili kakovosten, splošno uveljavljen vrtnarski rastni substrat, z dodatkom gline, Neuhaus N8. Ta rastni substrat se je izkazal kot »dober« in je bil ustrazne kakovosti. Pri lastnih substratnih mešanicah je v največji meri na slabšo začetno rast testnih rastlin vplivala prenizka vrednost pH, ki je povzročila slabšo začetno rast testnih rastlin in je bila vzrok za zastoj v razvoju rastlin. Po dodajanju apnene moke se je vrednost pH rastnim substratom dvignila za eno enoto. Po tej korekciji, so bile vrednosti pH primerne za gojenje paprike, kar se je pokazalo tudi na izboljšani rasti testnih rastlin.

Iz rezultatov in opazovanj smo ugotovili, da dodatek zeolita rastnim substratom, vpliva na več različnih lastnosti rastnega substrata. Do vplivov prihaja le pri dodanih večjih količinah zeolita in sicer 40 in 80 g/L litrov rastnega substrata: prišlo je do zvišanja relativne gostote rastnega substrata, zmanjšanja poroznosti in zmanjšanja vsebnosti zraka (AV), zvišanja količine lahko dostopne vode (WV) pri tenziji 10 cm vodnega stolpca, dviga vrednosti pH in dviga elektroprevodnosti. Večje dodane količine zeolita so vplivale na količino rastlinskih hranil – elementov v vodnih ekstrakcijah rastnih substratov pred sajenjem paprike in sicer na višje vsebnosti nitrata, kalcija, magnezija in natrija ter na nižje vsebnosti kalija, v primerjavi z osnovnim rastnim substratom brez dodanega zeolita. Rezultati so pokazali tudi nižje vsebnosti fosforja v listih paprike ob koncu poskusa pri rastnem substratu z dodanimi 40 in 80 g zeolita/L substrata.

7 VIRI

- Aendekerk T. G. L., Cevat H., Dolmans N., van Elderen C., Kipp J.A., de Kreij C., Sonneveld C., Verhagen J. B. G. M., Wever G. 2000. International substrate manual. Naaldwijk, Boomteelt Praktijkonderzoek: 94 str.
- Bodman K., Sharman Dr. K.V. 1993. Container media management. Queensland of Primary Industries.Cleveland 4163. PO Box 327: 40 str.
- Bos E.J.F., Keijzer R.A.W., van Schie W.L., Verhagen J.B.G.M., Zevenhoven M.A. 2003. Potting soil and substrates. Foundation RHP. Naaldwijk, Boomteelt Praktijkonderzoek: 114 str.
- Brückner U. 1997. Physical properties of different potting media and substrate mixtures - especially air-and water capacity. *Acta Horticulturae*, 450: 263-270
- Cavins T. J., Whipker B. E., Fonteno W. C., Gibson J. L. 2001. Greenhouse substrate testing. V: Plant Root Zone Management., Whipker B. E., Dole J. M., Gibson J. L., Fonteno W. C., Nelson P. V., Pitchay D. S., Bailey D. A. (ur.). North Carolina, NC State University: 31-36
- Cattivello C. 1991. Physical parameters in commercial substrates and their relationships. *Acta Horticulturae*, 294: 183-195
- Cattivello C. 1995. Use of Substrates with Zeolites for Seedling Vegetables and Pot Plant Production. *Acta Horticulturae*, 401: 251-257
- Černe M. 1988. Plodovke. Ljubljana, ČPZ Kmečki glas:126 str.
- Čufer T., 2004a. Lastnosti najbolje prodajanega rastnega substrata Neuhaus N8 (osebni vir, april 2004)
- Čufer T., 2004b. Meritve elektroprevodnosti rastnih substratov s sondo v vrednostih AM (osebni vir, junij 2004)
- Držaj B. 1990. Bentoniti na Slovenskem. Kemijski inštitut Boris Kidrič Ljubljana. Inštitut Jožef Stefan Ljubljana. Ljubljana: 140 str.
- Gabriëls R., Van Keirsbulck, W. Verdonck, O. 1991. Reference method for physical and chemical characterization of growing media: an international comparative study. *Acta Horticulturae*, 294: 147-160
- Gabriëls R., Verdonck O. 1991. Physical and chemical characterization of plant substrates: towards a european standardization. Horticultural substrate and their analysis. *Acta Horticulturae*, 294: 249-259
- Gabriëls R. 1995. Standardization of growing media analysis and evaluation: CEN/ISO/ISHS. *Acta Horticulturae*, 401: 555-557
- Gomboc S. 1999. Škodljivci paradižnika, paprika in jajčevca. *Sodobno kmetijstvo*, 32, 5:248-251

