

UNIVERZA V LJUBLJANI
BIOTEHNIŠKA FAKULTETA
ODDELEK ZA GOZDARSTVO IN
OBNOVLJIVE GOZDNE VIRE

Franja REDENŠEK

**VPLIV DIGESTATA IZ BIOPLINSKE NAPRAVE ZA
PREDELAVO OSTANKOV HRANE NA KALIVOST IN
RAST IZBRANIH TESTNIH RASTLIN**

DIPLOMSKO DELO

Visokošolski strokovni študij

Ljubljana, 2016

UNIVERZA V LJUBLJANI
BIOTEHNIŠKA FAKULTETA
ODDELEK ZA GOZDARSTVO IN
OBNOVLJIVE GOZDNE VIRE

Franja REDENŠEK

**VPLIV DIGESTATA IZ BIOPLINSKE NAPRAVE ZA PREDELAVO
OSTANKOV HRANE NA KALIVOST IN RAST IZBRANIH TESTNIH
RASTLIN**

DIPLOMSKO DELO
Visokošolski strokovni študij

**THE INFLUENCE OF THE DIGESTATE FROM A FOOD
COMPOSTING BIOGAS PLANT ON THE GERMINATION AND
GROWTH OF SELECTED TEST PLANTS**

GRADUATION THESIS
Higher professional studies

Ljubljana, 2016

Diplomsko delo je zaključek visokošolskega strokovnega študija Gozdarstvo in gospodarjenje z gozdnimi, na Oddelku za gozdarstvo in obnovljive gozdne vire Biotehniške fakultete v Ljubljani. Poskus in laboratorijsko delo sta bila izvedena na Katedri za aplikativno botaniko, ekologijo, fiziologijo rastlin in informatiko Oddelka za agronomijo Biotehniške fakultete v Ljubljani ter na Katedri za pedologijo in varstvo okolja Oddelka za agronomijo Biotehniške fakultete v Ljubljani.

Za mentorja je bil imenovan dr. Boris Turk.
Za somentorja je bil imenovan mag. Marko Zupan.
Za recenzenta je bil imenovan dr. Rok Mihelič.

Komisija za oceno in zagovor:

Predsednik:

Član:

Član:

Datum zagovora:

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

Franja REDENŠEK

KLJUČNA DOKUMENTACIJSKA INFORMACIJA

- ŠD Dv1
DK GDK 232.318(043.2)=163.6
KG digestat čistilne naprave/bioplanarna/kalilni test/rastni test/kemijska analiza tal
AV REDENŠEK, Franja
SA TURK, Boris (mentor) / ZUPAN, Marko (somentor)
KZ SI-1000, Ljubljana, Večna pot 83
ZA Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za gozdarstvo in obnovljive gozdne vire
LI 2016
IN VPLIV DIGESTATA IZ BIOPLINSKE NAPRAVE ZA PREDELAVO OSTANKOV HRANE NA KALIVOST IN RAST IZBRANIH TESTNIH RASTLIN
TD Diplomsko delo (Visokošolski strokovni študij)
OP IX, 37 str., 4 pregl., 17 sl., 15 pril., 19 vir.
IJ sl
JI sl/en
AI Vsakodnevno se srečujemo z odpadki, katere lahko s procesom recikliranja in predelave ponovno uporabimo. Eden izmed takih načinov je predelava biološko razgradljivih odpadkov, ki lahko poteka v bioplanarnah. Končni proizvod predelave sta bioplin, ki se lahko uporablja za ogrevanje ter digestat, ki je uporaben kot gnojilo. V našem poskusu so bili uporabljeni vzorci digestata iz podjetja KOTO, ki so bili pridelani iz ostankov hrane. Pri raziskavi so nas zanimali vpliv digestata na kalitev semen in rast rastlin ter vsebnost makro in mikro elementov v rastlinah. Opazovali smo odstotek kalitve semen štirih vrst rastlin trpežne ljujke (*Lolium prene* L. 'CALIBRA'), ječmena (*Hordeum vulgare* L.), vrtno krešo (*Lepidium sativum* L. 'Cressida') in gorčice (*Sinapis alba* L.), ki so kalile v petrijevkah na papirju prepojenim s 100%, 50%, 25%, 12,5% in 0% izvlečkom digestata. Spremljali smo tudi hitrost rasti korenin kalic in poganjkov. Pri kalitvenem testu smo potrdili vpliv različnih koncentracij izvlečka digestata na kalitev semen. Pri največji koncentraciji je bil opažen negativen vpliv na kalivost in na rast korenin. Za spremljanje dinamike rasti in intenzivnosti obarvanosti s klorofilom pri različnih deležih digestata v osnovnem rastnem substratu (30% in 15% dodatek digestata ter kontrola) smo uporabili lončni poskus s koruzo (*Zea mays*), v trajanju petih tednov. Ob koncu poskusa smo analizirali vsebnost mikro in makro elementov v podzemnih in nadzemnih delih koruze ter v substratih, v katerih je koruza rasla. Ugotovljena je bila slabša rast pri največjem deležu digestata v substratu, kar pripisujemo najmanjšim koncentracijam nitratov v tem substratu. Vsebnost makro in mikro elementov v nadzemnih in podzemnih delih koruze je pokazala močno korelacijo z deležem dodanega digestata.

KEY WORDS DOCUMENTATION

- DN Dv1
DC GDK 232.318(043.2)=163.6
CX biogas plant digestate/germination test/plant growth test/chemical soil analysis
AU REDENŠEK, Franja
AA TURK, Boris (supervisor) / ZUPAN, Marko (co-supervisor)
PP SI-1000, Ljubljana, Večna pot 83
PB University of Ljubljana, Biotechnical Faculty, Department of Forestry and Renewable Forest Resources
- PY 2016
TI THE INFLUENCE OF THE DIGESTATE FROM A FOOD COMPOSTING BIOGAS PLANT ON THE GERMINATION AND GROWTH OF SELECTED TEST PLANTS
- DT Graduation Thesis (Higher professional studies)
NO IX, 37 p., 4 tab., 17 fig., 15 ann., 19 ref.
LA sl
AL sl/en
AB On everyday basis we are faced with different types of waste, which can be reused by recycling and processing. One of such methods is the processing of biodegradable waste in biogas plants. The final products of this process are biogas which can be used for heating and digestate, which is useful as a fertilizer. In our experiment, samples of digestate produced from food waste, provided by the Company KOTO, were used. We were interested in the effect of the digestate on seed germination, plant growth, and the content of macro and micro elements in the plants. We measured the percentage of germination in seeds of four different plant species (perennial rye-grass (*Lolium preenne* L. 'CALIBRA'), barley (*Hordeum vulgare* L.), garden cress (*Lepidium sativum* L. 'Cressida') and white mustard (*Sinapis alba* L.)), germinating in Petri dishes on paper soaked in 100%, 50%, 25%, 12,5% and 0% digestate extract. We also monitored the growth speed of sprout roots and shoots. The germination test confirmed the influence of different digestate extract concentration on seed germination. The highest extract concentration showed a negative effect on germination and root growth. To monitor the growth dynamics and the intensity of the leaf chlorophyll coloration intensity at different amounts of added digestate (30% and 15% of added digestate to base substrate and a control), we performed a five week pot experiment with maze (*Zea mays*). At the end of the experiment we analyzed the content of macro an micro elements in underground and over ground parts of maze plants and the substrates in which they grew. Poorer plant growth was observed in the substrate with the highest amount of added digestate, which we attribute to the lowest concentration of nitrates in these substrates. The content of macro and micro elements in the underground and over ground parts of maze showed strong correlation with the amount of added digestate.

KAZALO VSEBINE

Ključna dokumentacijska informacija	III
Key Words Documentation	IV
Kazalo vsebine	V
Kazalo preglednic	VII
Kazalo slik	VIII
Kazalo prilog	IX
1 UVOD	1
1.1 Namen dela	1
1.2 Delovne hipoteze	2
2 PREGLED OBJAV	3
2.1 Bioplinske naprave in digestati	3
2.2 Biotesti z rastlinami	4
2.3 TESTNE RASTLINE	5
2.3.1 Koruza (<i>Zea mays</i> L.)	5
2.3.2 Trpežna ljujka (<i>Lolium perenne</i> L.)	6
2.3.3 Navadni ječmen (<i>Hordeum vulgare</i> L.)	6
2.3.4 Vrtna kreša (<i>Lepidium sativum</i> L.)	6
2.3.5 Gorčica, gorjušica (<i>Sinapis alba</i> L.)	7
2.4 Rastlinska hranila	7
2.4.1 Dušik	8
2.4.2 Fosfor	8
2.4.3 Kalij	8
2.4.4 Kalcij	8
2.4.5 Magnezij	8
2.4.6 Železo	9
2.4.7 Cink	9
2.4.8 Baker	9
3 MATERIAL IN METODE	10
3.1 Material	10
3.1.1 Digestat	10

3.1.2	Osnovni talni substrat	10
3.1.3	Koruza	10
3.1.4	Rastline za kalilni test	10
3.2	Metode	11
3.2.1	Kalilno-rastni test	11
3.2.2	Analitske metode	13
3.3	Obdelava podatkov	15
4	REZULTATI	16
4.1	Kemijske analize digestata in tal iz poskusnih kombinacij	16
4.2	Analize koruze	19
4.2.1	Parametri rasti koruze	19
4.2.2	Kemijska analiza nadzemnih in podzemnih delov koruze	23
4.3	Rezultati kalilno-rastnega testa	26
4.3.1	Kalitev	26
4.3.2	Dinamika kalitve semen in suha biomasa nakaljenih semen	28
5	RAZPRAVA IN SKLEPI	31
5.1	Razprava	31
5.1.1	Vsebnost kemijskih elementov tal	31
5.1.2	Spremljanje rasti koruze	32
5.1.3	Vsebnost kemijskih elementov v nadzemnih in podzemnih delov koruze	33
5.1.4	Kalilno - rastni test	33
5.2	Sklepi	34
6	POVZETEK	35
7	VIRI	36
	ZAHVALA	
	PRILOGE	

KAZALO PREGLEDNIC

	str.
Preglednica 1: Kemijski analitski podatki digestata in tal iz poskusnih kombinacij	16
Preglednica 2: Povprečna vrednost vsebnosti nitrata po tednih	19
Preglednica 3: Povprečne vrednosti vsebnosti klorofila, števila listov in višine rastlin po tednih	19
Preglednica 4: Povprečna vsebnost nitrata v soku rastline	21

KAZALO SLIK

	str.
Slika 1: Testne rastline v petrijevkah v različnih odstotkih digestata	12
Slika 2: Skernirane testne rastline : A – navadni ječmen, B – vrtna kreša, C – trpežna ljujka, D – gorčica	13
Slika 3: Sežiganje vzorcev na gorilniku in vzorci na peščeni kopeli	15
Slika 4: Kemijski analitski podatki digestata in tal iz poskusnih kombinacij	17
Slika 5: Kemijski analitski podatki digestata in tal iz poskusnih kombinacij	18
Slika 6: Povprečne vrednosti parametrov po tednih	20
Slika 7: Povprečna vsebnost nitrata v soku rastline	22
Slika 8: Kemijski analitski podatki nadzemnih in podzemnih delov koruze	23
Slika 9: Kemijski analitski podatki nadzemnih in podzemnih delov koruze	24
Slika 10: Vrednosti parametrov pri trpežni ljujki (<i>Lolium preenne</i> L. 'CALIBRA')	26
Slika 11: Vrednosti parametrov pri navadnem ječmenu (<i>Hordeum vulgare</i> L.)	27
Slika 12: Vrednosti parametrov pri gorčici (<i>Sinapis alba</i> L.)	27
Slika 13: Vrednosti parametrov pri vrtni kreši (<i>Lepidium sativum</i> L. 'Cressida')	28
Slika 14: Dinamika kalitve semen in suga biomasa pri trpežni ljujki (<i>Lolium preenne</i> L. 'CALIBRA')	28
Slika 15: Dinamika kalitve semen in suha biomasa pri navadnem ječmenu (<i>Hordeum vulgare</i> L.)	29
Slika 16: Dinamika kalitve semen in suha biomasa pri vrtni kreši (<i>Lepidium sativum</i> L. 'Cressida')	29
Slika 17: Dinamika kalitve rastlin in suha biomasa pri gorčici (<i>Sinapis alba</i> L.)	30

KAZALO PRILOG

	str.
Priloga A 1: Sveža biomasa listov in korenin koruze	39
Priloga A 2: Suha biomasa listov in korenin koruze	40
Priloga B 1: Kemijski analitski podatki nadzemnih in podzemnih delov koruze	41
Priloga C 1: Število kalic pri trpežni ljuljki pod dnevih (<i>Lolium preenne</i> L. 'CALIBRA')	42
Priloga C 2: Povprečno število kalic pri trpežni ljuljki pod dnevih (<i>Lolium preenne</i> L. 'CALIBRA')	43
Priloga C 3: Število kalic pri navadnem ječmenu po dnevih (<i>Hordeum vulgare</i> L.)	43
Priloga C 4: Povprečno število kalic pri navadnem ječmenu po dnevih (<i>Hordeum vulgare</i> L.)	43
Priloga C 5: Število kalic pri gorčici po dnevih (<i>Sinapis alba</i> L.)	44
Priloga C 6: Povprečno število kalic pri gorčici po dnevih (<i>Sinapis alba</i> L.)	44
Priloga C 7: Število kalic pri vrtni kreši po dnevih (<i>Lepidium sativum</i> L. 'Cressida')	45
Priloga C 8: Povprečno število kalic pri vrtni kreši po dnevih (<i>Lepidium sativum</i> L. 'Cressida')	45
Priloga D 1: Dolžina korenin (Dlž. kor.) in dolžina poganjka (Dlž. pog.) navadne ljuljke (<i>Lolium preenne</i> L. 'CALIBRA') po treh dnevih od začetka kalitve.	46
Priloga D 2: Dolžina korenin (Dlž. kor.) in dolžina poganjka (Dlž. pog.) navadnega ječmena (<i>Hordeum vulgare</i> L.) po treh dnevih od začetka kalitve.	48
Priloga D 3: Dolžina korenin (Dlž. kor.) bele gorjušice (<i>Sinapis alba</i> L.) po treh dnevih od začetka kalitve	50
Priloga D 4: Dolžina korenin (Dlž. kor.) vrtno kreše (<i>Lepidium sativum</i> L.) po treh dnevih od začetka kalitve.	52

1 UVOD

Odpadki so posledica našega življenja in vsakodnevnih aktivnosti ter nastajajo v vsakem našem domu. Z večjim izkoriščanjem naravnih virov, pa je tudi količina odpadkov v porastu. Zaradi tega se je v zadnjih letih uvedlo ločevanje odpadkov in njihovo recikliranje ter s tem cenejše odstranjevanje odpadkov in njihova ponovna uporaba. Nekatere odpadke pa lahko celo uporabimo celo kot vir energije.

V Sloveniji je leta 2010 začela veljati uredba o ravnanju z biološko razgradljivimi kuhinjskimi odpadki in zelenim vrtnim odpadom. Biološki odpadki so iz naravnih materialov in jih lahko obdelamo ter jih vrnemo v naravo. Posledica te uredbe je obvezno ločeno zbiranje biološko razgradljivih odpadkov, kuhinjskih odpadkov iz gospodinjstev in gostinstva. V letu 2010 je bilo pred uvedbo uredbe zbranih 58.000 ton biološko razgradljivih odpadkov, po uveljavitvi uredbe v letu 2011 pa je bilo zbranih že 78.000 ton (Uredba o predelavi ..., 2013).

Nekatere odpadke lahko recikliramo, iz njih pridobivamo energijo, iz nekaterih pa pridobivamo surovino za pridelavo komposta ali digestata. V ta namen so nastale bioplinarne, v katerih iz odpadnih biološko razgradljivih odpadkov nastane bioplin in digestat. Ker digestatno blato vsebuje veliko hranilnih snovi za rastline, saj je iz različnih virov organskih odpadkov, je primerljivo z ostalimi gnojili, vendar je v primerjavi z njimi cenejše. Zaradi teh lastnosti ga je smiselno uporabljati pri gnojenju rastlin in kot dodatek za izboljšanje kakovosti tal in da zmanjšamo uporabo umetnih gnojil.

Digestat nastaja iz različnih surovin, zato ima različno vsebnost hranljivih in škodljivih elementov, ki lahko različno vplivajo na rast rastlin in kakovost tal. Ugotovljeno je, da ima lahko celo negativen vpliv na rast rastlin in zato smo se odločili, da v diplomski nalogi preverimo vpliv digestata na rast in kalivost rastlin. Uporabljen je bil vzorec digestata iz podjetja KOTO. Vsak digestat, ki ga bioplinarna proizvede, mora imeti ustrezno deklaracijo in izpolnjene zahteve (primerna kemična sestava in mejne vrednosti elementov), da je uporaben v kmetijstvu.

1.1 NAMEN DELA

Namen diplomskega dela je ugotoviti, kako vplivajo različne koncentracije izvlečka digestata na kalivost semen testnih rastlin ter rast korenin kalic le teh. Prav tako želimo ovrednotiti enomesečno rast koruze v talnem substratu z različnim dodatkom digestata ter določiti vsebnost mikro in makro elementov (C, N, P, K, Ca, Mg, Na, Fe, Cu, Ni, Zn) v talnih substratih in nadzemnem delu koruze.

1.2 DELOVNE HIPOTEZE

Predvidevamo, da digestat negativno vpliva na kalitev semen izbranih testnih rastlin.

Digestat negativno vpliva na rast korenin kalic.

Predvidevamo, da dodatek digestata talnemu substratu ne izboljša rasti koruze.

Vsebnost makro in mikroelementov v nadzemnih delih koruze je odvisna od količine digestata dodanega talnemu substratu.

2 PREGLED OBJAV

2.1 BIOPLINSKE NAPRAVE IN DIGESTATI

Bioplin je obnovljivi vir energije, ki nastane kot zmes plinov pri anaerobni razgradnji v bioplinskih napravah. Anaerobna razgradnja je biološki proces pri katerem bakterije razgradijo organske snovi brez prisotnosti kisika.

Kot vhodni substrat se uporabljajo različni biološko razgradljivi odpadki kot so rastlinski odpadki pri izkoriščanju gozdov, odpadki iz vrtnarstva ter kmetijstva (ostanki pridelkov, namensko gojene (energetske) rastline, organski odpadki živalskega izvora (odpadna živalska tkiva), živalski iztrebki (gnoj in gnojevka), biorazgradljivi kuhinjski odpadki, ostanki prehranske industrije, gostinstva, odpadki ter blato in mulj iz čistilnih naprav odpadnih voda, papir, karton. Tako bioplinske naprave pripomorejo k zmanjšanju količine odpadkov in stroškov za njihovo odstranitev, hkrati pa z njimi posredno preko bioplina pridobivamo energijo.

Bioplin vsebuje 60-65% metana, 30-35% ogljikovega dioksida in manjše količine drugih plinov. Bioplin se navadno uporablja za proizvodnjo električne energije in toplote, lahko pa se prečisti in dovajamo v plinovod ali ga uporabljamo kot gorivo za vozila. Poleg bioplina nastaja tudi tekoč ali poltekoč material digestat, ostanek po procesu anaerobne razgradnje, ki se uporablja kot gnojilo.

Digestat je organski material, bogat z makro in mikro hranili in je zato v primerjavi z živalskih gnojem učinkovitejši. Je tudi bolj homogen in skoraj brez vonja (zmanjšanje sestavin, ki povzročajo neprijetne vonjave). Prav tako je koristen, ker ga kot presnovljen substrat recikliramo nazaj v zemljo. V zvezi z njegovo uporabo pa moramo upoštevati zakonodajo o biološko razgradljivih odpadkih (Al Seadi in sod., 2010). V Sloveniji imamo Uredbo o predelavi biološko razgradljivih odpadkov in uporabi komposta ali digestata (Uredba o predelavi ..., 2013), ki predpisuje pogoje za uporabo digestata.

Proizvodnja bioplina je bila prvič dokumentirana leta 1895 v Veliki Britaniji (Metcalf in Eddy, 1979)

Po svetu deluje več tisoč bioplinarn, njihovo število pa se je zadnja leta vztrajno povečevalo. Tako najdemo od majhnih in preprostih bioplinarn v državah v razvoju, ki proizvajajo bioplin za osvetljevanje in kuhanje, do velikih in visokotehnoloških bioplinarn v razvitih državah.

Pričetke proizvodnje bioplina v Sloveniji zasledimo konec 80. let 20. stoletja na prašičji farmi v Ihanu in napravi za čiščenje odpadnih vod. V letu 2007 so delovale naslednje bioplinske naprave: bioplinarna Motvarjevci (Panvita d.d.), bioplinarna v Ihanu, v Rakičanu (Panvita d.d.), v Letušu (kmetija Ferle) in v Križevcih pri Ljutomeru (kmetija Kolar).

Vzporedno s pridobivanjem bioplina iz kmetijskih odpadkov pa se je začelo tudi pridobivanje bioplina na komunalnih napravah. Tako je v letu 2008 to potekalo na čistilnih

napravah v Kranju, v Domžalah – Kamniku, na Ptuju, v Škofji Loki, Velenju in na Jesenicah.

Predelava kuhinjskih odpadkov in odpadki iz restavracij ter ločeno zbranih organskih odpadkov iz gospodinjstev poteka v podjetjih Papirnica (Količevo), KOTO (Ljubljana), Bioferm (Pivka – Neverke), Biotera (Črnomelj), Matevž Čokl s.p. (Ljubljana) (Al Seadi in sod., 2010).

V diplomski nalogi smo uporabili digestat iz podjetja KOTO v Ljubljani, kateri je bil pridelan iz ostankov hrane. V podjetju se ukvarjajo z zbiranjem, predelavo in trgovanjem z živalskimi stranskimi proizvodi (kože), s proizvodnjo in trženjem živalske maščobe, rastlinskih olj in mešanice maščob primerne za prehrano živali ter z mesno moko. Prav tako predelujejo biološke odpadke (organski kuhinjski odpadki, odpadki iz živilskih trgov, odpadki iz lovilcev olj in maščob, ter naprav za flotacijo), ukvarjajo se z recikliranjem industrijskih in komunalnih odpadkov (prevzemajo dehidrirano blato, ostanke na grabljah in sitih, kot tudi odpadke iz peskolovov ter lovilcev maščob). Iz biološko razgradljivih odpadkov (odpadki iz gospodinjstev, organski kuhinjski odpadki, živila s pretečenim rokom, flotate, v manjšem delu gnojevka in olja ter maščobe iz lovilcev olj), proizvajajo bioplin ter kupujejo in predelujejo odpadna jedilna olja ter maščobe. Bioplin proizvajajo za lastne potrebe (električna energija, toplota).

2.2 BIOTESTI Z RASTLINAMI

Kalivost semen in rast rastlin so najpogostejše tehnike za ugotavljanje primernosti digestata za uporabo v kmetijstvu. Ta metoda se uporablja za določanje prisotnosti herbicidov in drugih kemičnih ostankov v tleh ter prisotnost težkih kovin in, če so te koncentracije dovolj velike, da bi lahko negativno vplivale na kalitev poljščin, njihovo rast in pridelek. S tem lahko zmanjšamo ali odpravimo strupenost pred pridelavo poljščin.

Biotesti so preprosti, poceni, natančni in neposredni načini določanja. Uporablja se jih za ugotavljanje, če je varno za gojenje poljščin na zemljišču, ki je bilo predhodno obdelano, ali na obdelana zemljišča z neznano zgodovino uporabe herbicida (Alberta Agriculture ..., 2016).

Natančnost testa je odvisna od tehnike vzorčenja in globine ter površine vzorca tal. Za boljši rezultat se vzorci zbirajo en mesec preden je čas za sejanje. Vzorce vzamemo na območjih, kjer sumimo, da tla vsebujejo ostanke herbicida in tudi tam, kjer mislimo, da jih ni. Vzorce med sabo ločimo. Vzorec vzamemo od zgornje površine tal (0-8cm), saj je večina ostankov herbicidov vezana na zgornji del tal. Če gre za obdelano površino z določeno površino, pa je vzorec potrebno vzeti na globini predelave (10-15cm). Vzorce je treba hraniti v hladnem prostoru, če je zemlja vlažna, pa jo je treba posušiti in nato zdrobiti grudice.

Za bioteste se uporabljajo takšne rastlinske vrste, ki so občutljive na določen herbicid v tleh. Vzamemo tri do štiri lonce (10-15 cm visoke) za vsak vzorec tal. Lonci ne smejo vsebovati drenažnih lukenj na dnu zaradi izpiranja. V vsakega posadimo 10 do 15 semen,

katere zalijemo, nato jih damo v komoro na konstantno temperaturo 18° C ter osvetlimo za 16 ur na dan. Rastline morajo rasti vsaj tri tedne, zalivati jih moramo po potrebi ter jih redno opazovati. Spremljamo kakšna je rast rastlin, če se je pojavil kakšen zastoj rasti, porumenelost ali razbarvanost listov in stebela, pojav nenormalne rasti listov in stebela ter zastoj rasti korenin (Rashid, 2001).

Za teste pa se semena lahko posadijo tudi v petrijevke, ki vsebujejo zemljo, v kateri je dodan digestat v različnih koncentracijah z destilirano vodo ter v kontrolne petrijevke v kateri je samo zemlja. Izbrani morata biti najmanj dve vrsti in od tega mora biti najmanj ena vrsta iz vrst enokaličnic in ena iz vrst dvokaličnic.

2.3 TESTNE RASTLINE

2.3.1 Koruza (*Zea mays* L.)

Koruzo uvrščamo v družino trav in je po svetu, v Evropi ter pri nas ena najpomembnejših kulturnih rastlin. Največ jo pridelajo v ZDA in na Kitajskem, polovico manj v Braziliji, sledi pa še Indija, Mehika, Nigerija, Argentina, Ukrajina, Tanzanija in Indonezija. V Evropi prevladuje Romunija, Francija in Madžarska in po nekaj 10.000 hektarov v Italiji, na Poljskem, v Nemčiji, Španiji, Bolgariji in na Hrvaškem. Pri nas jo pridelujemo od 17. stoletja.

Koruzo zraste od 0,5 do 4 metre in ima steblo sestavljeno iz členov ter medčlenkov in je znotraj izpolnjeno s strženom. Ima šopast koreninski sistem, če je suša pa razvije še nadzemne korenine. Listi so suličasti, njeni cvetovi pa so združeni v socvetja. Na vrhu je moško socvetje, v osrednjem delu pa eno do tri ženska socvetja, ki se po oploditvi oblikujejo v storže. Ko ženski cvetovi cvetijo, se vratovi plodnic pri vsakem cvetu podaljšajo in pogledajo iz ovršnih listov na vrhu storža, to nas spominja na laske. Na rastlini se lahko oblikujejo eden do trije storži in ti imajo gobasto notranjost. Zunanost pa je sestavljena iz zrn, ki so razporejeni v vrste. Dozoreli storži so oviti z ovršnimi listi.

Pri koruzi so se s časoma razvile različne zvrsti: zobanka, polzobanka, trdinka, poltrdinka, sladkorka, pokovka. Imajo različni videz in različno biokemično sestavo zrnja. Pri nas so prvi hibridi, križanci nastali leta 1973. Ker je v Sloveniji manjša rodnost domačih hibridov, se predelovalci koruze pri nas navdušujejo nad ponudbo tujih žlahtniteljskih hiš, ki jih tržijo domači zastopniki. Koruzo ogroža škodljivec koruzni hrošč, ki obžira liste in uničuje koreninski sistem. Na najbolj naraven način lahko proti koruznemu hrošču ukrepamo tako, da večletno kolobarimo.

Koruzo se uporablja za industrijsko predelavo, posamezne surovine so pomembne za proizvodnjo tekstila, papirja, plastičnih mas in sirupa. Iz stebel in storžev dobimo celulozo za papir. Posušeni koruzni laski so najbolj zdravilen del koruze in se uporabljajo za čaj.

Zobanka (*Zea mays* L. convar. *dentiformis*) je najbolj razširjena in prevladujoča vrsta, saj ima velik pridelek zrnja in zelinja za silažo in se tako uporablja za živalsko krmo.

Zrnje trdinke (*Zea mays* L. convar. *vulgaris*) je najboljše za mletje v koruzni zdrob in moko, katero uporabljamo v prehrani za peko kruha. Iz koruznega zdroba dobimo polento, iz zdroba pa delajo tudi kosmiče. Iz koruznih kalčkov se stiska tudi olje, ki je sestavni del majonez, krem, namazov, farmacevtskih in kozmetičnih izdelkov.

Iz zvrst pokovka (*Zea mays* L. convar. *microsperma*) se izdeluje pokovka, znana pod imenom kokica.

Sladkorka (*Zea mays* L. convar. *saccharatum*) pri nas ni najbolj znana, je pa razširjena v ZDA, kjer jo konzervirajo za prehrano.

Voščenska (*Zea mays* var. *amylacea*) vsebuje škrob z veliko viskoznostjo in lepljivostjo in se uporablja za izdelavo pudingov, krem, otroške hrane, zgostitev omak in majonez.

Suhe rastline so uporabne za okras in aranžmaje (Kocjan Ačko, 2015).

2.3.2 Trpežna ljuljka (*Lolium perenne* L.)

Trpežna ljuljka spada v družino trav (Poaceae). V Sloveniji je pogosta vrsta trave, ki raste na travnikih, pašnikih, zelenicah in na ne preveč obremenjenih poteh. Je pogosto gojena vrsta, saj ima veliko krmno vrednost in se jo uporablja za pašno – košno rabo. Najbolje uspeva na rastiščih, kjer je veliko hranilnih snovi in kjer so sveža do vlažna tla ter visoka zračna vlaga. Zelo dobro prenaša košnjo in hojo, občutljiva pa je na nizke temperature (Stichmann – Marny, 2009).

2.3.3 Navadni ječmen (*Hordeum vulgare* L.)

Navadni ječmen je sončna vrsta in sodi v družino trav (Poaceae). Prijajo mu toplejše lege, južni kraji in je odporen proti pozehi, mrazu in suši. Razširjen je od nižin do montanskega pasu in mu najbolj prijajo peščena do zmerno ilovnata ter vlažna tla, slabše pa uspeva v kisljih tleh. V obdobju rasti je občutljiv na nihanje temperature in vlage, prenaša pa bolje visoke temperature kot pšenica. Suša ga lahko prizadene v začetnih razvojnih stadijih. Največje svetovne pridelovalke so Rusija, Ukrajina, Avstralija, Španija, Turčija in Kanada. Pri nas ga imamo približno 20.000 hektarov.

Največ se uporablja kot krmno žito za krmljenje prašičev in perutnine, saj izboljša kakovost mesa, ječmenova slama pa je tudi dobra za nasteljo živali v hlevski reji. V manjši meri pa se uporablja tudi za človekovo prehrano in v pivovarstvu – iz delno nekaljenega ječmenovega zrnja (slada), hmeljevih grenčic, vode in pivskih kvasovk. Iz kalčkov se pridobiva tudi olje za kozmetično in farmacevtsko industrijo (Kocjan Ačko, 2015).