- Gruundon N. J., A. D. Robson, M. J. Lambert, K. Snowball. 1997. Nutrient deficiency and toxicity symptoms. V: Plant analysis – an interpretation manual. 2nd ed. Reuter D. J., Robinson J. B. (ur.). Collingwood, ASPAC: 37-52
https://books.google.si/books?hl=sl&lr=&id=MhG9BAAAQBAJ&oi=fnd&pg=PP1&dq=plant+sampling+for+plant+nutrient+analysis&ots=l-62uSBucJ&sig=qlcN-J0TJ0n72rAgIturVMxWYgM&redir_esc=y#v=onepage&q=plant%20sampling%20for%20plant%20nutrient%20analysis&f=false (november, 2009)
- Irrigation Water Analysis and Interpretation. New Mexico State University.
http://aces.nmsu.edu/pubs/_w/W102/welcome.html (maj, 2009)
- Jones J. B. Jr. 2001. Laboratory guide for conducting soil tests and plant analysis. NW. U.S., CRC Press: 363 str.
https://books.google.si/books?hl=sl&lr=&id=6QW4rf_0ZCUC&oi=fnd&pg=PP1&dq=plant+sampling+for+plant+nutrient+analysis&ots=gY2NmMQjWd&sig=5nKhyyRwJoD254oyxdwkHIOhpyY&redir_esc=y#v=onepage&q=plant%20sampling%20for%20plant%20nutrient%20analysis&f=false (november, 2009)
- Kolar M. 2013. Vpliv velikosti in količine zeolitnih delcev na zadrževanje vode v rastnih substratih. Dokt. Disertacija. Univ. v Ljubljani, Biotehniška fakulteta: 119 str.
- Leštan D. 2003. Ekopedologija - delovno gradivo. Ljubljana, BF, Oddelek za agronomijo: 267 str.
- Maček J. 1986. Posebna fitopatologija. Patologija vrtnin. Ljubljana, VTOZD za agronomijo: 233 str.
- Mihelič R., Čop j., Jakše M., Štampar F., Majer D., Tojnko S., Vršič S. 2010: Smernice za strokovno in utemeljeno gnojenje. Ljubljana, MKGP: 177 str
- Mumpton F. A. 1999: La roca magica: Uses of natural zeolites in agriculture and industry. Proceedings Natland Academic Science USA, 96:3463-3470
- Nelson P. V., Pitchay D. S., Gibson J. L., Whipker B. E. 2001. Nutrient disorders. V: Plant Root Zone Management., Whipker B. E., Dole J. M., Cavins T. J., Gibson J. L., Fonteno W. C., Nelson P. V., Pitchay D. S., Bailey D. A. (ur.). North Carolina, NC State University: 24-25
- Polat E., Karaca M., Demir H., Onus N. 2004: Use of natural zeolite (clinoptilolite) in agriculture. Journal Fruit Ornamental Plant Research 12, 183-189
- Raviv M., Lieth H. J. 2008. Soilless culture Theory and Practice. ZDA, Elsevier: 571 str.
- Reinikainen O. 2003. Peat as growing medium in the horticulture. The world of horticulture, 43, 4:26-27
- Reuter D. J., Robinson J. B., Peverill K. I., Price G. H., Lambert M. J. 1997. Guidelines for collecting, handling and analysing plant material. V: Plant analysis – an interpretation manual. 2nd ed. Reuter D. J., Robinson J. B. (ur.). Collingwood, ASPAC: 53-70
https://books.google.si/books?hl=sl&lr=&id=MhG9BAAAQBAJ&oi=fnd&pg=PP1&dq=plant+sampling+for+plant+nutrient+analysis&ots=l-62uSBucJ&sig=qlcN-J0TJ0n72rAgIturVMxWYgM&redir_esc=y#v=onepage&q=plant%20sampling%20for%20plant%20nutrient%20analysis&f=false (november, 2009)