2.3.4 Vrtna kreša (*Lepidium sativum* L.)

Vrtna kreša spada v družino križnic in je razširjena po vsem svetu. Ni zahtevna rastlina, saj uspeva v vseh vrtnih tleh, prija pa ji vlažno okolje. Vrtna kreša je enoletna rastlina in ima

tanko vretenasto korenino, zraste pa od 30 do 60 cm. Listi so pernato deljeni, spodnji listi so nazobčani, na vrhu stebela pa so celi. Klična lista sta globoko tridelno narezana. Kreša požene cvetove v grozdastih socvetjih, cvetovi imajo štiri svetne liste in so navadno bele barve.

Je zeliščno živilo, ki se uporablja tudi kot živilo in je bogata z vitamini A, C in K, vsebuje pa tudi karoten železo ter antioksidanta lutein in zeaksantin. Je hitrorastoča vrsta in jo lahko sejemo celo leto. Na prostem raste od zgodnje pomladi do pozne jeseni, pozimi pa jo lahko gojimo v rastlinjaki, zaprtih gredah, na okenskih policah ali v kakšnem drugem svetlem in toplem prostoru. V prehrani se uporablja največ kot solata in sveža zelenjavna priloga, iz nje pa se lahko delajo tudi namazi. Blagodejno vpliva na delovanje jeter, žolčnika in ledvic in zdravi slabokrvnost, revmo ter pomaga pri prehladih in nečisti koži. Ker kreša hitro kali, se uporablja tudi kot testna rastlina pri kalilnih poskusih (Černe, 1996).

2.3.5 Gorčica, gorjušica (*Sinapis alba* L.)

Gorčica sodi v družino križnic, katere so hitro rastoče rastline. Razširjena je na Nizozemskem, v Franciji, Danski, Nemčiji, Češki, Grčiji, Turčiji, Indiji Kanadi, ZDA in v državah severne Afrike. Je odporna proti suši in dobro uspeva na višjih nadmorskih legah. Raste tudi v naravi kot plevel na travnikih in njivah. Ima rumene cvetove, ki so združeni v grozdasta socvetja in tanke vretenaste korenine. Cveti od aprila do avgusta, seje pa se od junija do septembra.

Gorčica zmanjšuje prisotnost strun, nematod, ogorčic v tleh in se jih uporablja kot dosevek v krompirju ter drugih kulturah. Gorčica spada med oljne križnice in je pomembna za pridobivanje olja. Iz semen stiskajo olje, ki se uporablja v industriji konzerviranja rib, pri izdelovanju mila in tkanin. Pri hladnem stiskanju se dobi gorčična omaka, iz posušenih pa gorčična moka, ki se uporablja za prehrano ljudi. Prav tako se gorčična semena uporabljajo kot začimba in blagodejno vplivajo na želodec in prebavo, ampak v zmernih količinah (Kocjan Ačko, 2015).

2.4 RASTLINSKA HRANILA

Rastline potrebujejo za rast in razvoj hranila, katere dobijo iz vode in zraka, nujno potrebna hranila pa dobijo rastline tudi iz zemlje. Iz vode in zraka pridobijo kisik, ogljik in vodik, iz tal pa mineralne snovi, ki so pomembne za gradnjo molekul. Ob odsotnosti teh snovi prihaja do motenj rasti in razvoja, zato jim pravimo, da so nujno potrebna ali esencialna. Količina in vrsta posameznega elementa v hranilu je odvisna od tega, kakšno funkcijo ima v rastlini. Elemente, katere rastlina potrebuje v večjih koncentracijah imenujemo makroelemente, tiste, ki jih potrebuje v majhnih pa mikroelementi. Med makroelemente spadajo dušik, fosfor, žveplo, kalij, kalcij in magnezij. Mikroelementi pa so železo, mangan, cink, baker, nikelj, bor, klor in molibden (Vodnik, 2012).

2.4.1 Dušik

Dušik je gradnik biomolekul, aminokislin, proteinov in kot tak sodeluje pri presnovnih procesih. Zaradi tega ga rastline potrebujejo za rast in to v velikih količinah. Pri pomakanju dušika postanejo listi pri rastlinah majhni, ker se upočasni rast rastline. Barva listov postane blede zelena, nato porumenijo in odpadejo. Prevladujoča oblika dušika v tleh predstavlja nitrat, katerega mikroorganizmi v tleh spreminjajo iz organskega dušika v procesu mineralizacije. (Grčman, Zupan, 2010)

2.4.2 Fosfor

Fosfor je v rastlinah sestavni del nukleinskih kislin, energetske bogatih molekul in fosfolipidov (Vodnik, 2012). Anorganske soli (fosfati) in organske spojine predstavljajo največji delež fosforja v tleh po procesu mineralizacije. Razpoložljivost fosforja rastlinam je odvisna od kislosti tal: v nevtralnih do slabo kislih tleh je dobro dostopen, v močno kislih pa težko dostopen. Znaki pomanjkanja fosforja pri rastlinah so zastoj rasti, rastline ostanejo majhne in motnje v tvorbi semen. (Grčman, Zupan, 2010)

2.4.3 Kalij

Za rastline je kalij nujno potreben element, saj vpliva na osmotski pritisk v celicah (poveča se sprejem in zadrževanje vode), vpliva na delovanje encimov in izgradnjo celičnih sten. V tleh je največ kalija vezanega v mineralih, katerega preperevanje je glavni vir hrane za rastline. Znaki pomanjkanja kalija so opazni s časom. Rastline postanejo uvele, robovi listov pa začnejo rjaveti (Grčman, Zupan, 2010).

2.4.4 Kalcij

Kalcij ima v tleh pomembno vlogo, saj vpliva na pH vrednost tal. V rastlinah ima pomembno vlogo, saj sodeluje pri procesih osmoze, pri celični rasti in delitvi ter vzdržuje razmerje med anioni in kationi. Pomanjkanje kalcija v rastlinah je najprej vidno pri najmlajših delih rastline, ker se zaradi slabe mobilnosti ne more premeščati iz starejših delov rastline v mlajše (Vodnik, 2012).

2.4.5 Magnezij

Magnezij je za rastline pomemben, saj je sestavni del listnega zelenila. Pomanjkanje magnezija povzroča klorozo. To je rastlinska bolezen, ki se izraža na listih in značilen znak je bolj ali manj zelen vzorec žil na porumeneli podlagi (Vodnik, 2012). Tla v Sloveniji so dobro preskrbljena z magnezijem, zato se gnojenje z magnezijevimi gnojili pri nas praviloma ne uporablja.

2.4.6 Železo

Železo in njegova zadostna količina sta nujna za normalno sintezo proteinov in klorofila. Zaradi vloge pri fotosintezi ga največ najdemo v zelenih delih rastline. Železo je v rastlini slabo mobilno. Pomakanje železa povzroča močno klorozo listov in to se odraža predvsem pri mladih delih rastline (Vodnik, 2012).

2.4.7 Cink

Za rastlino je nujen element, saj sodeluje pri prepisovanju DNA, pri sintezi proteinov, je pa tudi sestavni del mnogih encimov. Cink s preperevanjem prehaja v tla, največ ga najdemo v tleh z nižjimi vrednostmi pH. Njegovo pomakanje v rastlini je opazno pri omejeni rasti v dolžino in omejeni rasti listnih ploskev (Leštan, 2002).

2.4.8 Baker

Baker je naravno prisoten v tleh, nastane s preperevanjem magmatskih kamnin. Dostopnost bakra rastlinam se zmanjšuje z višanjem pH tal. Baker je gradnik številnim encimom, sestavni del klorofila in proteinov. Previsoke vsebnosti bakra v tleh so strupene in pri rastlinah povzročajo železovo klorozo (Leštan, 2002). Pri pomanjkanju bakra v rastlinah so na zelenih listih nekrotične pege, najprej na konicah mlajših listov, od koder se širijo po robovih do baze lista (Vodnik, 2012).

3 MATERIAL IN METODE

3.1 MATERIAL

3.1.1 Digestat

Za kalitveni test smo uporabili dehidriran digestat iz podjetja KOTO. Substrat se je v digestorju zadrževal dvajset dni in se pri tem stalno mešal, da ne bi nastale usedline. Vseboval je fine delce, kar je dobro za bakterije, saj se je organska snov tako bolje razgrajevala.

Proizvodnja bioplina iz različnih vrst biološko razgradljivih odpadkov je znana tehnologija za namen izkoriščanja odpadkov za proizvodnjo energije. V termofilni bioplinski napravi se predeluje biološko razgradljive odpadke iz živilske industrije in gostinstva, kot so organski kuhinjski odpadki, živila s pretečenim rokom, flotati iz živilske industrije in maščobe iz lovilcev olj in maščob.

V praksi je uporabna separacija digestata, kjer pridobimo dehidriran digestat in tekoči ostanek (supernatant). Tovrstna obdelava omogoča lažje ravnanje z digestatom, skladiščenje, transport in raztros. Po separaciji je trdna faza bogata s fosforjem, več dušika pa ostane v tekoči fazi (Lea Lavrič, ustna informacija, februar 2015).

3.1.2 Osnovni talni substrat

Osnovni talni substrat je bila mešanica mineralnih tal, kremenčevega peska, šote in substrata za gojenje sadik. Pripravili smo ga tako, da smo zagotovili dobre osnovne pogoje za rast testne rastline; primerna raven hranil in humusa ter ustrezne fizikalne lastnosti za dober zračno vodni režim v poskusnih loncih.

3.1.3 Koruza

Uporabljena je bila koruza sorte *Zea Mays* 'LJ-275t', selekcionirana na oddelku za agronomijo Biotehniške fakultete, Univerze v Ljubljani. Je registrirana sorta, katere avtor je dr. Ludvik Rozman.

3.1.4 Rastline za kalilni test

3.1.4.1 Trpežna ljujka (*Lolium perenne* L. 'CALIBRA')

Seme trpežne ljujke je svetlo rjavo, podolgovato, dolgo 3-5 mm. Za teste smo izbrali trpežno ljujko sorte Calibra (leto proizvodnje 2010), katere kalivost je 96%.

3.1.4.2 Ječmen (*Hordeum vulgare* L.)

Zrna ječmena so podolgovato jajčaste oblike, dolga 5-6 mm. Uporabljeno zrnje je bilo pridelano na Oddelku za agronomijo Biotehniške fakultete v Ljubljani. Sorta nam ni znana. Zrnje je bilo tretirano je bilo s fungicidom.

3.1.4.3 Vrtna kreša (*Lepidium sativum* L. 'Cressida')

Seme vrtno kreše je rdeče rjavo in svetleče. Izbrali smo vrtno krešo sorte Cressida, proizvajalca Nebelung GmbH (Nemčija), pod blagovno znamko Kiepenkerl (www.nebelung.de).

3.1.4.4 Gorčica (*Sinapis alba* L.)

Semena gorčice so velika od 1,5 do 2,5mm in so blede rumene barve. Izbrali smo seme proizvajalca Semenarna Ljubljana d.d., ki ga prodaja pod blagovno znamko Valentin.

3.2 METODE

3.2.1 Kalilno-rastni test

3.2.1.1 Ekstrakcija substrata

Ekstrakcija substrata je potekala z vodo. Uporabili smo štiri plastične posode, v vsako smo dodali 60 g digestata ter 120 ml vode (razmerje 1:2). Nato smo posode postavili na stresalnik za eno uro, da se je vsebina dobro premešala in so se v vodi topne snovi iz digestata raztopile v vodi. Nato je sledilo centrifugiranje pri 4500 obratih za deset minut, da so se trdni delci oborili. Supernatant smo odlili, tekočino pa prefiltrirali z nučo in tako dobili bistri izvleček digestata.

3.2.1.2 Rastni test s koruzo

Pri rastnem testu s koruzo smo ugotavljali vpliv izbrane organske snovi, separiranega, dehidriranega digestata na rast in razvoj koruze.

Pripravili smo tri lonce. Dva smo napolnili z mešanico osnovnega substrata in dodatka digestata v odmerku 15% (v 3,5 l osnovnega substrata smo dodali 0,525 l digestata) in v odmerku 30% (dodali smo 1,050 l digestata). Tretji lonec je bil napolnjen le z osnovnim substratom in je bil namenjen kontroli. Lonce smo označili z K0, K1 in K2 (kontrola, 15% dodatka in 30% dodatka) in vsak lonec napolnili s 3 l mešanice, ostanek pa shranili v papirnato vrečko in posušili pri 40 °C v sušilniku. Vzeli smo tudi vzorce digestata in ga prav tako posušili. Posušene vzorce so čez en teden zmleli v mlinu, zmlete vzorce presejali skozi sito z okenci 2 mm ter vzorce shranili za analize tal. Lonce smo postavili na postavke

in v vsak lonec posadili tri rastline koruze, ki so bile tri tedne prej posejane v stiroporne kombi plošče v standardni substrat za sejanje. Lonce smo zalili s tako količino deonizirane vode, da smo v podstavku zbrali približno 50 ml izcedne vode, za analize.

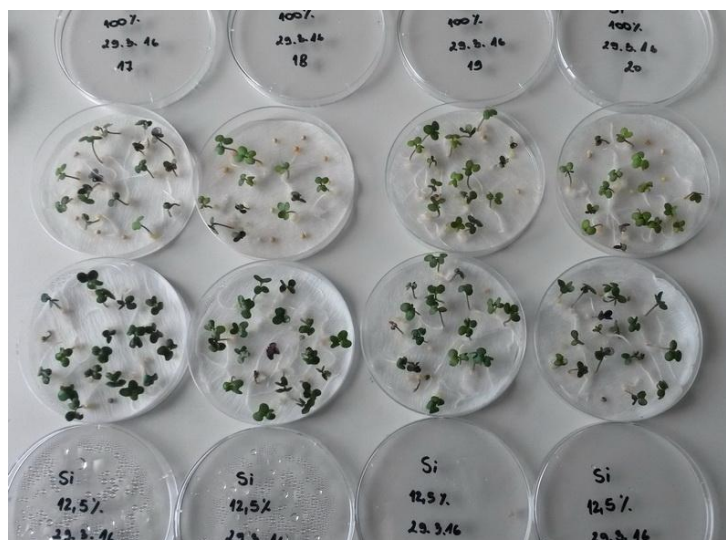
Test je trajal pet tednov in vsak teden smo izmerili višino rastlin, prešteli število listov in s klorofilmetrom (Hydro N-tester®) izmerili obarvanost listov. Vzeli smo tudi vzorec izcedne vode iz podstavka za meritve količine nitrata, pH ter elektroprevodnosti. Po petih tednih smo rastline vzeli iz lonca, ločili nadzemni in del in korenine ter stehali sveže rastline, da smo ugotovili svežo biomaso. Nadzemni del rastlin smo zrezali na koščke in jih dali v stiskalnico za česen in v epruveto iztisnili nekaj kapelj soka ter pripravili 10-kratno razredčitev. Z napravo RQflex (RQflex 10 Reflectoquant®) smo izmerili vsebnost nitrata v soku rastline. Ostanek materiala iz stiskalnice in preostali nadzemni del ter ločene korenine smo dali v papirnato vrečko ter postavili za en teden v sušilnik pri temperaturi 40 °C. Suhe vzorce smo nato stehali, da smo dobili delež suhe biomase (Turk, Zupan, 2015).

3.2.1.3 Kalilno-rastni test

Kalilno-rastni test smo izvedli s štirimi vrstami testnih rastlin v štirih ponovitvah. Iz ekstrakta digestata smo pripravili pet raztopin z 0% (kontrola), 12,5 %, 25 %, 50 % in 100 % (čisti ekstrakt) ekstrakta. V plastične petrijevke premera 9 cm smo dali plast filter papirja in nanj dodali 5 ml tekočine v različnih koncentracijah. Potem smo v vsako petrijevko dali 20 semen izbranih testnih rastlin. To smo nato postavili v prostor na 20 °C pod fluorescenčne luči, ki so bile prižgane 12 ur na dan.

3.2.1.3.1 Ugotavljanje kalivosti in dinamike kalivosti

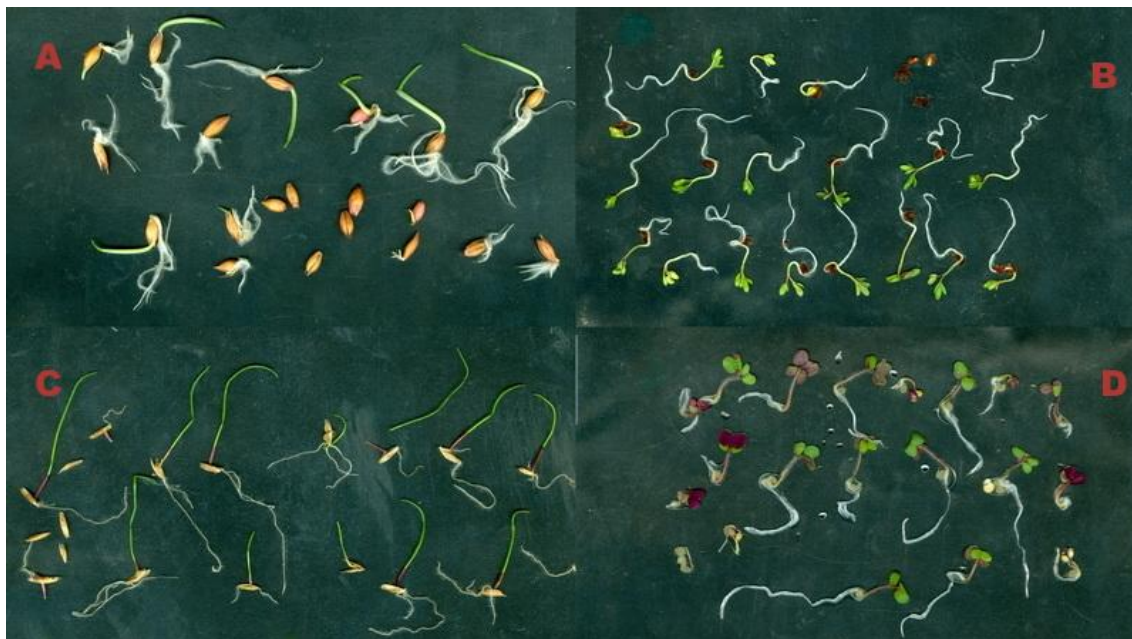
Testne rastline smo po začetku kalitve prvih semen spremljali tri dni. Vsak dan smo pregledali vsako petrijevko, prešteli vsa vzkaljena semena ter število vpisali na popisne liste.



Slika 1: Testne rastline gorčice v petrijevkah z različnimi odstotki izvlečka digestata

3.2.1.3.2 Meritve dolžine korenin in poganjkov

Vsako rastlino smo vzeli iz petrijevke jo položili na prozorno plastično folijo, pokrili s črnim papirjem in skenirali. Nato smo s programom CellSense (Olympus) izmerili dolžino korenine vsake rastline in pri travah poleg korenin še dolžino poganjkov.



Slika 2: Skenirane testne rastline : A – navadni ječmen, B – vrtna kreša, C – trpežna ljujka, D – gorčica

3.2.2 Analitske metode

3.2.2.1 Analize tal in digestata

Vzorci tal z oznakami K0, K1 in K2 v katerih je rasla koruza, smo dali v papirnate vrečke, jih označili z laboratorijsko številko in dali sušiti v sušilnik pri 40 °C. Ko so se vzorci posušili, smo jih zmleli v terilnici ter jih nato presejali skozi sito (velikost luknjic 2 mm). Vsak vzorec smo dali v svojo kartonasto škatlo ter jih zopet označili z laboratorijsko številko za nadaljnjo analizo v laboratoriju.

3.2.2.2 Meritev pH tal

Vrednosti pH smo merili tako, da smo v čašo z merilno žličko odmerili 7,5 ml zračno suhega talnega vzorca in prelili s petkratnim volumnom raztopine kalcijevega klorida (razmerje 1:5). Suspenzijo smo dali na stresalnik, da se je dobro pomešala in pustili čakati čez noč. Naslednji dan smo jo zopet premešali in počakali, da se stabilizira in odčitali pH metrom (WTW, pH 583) na dve decimalki natančno (SIST ISO 10390, 2005).

3.2.2.3 Meritev vsebnosti Corg in skupnega dušika v tleh

Za meritev vsebnosti organske snovi oziroma organskega ogljika (Corg) in skupnega dušika smo uporabili metodo elementne analize. Za to smo uporabili napravo ELEMENTAR CNS (Variomax) in postopek suhega sežiga (SIST ISO 10694, 1996; SIST ISO 13878, 1999). Pri tej metodi smo v žarilno posodico zatehtali okoli 0,3 g homogeniziranega suhega vzorca tal. Na napravi za analizo smo vnesli zatehtane količine vseh vzorcev, nato pa zagnali avtomatski postopek analiziranja. Naprava meri količine ogljika in dušika v plinasti fazi, ki nastane pri suhem sežigu vzorca pri temperaturi 900 °C.

3.2.2.4 Meritev rastlinam dostopnega fosforja in kalija v tleh

Za meritev vsebnosti rastlinam dostopnih oblik fosforja in kalija smo talne vzorce ekstrahirali z amon laktatno – raztopino (ÖNROM L 1807:1993). V filtratu smo fosfor določili spektrofotometrično (Perkin Elmer, Lambda 25), kalij pa s plamensko tehniko na atomskem absorpcijskem spektrofotometru (AA 240 FS, Varian). Podatke podajamo v mg P₂O₅/100 g tal oziroma mg K₂O/100 g tal.

3.2.2.5 Meritev vsebnosti Zn, Fe, Cu, Ni, K, Na, Ca, Mg v tleh

Za meritev vsebnosti makro in mikroelementov smo talne vzorce dodatno zmeleli v ahatni terilnici in presejali skozi sito 160 µm. Vzorce smo natehtali (vsakega okrog 3g) v posebne tube ter vsakemu dodali 7mL HCl in 2 mL HNO₃ in dali v mikrovalovko CEM (MARS Xpress) za pol ure do eno uro (SIST ISO 11466, 1996). Po končanem razkroju smo tekoče vzorce razredčili na 25 mL in izmerili vsebnost makro in mikroelementov s plamensko atomsko absorpcijsko spektroskopijo na aparatu AA 240 FS Varian (SIST ISO 11047, 1999).

3.2.2.6 Meritev vsebnosti Zn, Fe, Cu, Ni, K, Na, Ca, Mg v koreninah in nadzemnih delih koruze

Za meritev vsebnosti makro in mikroelementov smo morali korenine in nadzemne dele koruze najprej zmleti v mlinu za rastlinske vzorce RETCH ZM100, kateri so bili predhodno posušeni pri 40°C. Nato smo natehtali 18 vzorcev iz rastlin (vsakega okrog 0,300g) ter vsakemu dodali 4ml HNO₃ in dali vzorce v mikrovalovko CEM (MARS Xpress) za pol ure do eno uro. Vsebnost mikro in makroelementov smo merili s plamensko atomsko absorpcijsko spektroskopijo na aparatu AA 240 FS Varian.

3.2.2.7 Meritev vsebnosti fosforja v rastlinah

Na tehtnici smo zatehtali 1g vsakega vzorca in jih dali v žarilne posodice. Te vzorce smo postavili na gorilnik v digestorij ter jih sežgali, da so poogleneli (Slika 3). Vse vzorce smo nato čez noč dali v žarilno peč in tako dobili pepel. Naslednji dan smo vsakemu vzorcu

dodali 2 ml deionizirane vode in prenesli vse skupaj v bučke ter jim dodali 3 ml HCl v razmerju 1:1. Vzorce smo nato postavili v peščeno kopel na izparevanje. Ko smo jih vzeli iz peščene kopeli, smo jih prelili s 5ml HNO₃ (razmerje 1:1) in nato zopet dali za nekaj časa na peščeno kopel (Slika 3). V nadaljevanju smo vsebino vzorcev prenesli v bučke in jih razredčili s 50 ml deionizirane vode. Potem smo vzorce prefiltrirali in uporabili za določitev vsebnosti fosforja na spektrofotometru Perkin Elmer, Lambda 25.



Slika 3: Sežiganje vzorcev na gorilniku in vzorci na peščeni kopeli

3.2.2.8 Merjenje nitrata v rastlinskih vzorcih

Vrednost nitrata smo merili z reflektometrom RQflex (RQflex 10 Reflectoquant®). Pri postopku smo zahtevali 1 g rastlinskega vzorca in ga prelili z 50 ml CaCl₂ (0,01 mol) ter vzorec premešali. Ko je bila ekstrakcija končana, smo vzorec prefiltrirali in v raztopini izmerili količino nitrata. Merili smo s testnimi lističi, ki jih pomočimo v vzorec. Listič se v 60 sekundah obarva vijolično in intenzitete obarvanosti naprava, v katero listič vstavimo, izmeri vsebnost nitrata v mg/l.

3.3 OBDELAVA PODATKOV

Podatke in meritve, katere smo pridobili iz kemijskih analiz, smo vnesli in uredili v programu MS Excel 2007. Iz podatkov smo naredili preglednice ter izračunali povprečne vrednosti. Iz izbranih podatkov smo naredili grafe.

4 REZULTATI

4.1 KEMIJSKE ANALIZE DIGESTATA IN TAL IZ POSKUSNIH KOMBINACIJ

V preglednici 1 so prikazani kemijski rezultati, ki smo jih dobili pri analizi digestata in tal iz poskusnih kombinacij K0, K1, K2.

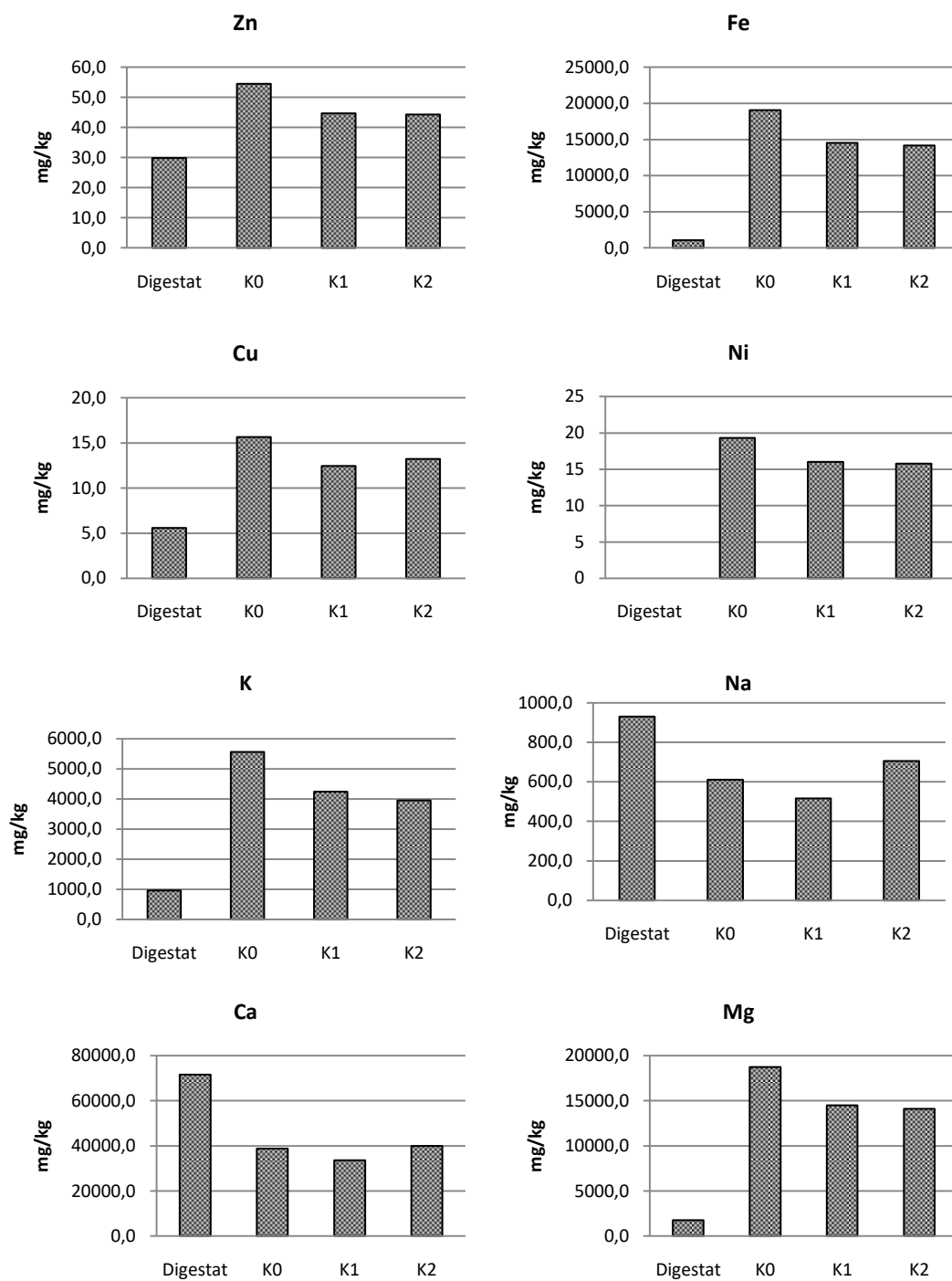
Preglednica 1: Kemijski analitski podatki digestata in tal iz poskusnih kombinacij

Parameter	Enota	Digestat	K0	K1	K2
Zn	mg/kg	29,8	54,5	44,7	44,3
Fe	mg/kg	1047,1	19080,6	14517,8	14169,3
Cu	mg/kg	5,6	15,6	12,5	13,2
Ni	mg/kg	pod mejo	19,3	16,0	15,8
K	mg/kg	959,8	5556,8	4244,7	3950,0
Na	mg/kg	930,6	610,8	515,6	705,1
Ca	mg/kg	71654,3	38771,9	33617,9	39970,8
Mg	mg/kg	1759,9	18750,9	14483,1	14108,3
P	mg/kg	12125,0	245,5	805,0	1545,0
C	%	52,2	7,0	8,0	9,0
N	%	6,9	0,2	0,2	0,3
C/N		7,6	38,7	34,6	32,1
NO ₃	mg/100g	0,3	0,1	0,0	0,0
pH			7,1	7,3	7,4