- Stamatakis M., Koukoulzas N., Vassilatos Ch., Samantouros K. 2001. The Zeolites from Evros Region, Northern Greece: Potential Use as Cultivation Substrate in Hydroponics. *Acta Horticulturae*, 548: 93-10
- Vidic I. 1999. Pridelovanje paprike. *Sodobno kmetijstvo*, 32, 5: 232-234
- Wever G. 1991. Guide values for physical properties of peat substrates. Horticultural substrate and their analysis. *Acta Horticulturae*, 294: 41-47
- Whipker B. E. 2001. pH and EC Basics. V: *Plant Root Zone Management.*, Whipker B. E., Dole J. M., Cavins T. J., Gibson J. L., Fonteno W. C., Nelson P. V., Pitchay D. S., Bailey D. A. (ur.). North Carolina, NC State University: 4-5
- Whipker B. E., Gibson J. L., Cavins J. T. 2001. Sampling for lab testing. V: *Plant Root Zone Management.*, Whipker B. E., Dole J. M., Cavins T. J., Gibson J. L., Fonteno W. C., Nelson P. V., Pitchay D. S., Bailey D. A. (ur.). North Carolina, NC State University: 26-30
- Whipker B. E., Nelson P. 2001. Selecting a fertilizer. V: *Plant Root Zone Management.*, Whipker B. E., Dole J. M., Cavins T. J., Gibson J. L., Fonteno W. C., Nelson P. V., Pitchay D. S., Bailey D. A. (ur.). North Carolina, NC State University: 22-23
- Žibrat D. 2004. Kemijska sestava in izmenjalna kapaciteta zeolitov iz Zaloških Goric (osebni vir, april 2004)

ZAHVALA

Iz srca bi se rad zahvalil Vsem, ki ste kakorkoli zaslužni za to, da se je ta "čudež" lahko zgodil.

HVALA !

Brez Vas mi "nebi" uspelo!

Priloga A

Izračuni statistično značilnih razlik med obravnavanji po metodi analize variance (ANOVA) in LSD testa mnogoterih primerjav.

- Volumska gostota (g s.s./mL)

Analiza variance - ANOVA

Source	Sum of Squares	Df	Mean Square	F-Ratio	P-Value
Between groups	0,131854	5	0,0263709	35,21	0,0000
Within groups	0,00898767	12	0,000748972		
Total (Corr.)	0,140842	17			

Test mnogoterih primerjav LSD (95%)

Obravnavanje	Count	Mean	Homogene skupine
O	3	0,15747	a
N	3	0,16518	b
Z1	3	0,16866	b
Z2	3	0,16958	bc
Z4	3	0,17426	c
Z8	3	0,18547	d

- Poroznost (mL por/100 mL v.v.)

Analiza variance - ANOVA

Source	Sum of Squares	Df	Mean Square	F-Ratio	P-Value
Between groups	20,6194	5	4,12388	11,92	0,0003
Within groups	4,15156	12	0,345963		
Total (Corr.)	24,771	17			

Test mnogoterih primerjav - LSD (95%)

Obravnavanje	Count	Mean	Homogene skupine
Z8	3	88,5302	a
N	3	89,9032	b
Z4	3	90,1561	b
Z2	3	90,7199	b
Z1	3	90,8567	b
O	3	92,0628	c

- Vrednost pH 28.6.2004, merjeno s sondo neposredno v rastnem substratu

Analiza variance - ANOVA

Source	Sum of Squares	Df	Mean Square	F-Ratio	P-Value
Between groups	8,34775	5	1,66955	86,09	0,0000
Within groups	0,46544	24	0,0193933		
Total (Corr.)	8,81319	29			

Test mnogoterih primerjav LSD (95%)

Obravnavanje	Count	Mean	Homogene skupine
Z1	5	4,576	a
O	5	4,71	ab
Z2	5	4,776	b
Z4	5	4,786	b
Z8	5	5,13	c
N	5	6,138	d

- Vrednost pH - 15.6.2004, merjeno v vodnih ekstrahiranih rastnih substratih

Analiza variance - ANOVA

Source	Sum of Squares	Df	Mean Square	F-Ratio	P-Value
Between groups	2,79118	5	0,558236	73,67	0,0000
Within groups	0,0909333	12	0,00757778		
Total (Corr.)	2,88211	17			

Test mnogoterih primerjav - LSD (95%)

Obravnavanje	Count	Mean	Homogeneous Groups
O	3	4,37667	a
Z1	3	4,39667	ab
Z2	3	4,53667	bc
Z4	3	4,55667	c
Z8	3	4,76	d
N	3	5,52667	e

- Višina rastlin (cm) – 27.8.2004

Analiza variance - ANOVA

Source	Sum of Squares	Df	Mean Square	F-Ratio	P-Value
Between groups	894,567	5	178,913	6,36	0,0007
Within groups	674,8	24	28,1167		
Total (Corr.)	1569,37	29			

Test mnogoterih primerjav LSD (95%)