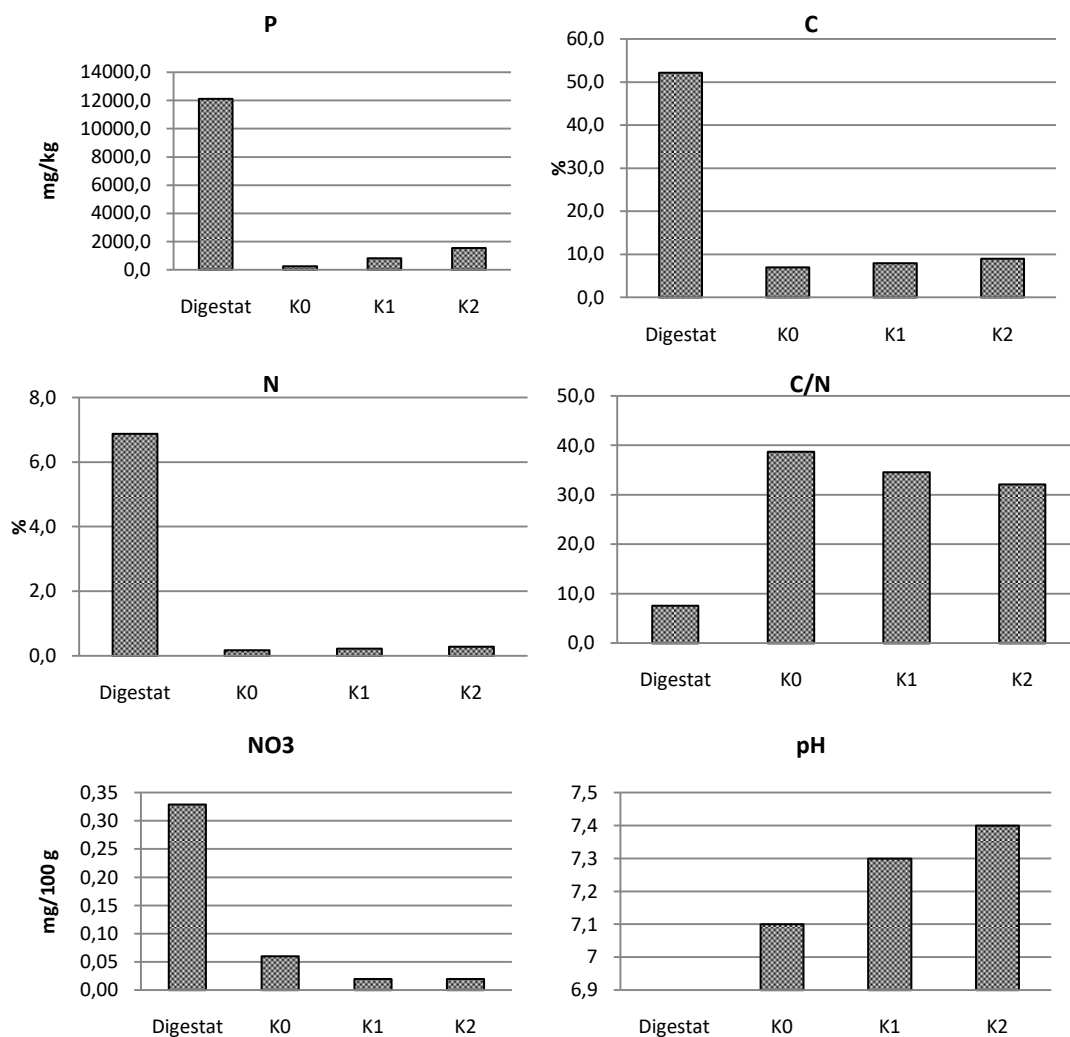
Najmanjše vrednosti železa, magnezija, cinka, bakra in kalija smo izmerili v digestatu in največjo vrednost v K0, kjer je bil samo osnovni substrat brez dodanega digestata. Največje vrednosti fosforja, ogljika, dušika, nitrata smo izmerili v digestatu in najmanj v K0. Največje vrednosti natrija in kalcija smo izmerili v digestatu in najmanj v K1.

Fosfor je eden izmed najbolj pomembnih makrohranil. Največjo vrednost smo izmerili v digestatu in je znašala 12125,0 µg/g in najmanj v K0.

Vsebnost niklja smo v digestatu izmerili vrednost pod detekcijsko mejo, največjo vrednost pa smo izmerili v K0, v osnovnem substratu in je znašala 19,3 mg/kg.



Slika 4: Kemijski analitski podatki digestata in tal iz poskusnih kombinacij



Slika 5: Kemijski analitski podatki digestata in tal iz poskusnih kombinacij

C/N razmerje je razmerje med vsebnostjo organskega ogljika in dušika v tleh. Največje C/N razmerje je bilo v poskusni kombinaciji K0, kjer je bil prisoten samo osnovni substrat in vrednost je znašala 38,7. Najmanjši delež smo izmerili v digestatu z vrednostjo 7,6.

Pri pH smo vrednosti izmerili od 7,1 do 7,4.

4.2 ANALIZE KORUZE

4.2.1 Parametri rasti koruze

Preglednica 2: Povprečna vrednost vsebnosti nitrata v izcedni vodi po tednih

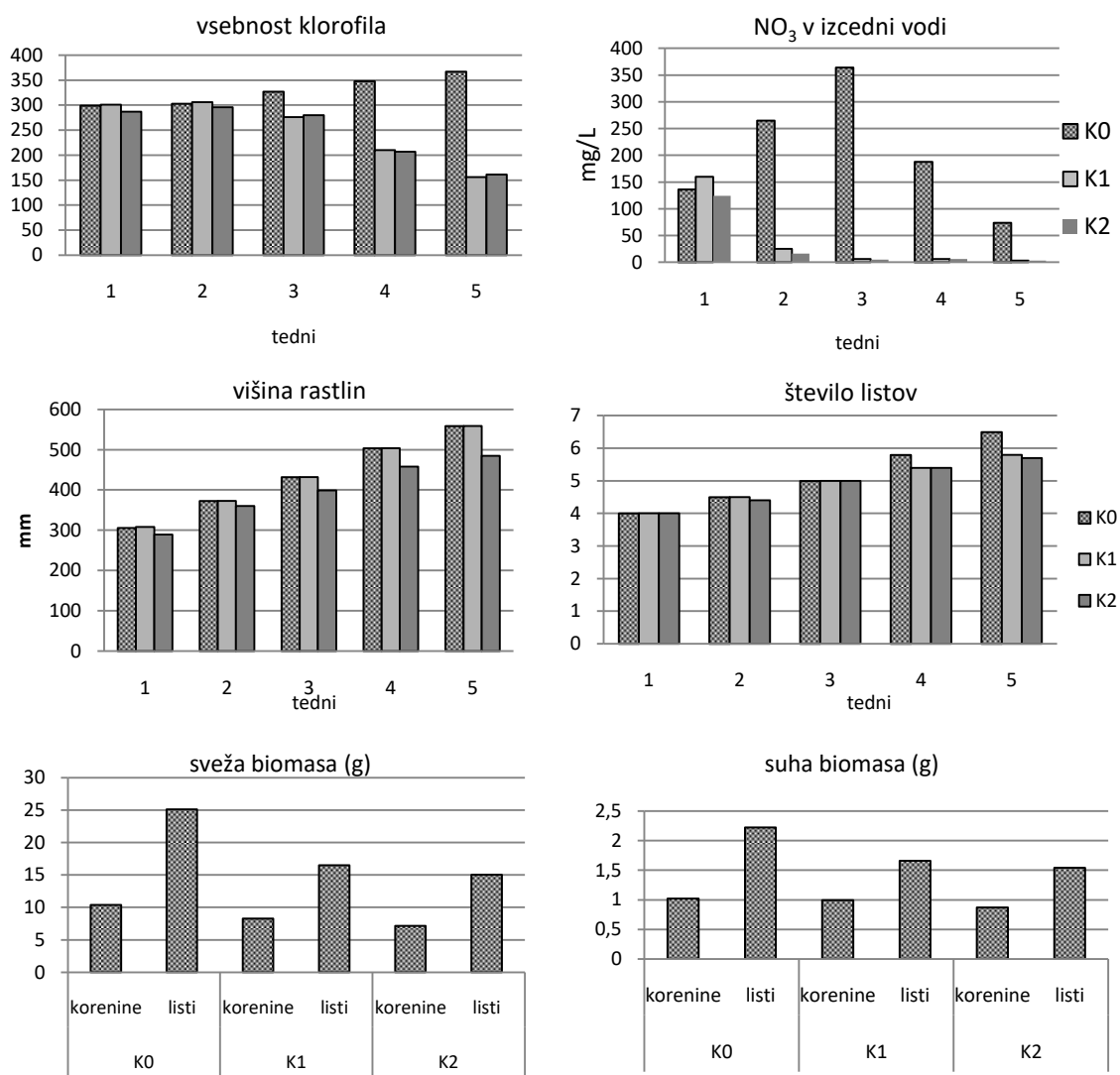
TEDEN	NITRAT V VODI [mg/l]		
	K0	K1	K2
1	136	160	124
2	265	25	16
3	364	6	5
4	188	6	6
5	74	3	3

V preglednici 2 so prikazane povprečne vrednosti nitrata v izcedni vodi iz loncev, ki smo jih zalivali z deionizirano vodo v petih tednih poskusa.

Preglednica 3: Povprečne vrednosti vsebnosti klorofila števila listov in višine rastlin po tednih

TEDEN	RASTLINE								
	Vsebnost klorofila			Število listov			Višina rastlin [mm]		
	K0	K1	K2	K0	K1	K2	K0	K1	K2
1	299	301	287	4	4	4	306	308	289
2	303	306	296	4,50	4,5	4,4	373	373	360
3	327	276	280	5	5	5	432	432	399
4	348	210	207	5,8	5,4	5,4	504	504	458
5	367	156	161	6,5	5,8	5,7	559	559	485

V preglednici 3 so prikazani rezultati povprečnih vrednosti vsebnosti klorofila, števila listov in višine rastlin koruze v tednih njene rasti. Vsebnost klorofila je podana v relativni vrednosti v obliki brezdimenzijskega indeksa in ni preračunana na mg/kg ali drugo enoto. Večja številka pomeni večjo vsebnost klorofila oziroma večjo intenzivnost zelene barve.



Slika 6: Povprečne vrednosti parametrov rastlin po tednih ter količina sveže in suhe biomase nadzemnih in podzemnih delov rastlin ob koncu poskusa

Na sliki 6 so prikazani rezultati različnih parametrov, ki so bili merjeni ali opazovani pri rastlinah koruze tekom petih tednov, oziroma enkrat na koncu poskusa.

Prvi teden smo v vseh poskusnih kombinacijah izmeril prisotnost nitrata v izcedni vodi, katere vrednosti so znašale od 136-160 mg/l. Drugi teden je bilo največ nitrata v K0, kjer je bil osnovni substrat in je bila vrednosti 265 mg/l. Vrednosti nitrata v K1 in K2 pa so že drugi teden precej padle in se v naslednjih tednih tako zmanjševale, da je bilo zadnji teden prisotnega le še 3 mg nitrata na liter.

Pri vsebnosti klorofila prvi in drugi teden ni bilo zaznati večjih razlik med rastlinami. Šele v tretjem tednu je vsebnost pri K1 in K2 začela padati. V petem tednu je bila največja vrednost v K0, kjer je bil osnovni substrat in je znašala 367 ter najmanjša vrednost v K1 z vrednostjo 156.

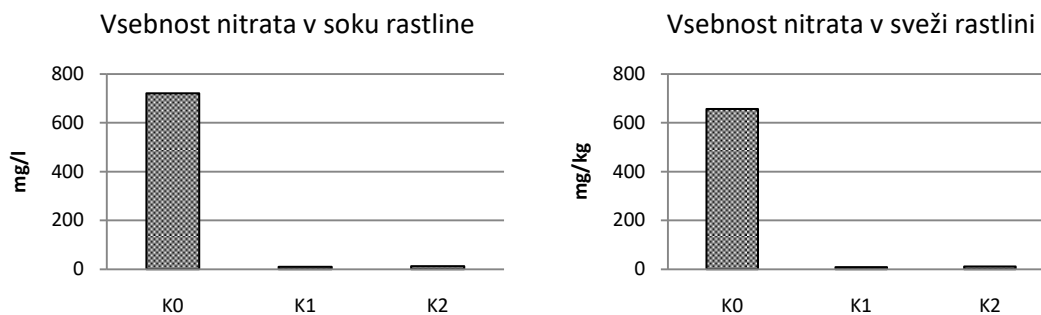
V prvem tednu, ko smo test pripravili so imele vse rastline enako število listov. V drugem in tretjem tednu ni bilo zaznati večjih sprememb, v vseh poskusnih kombinacijah je število listov naraščalo. V četrtem tednu in petem tednu pa so se začele kazati razlike med poskusnimi kombinacijami. Najhitreje se je število listov povečevalo pri K0 (5,8), pri K1 in K2 pa se je število listov v teh dveh tednih povečevalo počasneje. Ob koncu poskusa so imele v povprečju najmanj listov rastline v K2 (5,7).

Pri višini rastlin koruze lahko opazimo, da je višina vsak teden naraščala v vseh poskusnih kombinacijah, ampak v K2 počasneje, kjer je bil dodano 30% digestata, zato so bile tam najmanjše rastline.

Razlike v intenzivnosti rasti se kažejo v količini sveže in suhe biomasa korenin in listov, ki smo jo izmerili na koncu poskusa. Največje vrednosti so bile pri rastlinah v K0, najmanjše pa pri tistih v K2, ker so bile tam rastline tudi najmanjše.

Preglednica 4: Povprečna vsebnost nitrata v soku rastline ter vrednosti preračunane na mg nitrata na kg sveže rastline

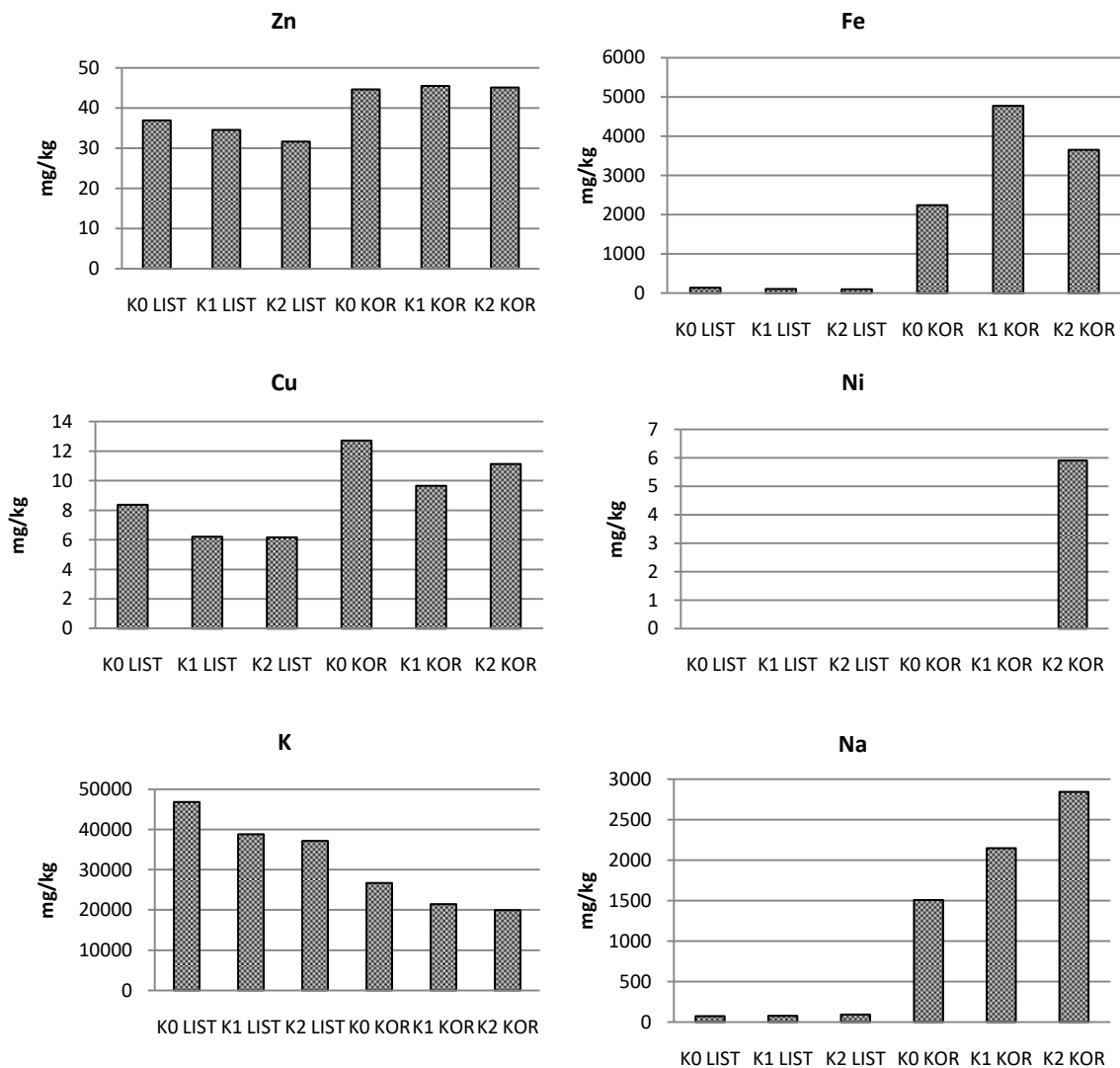
Vzorec	Vsebnost nitrata v soku rastline (mg/l)			Vsebnost nitrata v sveži rastlini (mg/kg)		
	K0	K1	K2	K0	K1	K2
1	570	10	16	521	9	14
2	159	9	12	145	8	11
3	590	6	10	540	5	9
4	693	9	13	625	8	11
5	1230	15	13	1124	14	12
6	590	9	12	534	8	11
7	1030	1	8	943	1	7
8	860	11	9	788	10	8
9	860	11	11	786	9	10
10	1250	8	9	1139	7	8
11	840	11	13	763	10	12
12	860	16	15	784	14	13
13	800	9	17	726	8	15
14	59	16	7	54	14	6
15	420	14	13	382	12	11
povprečje	721	10	12	657	9	11
sd	340	4	3	310	4	3



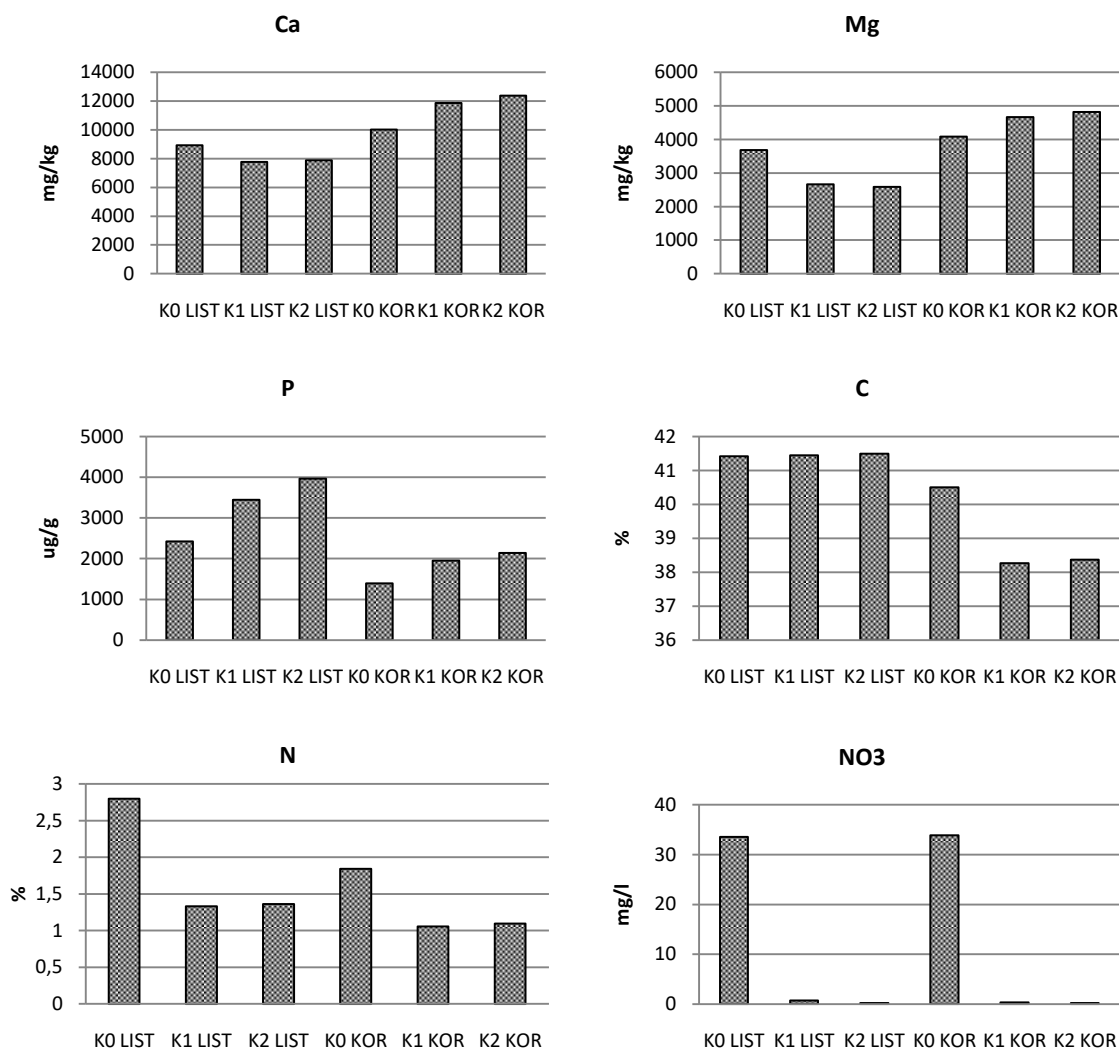
Slika 7: Povprečna vsebnost nitrata v soku rastline ter vsebnost preračunana na mg nitrata na kg sveže rastline

Slika 7 prikazuje povprečno vsebnost nitrata v soku koruze in v sveži rastlini, katerega smo izmerili z napravo RQflex. Največje vrednosti so bile izmerjene v K0, kjer je rastlina rasla samo v osnovnem substratu, pri K1 in K2 pa so bile vrednosti precej manjše.

4.2.2 Kemijska analiza nadzemnih in podzemnih delov koruze



Slika 8: Kemijski analitski podatki nadzemnih (LIST) in podzemnih (KOR) delov koruze v poskusnih kombinacijah K0, K1 in K2



Slika 9: Kemijski analitski podatki nadzemnih (LIST) in podzemnih (KOR) delov koruze v poskusnih kombinacijah K0, K1 in K2

Na slikah 8 in 9 so prikazane vsebnosti različnih elementov, ki smo jih dobili pri kemijski analizi nadzemnih in podzemnih delov koruze v treh ponovitvah.

Največje vrednosti cinka smo izmerili v koreninah in sicer povprečna vrednost v K2 je bila 45,2 mg/kg. Najmanjšo vsebnost pa smo izmerili v listih, kjer je cinka bilo največ v K0 in je postopom padel, tako da ga je bilo najmanj v poskusni kombinaciji v K2 v povprečni vrednosti 31,6 mg/kg.

Veliko višjo vsebnost železa smo izmerili v koreninah, kot v listih. Največja povprečna vrednost je bila pr koreninah v K1 in je znašala 4773,0 mg/kg in najnižja povprečna vrednost pri listih v K2, katera je bila 99,6 kg/mg.

Pri bakru lahko iz grafa razberemo, da vrednosti pri koreninah linearno padajo in najnižja povprečna vrednost je bila pri K2 in je znašala 6,2 mg/kg. Največjo povprečno vrednost smo izmerili v koreninah, v K0 in je bila 12,7 mg/kg.

Pri niklju so bile vrednosti pri listih pod detekcijsko mejo in prav tako pri koreninah pri K0 in K1. Pri K2 pa je bila povprečna vrednost 5,9 mg/kg.

Vsebnosti kalija linearno padajo in sicer največje vrednosti dosega kalij v listih pri K0 (46899,04 mg/kg) ter se linearno zmanjšujejo do najmanjše vrednosti pri koreninah v K2 (19937,04 mg/kg).

Pri natriju vrednosti pri koreninah linearno naraščajo. Najmanjšo vrednost smo izmerili pri koreninah v K0 in največjo pri K2, katera je bila 2843,79 mg/kg. V listih je bilo natrija manj, kot v koreninah in smo najnižjo vrednost izmerili v K0, katera je bila 72,23 mg/kg.

Pri kalciju smo izmerili najnižjo vrednost v listih pri K0 (7764,02 mg/kg) in največjo vrednost pri koreninah v K2 (12392,39 mg/kg).

Vrednosti magnezija linearno padajo v listih in linearno naraščajo v koreninah. Najnižja vrednost je pri listih v K2 (2590,78 mg/kg) in največja pri koreninah v K2 (4818,45 mg/kg).

Vsebnosti fosforja linearno naraščajo v listih in koreninah. Višje vrednosti so v listih kot koreninah in največja je bila prisotna v K2 in je 3967,5 ug/g in najmanjša v K0 pri koreninah (1390 ug/g).

Pri vrednostih skupnega dušika smo največjo vrednost izmeril v listih pri K0 (2,8%) in najnižjo vrednost pri koreninah v K2 (1,1%).

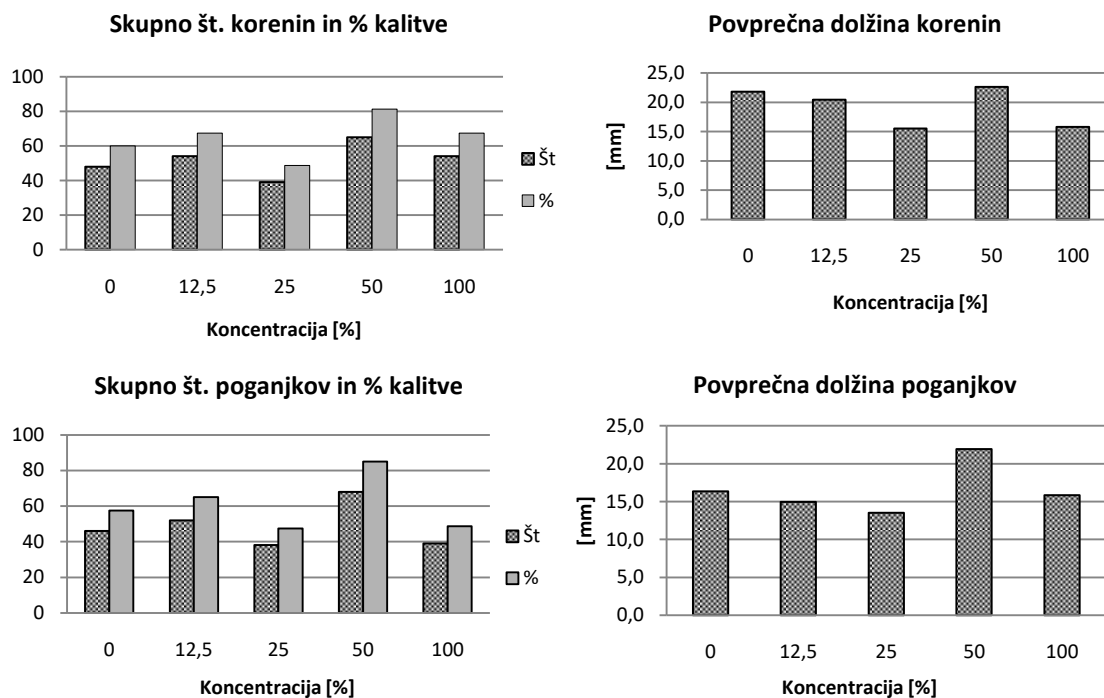
Največje vrednosti nitrata smo izmerili pri listih in koreninah v K0 in se vrednosti med sabo niso veliko razlikovale. Pri ostalih poskusnih kombinacijah pa skoraj ni bil prisoten, saj je najnižja vrednost znašala 0,18 mg/l.

Vsebnost ogljika je bila največja v listih in najmanjša pri koreninah v K1 (38,26%).

4.3 REZULTATI KALILNO-RASTNEGA TESTA

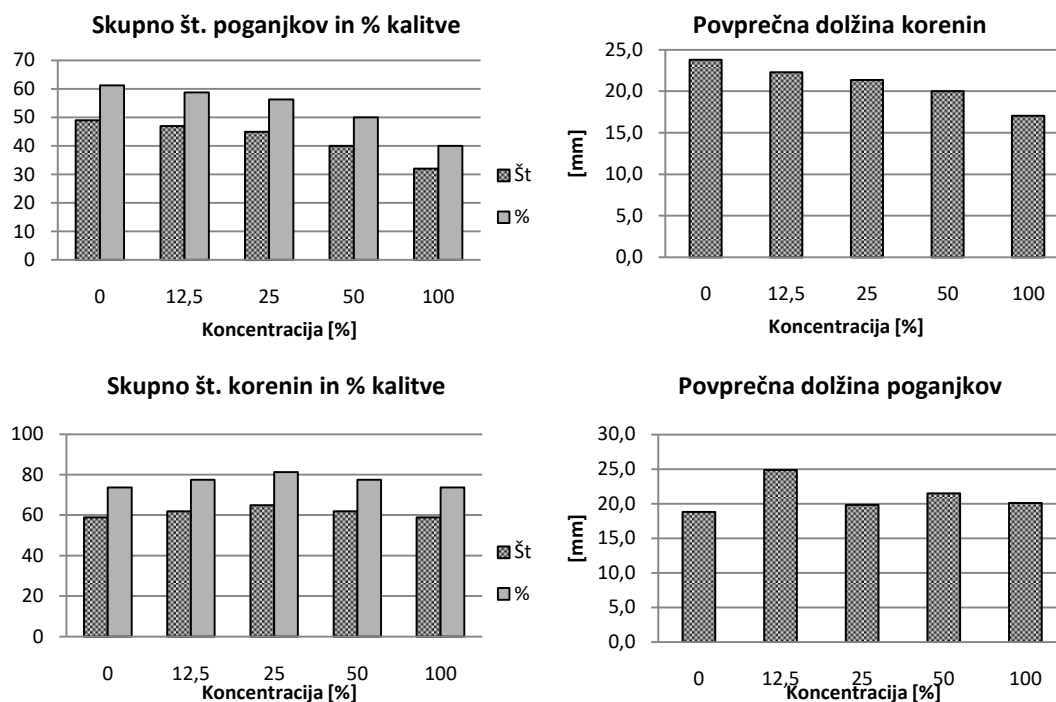
4.3.1 Kalitev

Na naslednjih slikah so prikazani podatki in rezultati po treh dneh, ko se je končal kalitveni test.



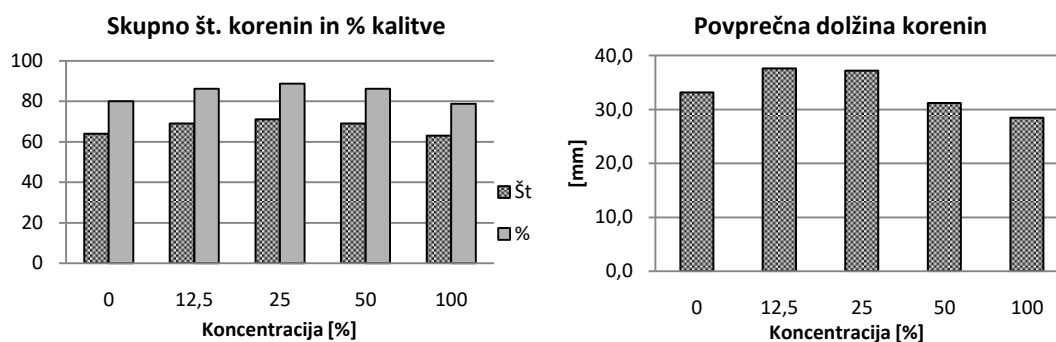
Slika 10: Vrednosti skupnega števila korenin, deleža kalitve, povprečne dolžine korenin in poganjkov pri trpežni ljujki (*Lolium preenne* L. 'CALIBRA')

Najdaljše povprečne dolžine poganjkov in korenin trpežne ljujke so bile izmerjene v 50% koncentraciji digestata in najkrajše pri 25% koncentraciji, kar pomeni, da dolžine niso v povezavi s koncentracijo ekstrakta. Prav tako število skupno korenin in poganjkov ter odstotek kalitve ne korelira s koncentracijo ekstrakta.