Obravnavanje	Count	Mean	Homogene skupine
N	5	56,8	a
Z1	5	64,8	b
Z2	5	65,6	b
O	5	66,6	b
Z4	5	70,0	b _c
Z8	5	74,8	c

- Masa zelenih delov ob koncu poskusa (g)

Analiza variance - ANOVA

Source	Sum of Squares	Df	Mean Square	F-Ratio	P-Value
Between groups	142648,	5	28529,6	8,47	0,0001
Within groups	80867,2	24	3369,47		
Total (Corr.)	223515,	29			

Test mnogoterih primerjav LSD (95%)

Obravnavanje	Count	Mean	Homogene skupine
N	5	273,0	a
O	5	420,6	b
Z4	5	444,0	b
Z1	5	451,0	b
Z8	5	461,0	b
Z2	5	481,0	b

- Masa plodov ob koncu poskusa (g)

Analiza variance - ANOVA

Source	Sum of Squares	Df	Mean Square	F-Ratio	P-Value
Between groups	527524,	5	105505,	2,44	0,0638
Within groups	1,0392E6	24	43300,0		
Total (Corr.)	1,56672E6	29			

Test mnogoterih primerjav LSD (95%)

Obravnavanje	Count	Mean	Homogene skupine
Z2	5	420,0	a
Z4	5	498,0	ab
Z1	5	500,0	ab
O	5	634,0	abc
N	5	693,0	bc
Z8	5	808,0	c

- Elektroprevodnost EC (mS/cm), merjeno v vodnih ekstrahiranih rastnih substratih pred sajenjem - 15.6.2004

Analiza variance - ANOVA

Source	Sum of Squares	Df	Mean Square	F-Ratio	P-Value
Between groups	2,47753	5	0,495506	28,51	0,0000
Within groups	0,208597	12	0,0173831		
Total (Corr.)	2,68612	17			

Test mnogoterih primerjav LSD (95%)

Obravnavanje	Count	Mean	Homogene skupine
N	3	0,77	a
Z1	3	1,03867	b
O	3	1,06967	b
Z2	3	1,12333	b
Z8	3	1,672	c
Z4	3	1,81933	c

- Vsebnost rastlinam dostopnega nitrata (mg/L) v vodnih ekstrakcijah rastnega substrata pred sajenjem – 15.6.2004

Analiza variance - ANOVA

Source	Sum of Squares	Df	Mean Square	F-Ratio	P-Value
Between groups	1,39676E6	5	279352,	12,36	0,0002
Within groups	271210,	12	22600,8		
Total (Corr.)	1,66797E6	17			

Test mnogoterih primerjav LSD (95%)

Obravnavanje	Count	Mean	Homogene skupine
N	3	211,667	a
O	3	344,667	ab
Z1	3	491,333	b
Z2	3	510,667	b
Z8	3	939,333	c
Z4	3	944,667	c

- Vsebnost rastlinam dostopnega kalija (mg/L) v vodnih ekstrakcijah rastnega substrata pred sajenjem – 15.6.2004

Analiza variance - ANOVA

Source	Sum of Squares	Df	Mean Square	F-Ratio	P-Value
Between groups	17451,3	5	3490,26	11,16	0,0004
Within groups	3752,95	12	312,746		
Total (Corr.)	21204,2	17			

Test mnogoterih primerjav LSD (95%)

Obravnavanje	Count	Mean	Homogeneous Groups
Z8	3	30,1667	a
N	3	52,4667	a
Z2	3	62,0	b
Z4	3	67,6333	b
Z1	3	108,567	c
O	3	119,333	c

- Vsebnost rastlinam dostopnega kalcija (mg/L) v vodnih ekstrakcijah rastnega substrata pred sajenjem – 15.6.2004

Analiza variance - ANOVA

Source	Sum of Squares	Df	Mean Square	F-Ratio	P-Value
Between groups	17793,0	5	3558,61	8,56	0,0012
Within groups	4987,61	12	415,634		
Total (Corr.)	22780,6	17			

Test mnogoterih primerjav LSD (95%)

Obravnavanje	Count	Mean	Homogene skupine
N	3	62,0333	a
O	3	83,5667	a
Z1	3	85,7333	a
Z2	3	87,8333	a
Z4	3	133,3	b
Z8	3	152,567	b

- Vsebnost rastlinam dostopnega magnezija (mg/L) v vodnih ekstrakcijah rastnega substrata pred sajenjem – 15.6.2004

Analiza variance - ANOVA

Source	Sum of Squares	Df	Mean Square	F-Ratio	P-Value
Between groups	2377,75	5	475,549	3,43	0,0372
Within groups	1662,8	12	138,567		
Total (Corr.)	4040,54	17			