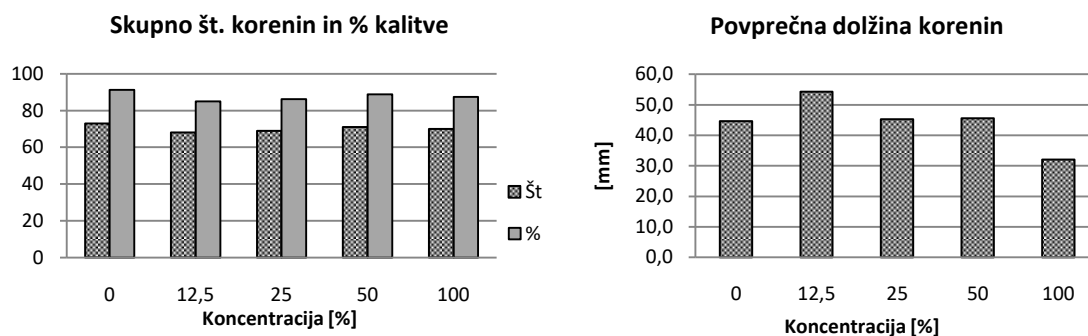
Slika 11: Vrednosti skupnega števila korenin, deleža kalitve, povprečne dolžine korenin in poganjkov pri navadnem ječmenu (*Hordeum vulgare* L.)

Pri ječmenu povprečna dolžina korenin pada v povezavi s koncentracijo digestata. Korenine so vedno krajše in so pri 100% koncentraciji najkrajše. Povprečna dolžina poganjkov ni v povezavi s koncentracijo digestata. Število korenin in odstotek kalitve nista v korelaciji, pri kalitvi ni bilo večjih razlik. Skupno število poganjkov in % kalitve linearno pada z višanjem koncentracije ekstrakta.



Slika 12: Vrednosti skupnega števila korenin, deleža kalitve in povprečne dolžine korenin pri gorčici (*Sinapis alba* L.)

Pri gorčici povprečna dolžina korenin pada in so pri 100% koncentraciji korenine najkrajše. Skupno število korenin in odstotek kalitve nista v korelaciji s koncentracijo ekstrakta. Pri odstotku kalitve ni večjih razlik.

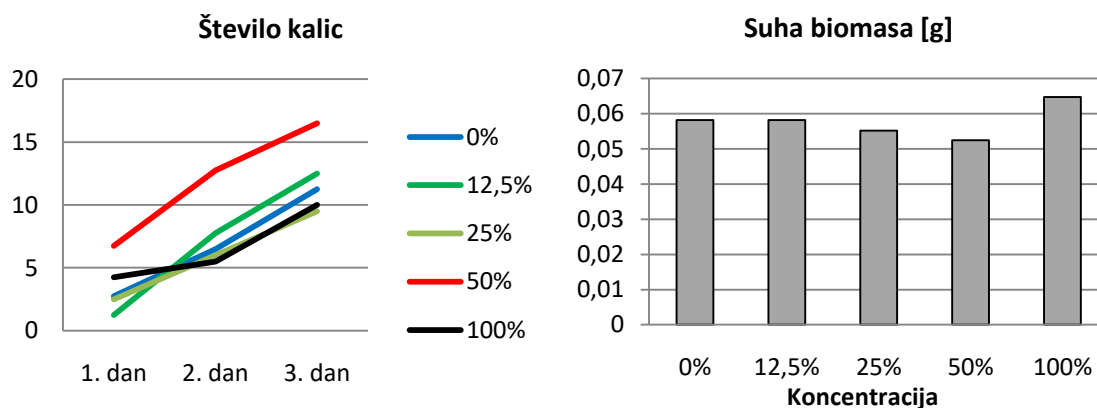


Slika 13: Vrednosti skupnega števila korenin, deleža kalitve in povprečne dolžine korenin pri vrtni kreši (*Lepidium sativum* L. 'Cressida')

Pri vrtni kreši povprečna dolžina korenin pada z večanjem koncentracije digestata. Najdaljše korenine so pri 12% koncentraciji digestata in pri 100% najkrajše. Odstotek kalivosti in skupno število korenin ne kaže korelacije s koncentracijo digestata.

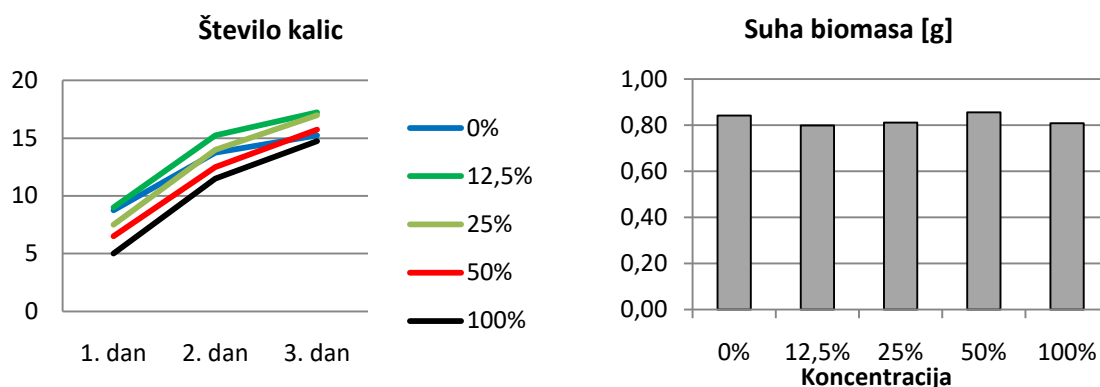
4.3.2 Dinamika kalitve semen in suha biomasa nakaljenih semen

Na naslednjih slikah so prikazani rezultati semen, ki smo jih vsakodnevno spremljali tri dni. Po končanem kalitvenem testu pa smo stekali rastline, da smo dobili suho biomaso.



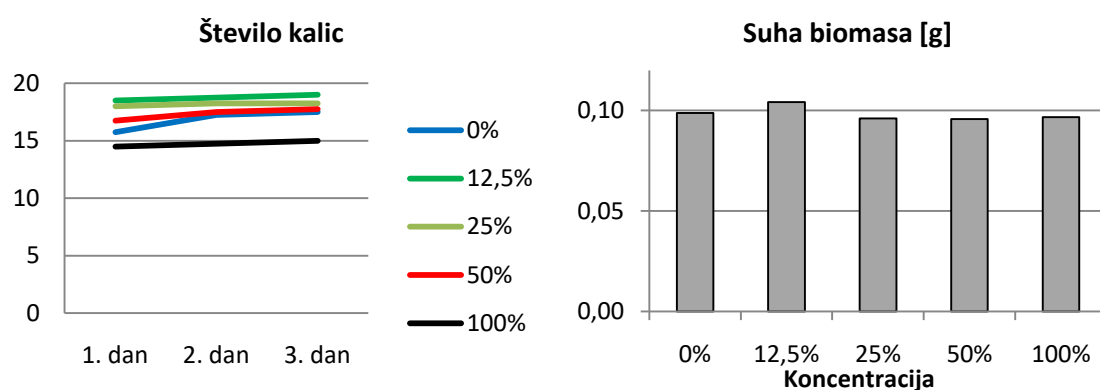
Slika 14: Dinamika kalitve semen in suha biomasa pri trpežni ljujki (*Lolium prenne* L. 'CALIBRA')

Trpežna ljujka je kalila po petih dneh. Slika 14 nam prikazuje, da je v 50% koncentraciji število kalic najhitreje naraščalo in smo jih tretji v tej koncentraciji tudi največ prešteli. Najmanj kalic pa je bilo pri 100% koncentraciji, saj je njihovo število najpočasneje naraščalo. Pri suhi biomasi ni zaznati večjih razlik, ali so bile razlike majhne in neznačilne.



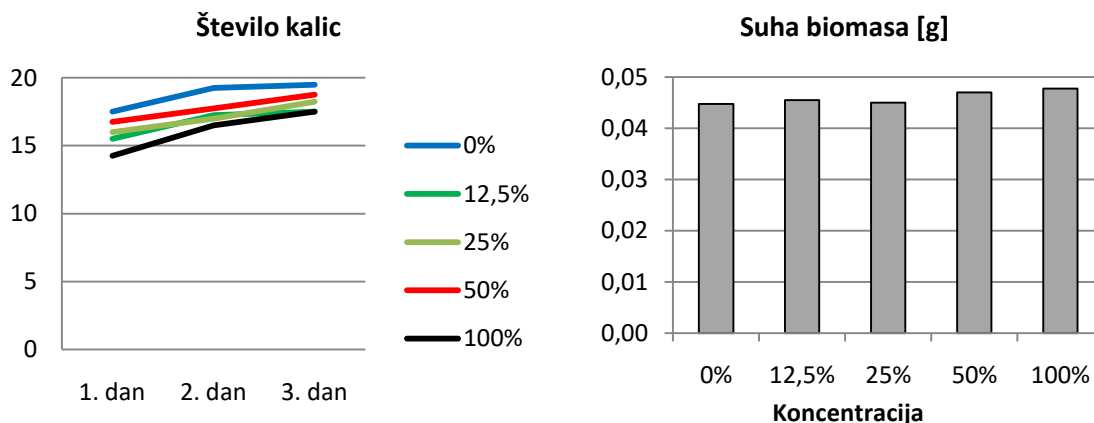
Slika 15: Dinamika kalitve semen in suha biomasa pri navadnem ječmenu (*Hordeum vulgare* L.)

Ječmen je kalil po dveh dneh. Skozi vsa tri dni štetja smo opazili, da je največje število kalic bilo pri 12,5% koncentraciji. Rastline so slabše kalile v 50% koncentraciji in najmanj kalic je bilo pri 100% koncentraciji, kar je razvidno iz slike 15. Za vse koncentracije smo opazili upočasnjeno kalitev od drugega do tretjega dneva. Pri suhi biomasni ni bilo zaznati večjih razlik, ali so bile razlike majhne in neznačilne.



Slika 16: Dinamika kalitve semen in suha biomasa pri vrtni kreši (*Lepidium sativum* L. 'Cressida')

Vrtna kreša je kalila od enega do treh dni. Največje število kalic opazimo pri 12,5% koncentraciji, najmanjše število pa pri 100% koncentraciji. Za vse koncentracije je značilen majhen prirast kalic. Pri suhi biomasni ni bilo zaznati večjih razlik, ali so bile razlike majhne in neznačilne.



Slika 17: Dinamika kalitve rastlin in suha biomasa pri gorčici (*Sinapis alba* L.)

Gorčica je kalila po enem dnevu. Največje število kalic je bilo opaziti pri 0% koncentraciji in najmanjše število pri 100% koncentraciji. Pri vsem opazimo upočasnjeno kalitev od drugega do tretjega dneva. Pri suhi biomasi ni bilo opaziti večjih razlik, ali so bile razlike majhne in neznačilne.

5 RAZPRAVA IN SKLEPI

5.1 RAZPRAVA

5.1.1 Vsebnost kemijskih elementov tal

Vsebnost makro in mikroelementov smo merili v digestatu iz podjetja KOTO in v treh poskusnih kombinacijah v tleh, v katerih je rastle koruza sorte *Zea Mays* 'LJ-275t'. V K0 je bil osnovni substrat, ki nam je služil kot kontrola, v K1 je bilo 15% digestat in v K2 30%.

Največja vsebnost bakra je bila v poskusni kombinaciji K0, kjer je bil samo osnovni substrat, brez dodanega digestata in je znašal 15,6 mg/kg, kar je pod mejno vrednostjo 60 mg/kg, ki jo določa Uredba o mejnih, opozorilnih in kritičnih imisijskih vrednosti nevarnih snovi v tleh (Uredba o mejnih ..., 1996).

Cink je makrohranilo, katerega rastline potrebujejo za rast in razvoj. Največjo vrednost smo zopet izmerili v osnovnem substratu in je bila 54,4 mg/kg, ki je tudi pod mejno opozorilno vrednostjo, katera je 200 mg/kg (Uredba o mejnih ..., 1996).

Nikelj se v zemlji pojavlja zaradi preperavanja nekaterih kamnin. V digestatu smo izmerili njegovo vrednost pod detekcijsko mejo, Največjo vrednost pa smo izmerili v osnovnem substratu. Vrednost je znašala 19,3 mg/kg, kar je pod mejno opozorilno vrednostjo v tleh (Uredba o mejnih ..., 1996). V poskusnih kombinacijah K1 in K2 pa je ga je bilo manj zaradi redčitve z digestatom.

Najmanjše vrednosti železa smo izmerili v digestatu, ker je ta manj mineralen in vrednost pada, saj izvira iz hrane. Največja vrednost železa je bila v K0, kjer je bil samo osnovni substrat in vrednost je znašala 19080,6 mg/kg. Manj prisotnega železa je bilo v K1 ter K2 zaradi redčenja z digestatom.

Večina rastlin najbolj uspeva v tleh, kjer je pH vrednost 6.0-7.0 oz. v organskih tleh 5.5-6.0 (Grčman in Zupan, 2010). Za razvoj mikroorganizmov je najbolj ugoden pH od 6 do 8; v ta rang spadajo tudi naši vzorci poskusnih kombinacij tal. pH vrednost v digestatu nismo izmerili, ostale vrednosti pa so se gibale od 7,1 do 7,4. V osnovnem substratu je vrednost znašala 7,1, kar pomeni da so bila tla nevtralna in prav tako pri K1 (vrednost 7,3). V K2 pa smo izmerili pH 7,4 in ta vzorec spada pod šibko alkalna tla. (Zupan in sod., 2008).

Nitrat je hrana za rastline in jim je lahko dostopen. Največjo vrednost smo izmerili v digestatu. V K1 in K2 nitrat sploh ni bil več prisoten, saj se hitro izpira, ker je vodotopen in to se je pokazalo tudi v naših dveh poskusnih kombinacijah. Nasprotno pa se kalij ne izpira toliko. Ko smo osnovnemu substratu dodajali digestat, se je kalij zmanjševal z večanjem deleža digestata, ki kalija vsebuje razmeroma malo.

Iz kemijske analize tal in slik je razvidno, da je pri določenih elementih (cink, železo, baker, nikelj, kalij, magnezij), dodatek digestata zmanjševal vsebnost mikro in makroelementov v tleh. Pri teh elementih so bile v osnovnem substratu so bile višje

vsebnosti, kot pri K1, kjer je bilo dodanega 30 % digestata. Pri natriju, kalciju, fosforju in ogljiku pa je dodatek digestata zvišal vsebnosti elementov in so bile vrednosti v K0 manjše kot v K2, saj smo v K1 in K2 digestat postopoma dodajali.

5.1.2 Spremljanje rasti koruze

Poleg vsebnosti makro in mikroelementov pa smo spremljali tudi vpliv digestata na rast in razvoj koruze, *Zea Mays* 'LJ-275t'. Spremljanje je trajalo pet tednov.