Test mnogoterih primerjav LSD (95%)

Obravnavanje	Count	Mean	Homogene skupine
N	3	12,8333	a
Z1	3	25,6667	ab
O	3	26,5667	ab
Z2	3	31,2333	abc
Z8	3	42,8333	bc
Z4	3	47,5667	c

- Vsebnost rastlinam dostopnega natrija (mg/L) v vodnih ekstrakcijah rastnega substrata pred sajenjem – 15.6.2004

Analiza variance - ANOVA

Source	Sum of Squares	Df	Mean Square	F-Ratio	P-Value
Between groups	30801,2	5	6160,23	15,87	0,0001
Within groups	4658,18	12	388,181		
Total (Corr.)	35459,3	17			

Test mnogoterih primerjav LSD (95%)

Obravnavanje	Count	Mean	Homogene skupine
N	3	13,18	a
Z1	3	26,8133	ab
O	3	46,5133	ab
Z2	3	57,0667	b
Z4	3	105,0	c
Z8	3	129,367	c

- Vsebnost fosforja (mg/g s.s.) v listih rastlin ob koncu poskusa

Analiza variance - ANOVA

Source	Sum of Squares	Df	Mean Square	F-Ratio	P-Value
Between groups	32,1764	5	6,43529	10,87	0,0000
Within groups	14,209	24	0,592042		
Total (Corr.)	46,3854	29			

Test mnogoterih primerjav LSD (95%)

Obravnavanje	Count	Mean	Homogene skupine
Z8	5	3,88	a
Z4	5	4,255	a
Z2	5	5,69	b
Z1	5	6,2	b
O	5	6,27	b
N	5	6,57	b

Priloga B

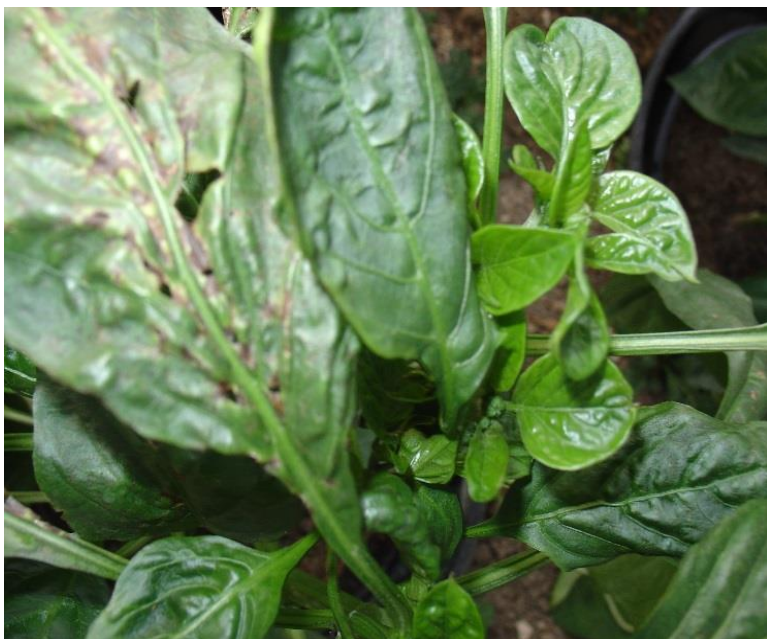
Primerjava habitusa testnih rastlin ob koncu poskusa.



Slika - levo: Testna rastlina (rastni substrat Z8) pred vzorčenjem, (2004). Slika - desno: Testna rastlina (rastni substrat N) pred vzorčenjem, (2004).

Priloga C

Simptomi pomanjkanja magnezija na listih paprike.



Simptomi pomanjkanja magnezija na listih paprike, (2004).

Priloga D

Simptomi pomanjkanja kalcija na listih in plodovih paprike.



Slika - levo: Simptomi pomanjkanja kalcija na listih paprike, (2004). Slika - desno: Simptomi pomanjkanja kalcija na plodu paprike, (2004).

Priloga E

Skica poskusa

Shema naključno razporejenih loncev na sadilni mizi z pripadajočimi številkami.

Z1-30	N-29	O-28
Z8-27	Z2-26	Z1-25
N-24	Z4-23	O-22
Z4-21	O-20	Z1-19
Z8-18	N-17	Z2-16
Z2-15	Z1-14	Z8-13
Z1-12	Z4-11	O-10
Z8-9	Z2-8	N-7
Z4-6	Z2-5	Z8-4
N-3	Z4-2	O-1