V laboratoriju smo med drugimi merili tudi nitrat. V prvem tednu je bila nitrata največ v K1, s 15% dodatkom digestata, kar ni v povezavi z naraščanjem nitrata, ampak je bilo to trenutno stanje. Nitrata je bilo največ zato, ker je bil šele začetek lončnega poskusa in digestat še ni mogel imeti vpliva na naraščanje ali padanje nitrata. V drugem tednu pa je vrednost nitrata začela močno padati v K1 in K2, kjer je bil dodan digestat, v osnovnem substratu pa je narasel. Padec nitrata so morda povzročile denitrifikacije bakterije, ki bi lahko bile prisotne v digestatu. Le te uporabljajo nitrat za oksidacijske procese, pri čemer se nitrat pretvarja v plinaste dušikove spojine, ki se izgubljajo iz tal. Na zmanjševanje količine nitrata v tleh tekom pettedenskega poskusa je vplivalo tudi vsakotedensko zalivanje koruze, saj se je nekaj nitrata vsakokrat izpralo z izcedno vodo. V K0, osnovnem substratu, pa so se vrednosti nitrata do tretjega tedna višale, ker se je nitrat sproščal in ker ni bilo dodanega digestata, ki bi vplival na zmanjševanje. V četrtem in petem tednu so vrednosti nitrata padle tudi pri K0, kar pa je posledica izpiranja in ne dodatka digestata. Rastline potrebujejo nitrat za rast in so zaradi njegovega pomanjkanja v obravnavanjih z dodanim digestatom slabše raste.

Pri poskusu smo spremljali tudi zelenost rastlin. Prvi in drugi teden nismo zaznali večjih razlik med rastlinami, ki so rastle v različnih poskusnih kombinacijah. Šele v tretjem tednu smo začeli opazovati spremembe, da so rastline v osnovnem substratu bolj zelene barve, kot rastline v K1 in K2, kjer je bil dodan digestat. V četrtem in petem tednu pa so rastline v K1 in K2 postale blede rumeno obarvane. Prav tako so bile opazne spremembe pri višini rastlin. Rastline, ki so rastle z dodatkom digestata so bile manjše in najmanjše v K2, kjer je bil največji odstotek digestata. Rezultati klorofilomera sovpadajo z rezultati vsebnosti nitrata. Očitno je, kljub veliki skupni vsebnosti, dušik iz digestata slabo dostopen ali pa se izgublja iz tal z izhlapevanjem (denitrifikacijo) in izpiranjem.

Razlika pa je bila tudi pri listih. Prvi teden so imele liste vse rastline koruze. Večje razlike so se začele pojavljati v četrtem do petem tednu in opazili smo, da so imele rastline v osnovnem substratu več listov kot rastline, katerim je bil dodan digestat. V K2 so imele rastline najmanj listov, kar je vplivalo tudi na to, da je bila pri teh istih rastlinah manjša biomasa, kot pri tistih v K0. Pri vsebnosti nitrata v soku rastline in v svežih rastlinah je bila večja tudi vsebnost v osnovnem substratu, kot pri poskusnih kombinacijah z dodatkom digestata. Iz tega lahko razberemo, da so rastline z dodatkom digestata počasneje rasle in se slabše razvijale ter da več kot je bilo dodanega digestata, večji je bil negativen vpliv na razvoj rastlin.

5.1.3 Vsebnost kemijskih elementov v nadzemnih in podzemnih delov koruze

Po lončnem poskusu smo pri rastlinah koruze ločili korenine od nadzemnega dela in jih posušili v sušilniku, da so bili pripravljene na kemijsko analizo.

Elementi, katerih vrednost je višja v koreninah, kot v listih so cink, železo, baker, nikelj, natrij, kalcij in magnezij. Pri našem testu smo opazili, da pri vzorcih korenin z največjo koncentracija digestata (K2), je vrednost teh elementov največja, obratno pa je pri listih, kjer je pri največji koncentraciji digestata vrednost teh elementov najmanjša.

Rastline iz tal vsrkavajo raztopljena hranila s koreninami in to je vzrok, da so večje količine v koreninah, ker korenine najprej sprejmejo snovi in nekateri elementi pa naprej po rastlini ne potujejo. To v našem primeru lahko opazimo pri železu, ki ga je veliko več v koreninah, kot v listih, ker je slabo mobilni. Obratno pa je pri fosforju, pri katerem smo izmerili v listih večje količine, kot v koreninah. Vzrok temu je, da je fosfor dobro mobilni in se enakomerno prenaša po rastlini iz korenin v nadzemne dele rastline.

Elementi, katerih vrednosti so višje v listih kot v koreninah so kalij, fosfor, ogljik in dušik. Pri našem testu smo opazili, da pri vzorcih listov z največjo koncentracijo digestata, je vrednost teh elementov največja, prav tako pri vzorcih korenin z največjo koncentracijo digestata. Kalija je bilo v digestatu malo, ker smo ga z redčenjem zmanjšali. Se pa enakomerno prenaša iz korenin v nadzemne dele in ga je najmanj v koreninah z največjo koncentracijo digestata nato pa postopoma narašča in smo največjo vrednost izmerili pri listih v osnovnem substratu.

5.1.4 Kalilno-rastni test

Za kalilno-rastni test smo uporabili štiri testne rastline: trpežno ljujko (*Lolium perenne* L. 'CALIBRA'), ječmen (*Hordeum vulgare* L.), vrtno krešo (*Lepidium sativum* L. 'Cressida') in gorčico (*Sinapis alba* L.). V laboratoriju smo naredili ekstrakcijo digestata in pripravili pet različnih koncentracij. V petrijevke smo dali semena testnih rastlin, dodali 5 ml tekočine različnih koncentracij ter dali rastline v posebni prostor in jih spremljali tri dni. S programom CellSense smo izmerili tudi korenine in poganjke. S tem testom smo želeli ugotoviti kako digestat vpliva na kalivost rastlin. Pri vseh štirih testnih rastlinah, smo opazili, da je najmanjši delež rastlin vzkli v 100% koncentraciji, kar pomeni da so tukaj rastline slabše kalile. Pri trpežni ljujki so rastline najhitreje kalile v 50% koncentraciji, pri ječmenu in vrtni kreši v 12,5% koncentraciji in pri gorčici v 0% koncentraciji. Iz rezultatov lahko razberemo, da različne koncentracije različno vplivajo na različne testne rastline in pa da visoke vrednosti (v našem primeru 100 %) slabše vplivajo na kalivost rastlin. Pri suhi biomasi testnih rastlin ni bilo zaznati nekih razlik, ali so bile razlike majhne in neznačilne.

Pri testnih rastlinah smo merili tudi povprečno dolžino korenin in poganjkov. Ugotovili smo, da so pri ječmenu, gorčici in vrtni kreši zrastle najkrajše korenine pri 100% koncentraciji, kar pomeni, da dolžina korenin pada v povezavi s koncentracijo. Odstotek kalitve in skupno število korenin in poganjkov, pri testnih rastlinah ne korelirata s koncentracijo ekstrakta.

5.2 SKLEPI

S kalitvenim testom smo ugotovili, da različne koncentracije digestata različno vplivajo na kalitev izbranih testnih rastlin. Ugotovili smo, da visoka koncentracija digestata negativno vpliva na kalivost rastlin. Pri našem testu smo uporabili 100% koncentracijo vodnega izvlečka digestata in pri vseh testnih rastlinah je bilo ugotovljeno, da so v tej koncentraciji rastline najpočasneje kalile in jih je bilo v primerjavi z ostalimi koncentracijami (0%, 12,5%, 50%) tudi najmanjši delež.

Pri merjenju koreninic testnih rastlin smo ugotovili, da večje koncentracije izvlečka digestata negativno vplivajo na rast le teh. Pri vseh štirih vrstah testnih rastlin so bile koreninice najkrajše pri največji, 100% koncentraciji izvlečka digestata.

Iz lončnega poskusa, pri katerem smo opazovali rast koruze pet tednov, smo ugotovili, da dodatek digestata talnemu substratu ni izboljšal rasti koruze. Rastline, ki so imele dodano 30% koncentracijo digestata so bile manjše, imele so manj listov in manjšo biomaso, kot rastline, ki so rastle samo v osnovnem substratu. Prav tako je bila obarvanost s klorofilom najmanjša pri rastlinah v loncih s 30% dodatkom digestata. Analiza tal je pokazala, da se je v substratih s 15% in 30% dodatkom digestata vsebnost nitrata v tleh močno zmanjšala. Prav tako je bila vsebnost nitrata bistveno nižja v soku nadzemnega dela ter v suhih nadzemnih in podzemnih delih rastlin. Zmanjšanju količine nitrata v tleh pripisujemo slabšo rast in sintezo klorofila pri rastlinah, ki so rasle v substratu z dodanim digestatom.

Vsebnost makro in mikroelementov v nadzemnih delih koruze je odvisna od količine digestata dodanega talnemu substratu. Vsebnost makro in mikro elementov v nadzemnih in podzemnih delih koruze je pokazala močno korelacijo z deležem dodanega digestata in količino posameznega makro ali mikro elementa v digestatu. Pri vzorcih z največjo koncentracijo digestata večinoma opazimo največje vsebnosti elementov.

6 POVZETEK

Tako v svetu, kot v Sloveniji, se zaradi naraščanja števila prebivalstva in izkoriščanja naravnih virov soočamo z naraščanjem količine odpadkov. Da bi se ta količina zmanjšala, lahko nekatere odpadke recikliramo in predelamo ter jih ponovno uporabimo v drugačni obliki. Med te odpadke spadajo tudi biološki odpadki, ki nastajajo vsakodnevno v našem življenju, v gospodinjstvu, kot so npr. ostanki hrane. Ti odpadki so lahko primerni za predelavo v bioplinarnah, kjer iz njih pridobivajo bioplin in digestat. Le tega se vedno več uporablja v kmetijstvu, saj je v primerjavi s kemičnimi gnojili naraven, predvsem pa cenejši. Glede na surovine iz katerih je predelan digestat, lahko ta vsebuje različne snovi, katere imajo lahko tudi negativne vplive na rast in razvoj rastlin.

V naši diplomski nalogi smo želeli ugotoviti vplive digestata na kalivost in rast izbranih rastlin ter kakovost tal. Uporabili smo digestat iz podjetja KOTO, kateri je bil pridelan iz ostankov hrane. Za raziskavo s kalilno ravnim testom smo uporabili semena štirih testnih rastlin trepžne ljujke (*Lolium prene* L. 'CALIBRA'), ječmena (*Hordeum vulgare* L.), vrtno krešo (*Lepidium sativum* L. 'Cressida') in gorčice (*Sinapis alba* L.). Dali smo jih v petrijevke, v kateri se je nahajal prepojen filter papir z različnimi koncentracijami digestata (0%, 12,5%, 25%, 50%, 100%). Rastline smo spremljali tri dni, potem smo jih skenirali in zmerili še dolžine korenin in poganjkov.

Opazili smo, da je pri vseh štirih testnih rastlinah najmanjši delež rastlin vzklikal v 100% koncentraciji, kar pomeni da so tukaj rastline slabše kalile. Pri merjenju dolžine korenin smo ugotovili, da so pri ječmenu, vrtni kreši in gorčici zrastle najkrajše korenine pri 100% koncentraciji digestata. Tako je bil pri največji koncentraciji opažen negativen vpliv na kalivost in na rast korenin.

Za ovrednotenje rasti koruze in intenzivnosti obarvanosti s klorofilom smo uporabili lončni poskus, ki je trajal pet tednov. Koruzo smo posadili v tri lonce, v prvem je bil samo osnovni substrat, v drugem je bil dodan 15% delež digestata in v tretjem 30% delež. Spremljali smo delež nitrata, zelenost rastlin, višino rastlin, razvitost in biomaso. Ugotovili smo, da se je zaradi možnega pojava denitrifikacijskih bakterij zelo zmanjšala vsebnost nitrata v loncih, v katerih je bil dodan 15% in 30% digestat. Zaradi tega smo ugotovili slabšo rast pri največjem deležu digestata. Prav tako so bile rastline manjše, bolj blede rumene barve ter so imele manj listov in s tem tudi manjšo biomaso. Pri tem poskusu je imel digestat negativen vpliv na rast in razvoj koruze.

Za vpliv digestata na vsebnost mikro in makroelementov v tleh, digestatu in podzemnih, ter nadzemnih delih koruze smo rastline koruze posušili, zmleli in v laboratoriju naredili kemijsko analizo. Ugotovili smo, da je dodatek digestata zmanjševal vsebnost mikro in makroelementov cinka, železa, bakra, niklja, kalija in magnezija v tleh. Pri teh elementih so bile v osnovnem substratu večje vsebnosti, kot pri K1 in K2. Pri natriju, kalciju, fosforju in ogljiku pa je dodatek digestata zvišal vsebnosti elementov in so bile vrednosti v K0 manjše kot v K2. Pri analizi podzemnih in nadzemnih delov koruze smo ugotovili, da se vsebnosti makro in mikro elementov v rastlinskem tkivu z dodajanjem digestata v substrat večja oziroma manjša v podobni odvisnosti kot vsebnost teh elementov v ravnem substratu.

7 VIRI

- Al Seadi T., Rutz D., Prassl H., Köttner M., Finsterwalder T., Volk S., Janssen R., Grmek M. 2010. Priročnik o bioplinu.
https://www.google.si/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=15&ved=0ahUKEwjWIN_D7q7OAhUBvRQKHd8VDb84ChAWCDkwBA&url=http%3A%2F%2Fwww.bf.uni-lj.si%2Ffileadmin%2Fgroups%2F2717%2FKatedra_za_kmetijsko_tehniko%2FPrirocnik_o_bioplinu.pdf&usq=AFQjCNGGDpf3NAmy2mv0cqL-WEPfnUHNSg&bvm=bv.129391328,d.d24&cad=rja (7. mar. 2016)
- Alberta Agriculture, Food, and Development. Plant Bioassays
<http://sciencenetlinks.com/student-teacher-sheets/plant-bioassays/> (6. jun. 2016)
- Černe M. 1996. Vrtna kreša - Naša žena, letnik 1996, številka 1.
<http://fides.fe.uni-lj.si/zdravje/clanki/1-96.html> (15. jun. 2016)
- Grčman H., Zupan M. 2010. Praktična pedologija. Ljubljana, Biotehniška fakulteta, Oddelek za agronomijo: 52 str.
- Kocjan Ačko D. 2015. Poljščine pridelava in uporaba. Ljubljana. ČZD Kmečki glas, d.o.o.: 187 str.
- Leštan D. 2002. Ekopedologija. Študijsko gradivo za študente opredelilnega izbirnega študija Ekopedologije. Ljubljana, Biotehniška fakulteta, Oddelek za agronomijo: 277 str.
- ÖNORM L 1087. 1993. Chemical analysis of soil – Determination of plants – available phosphate and potassium by calcium - acetat – lactat: 4 str.
- Rashid A. 2001. Plant Bioassay Techniques for Detecting and Identifying Herbicide Residues in Soil.
<http://ucanr.edu/blogs/UCDWeedScience/blogfiles/8850.pdf> (6. jun. 2016)
- SIST ISO 10390. 2005. Kakovost tal – Ugotavljanje pH: 10 str.
- SIST ISO 10694. 1996. Kakovost tal- Ugotavljanje organskega in skupnega ogljika po suhem sežigu (elementna analiza): 5 str.
- SIST ISO 13878. 1999 Kakovost tal – Določevanje skupnega dušika po suhem sežigu (elementna analoza): 5 str.
- SIST ISO 11466. 1996. Kakovost tal – Ekstrakcija elementov v sledovih, topnih v zlatotopki: 6 str.
- SIST ISO 11047. 1999. Kakovost tal – Določevanje kadmija, kroma, kobalta, bakra, svinca, mangana, niklja in cinka – Metoda plamenske in elektrotermične atomske absorpcijske spektrometrije: 18 str.

- Stichmann – Marny U. 2009. Novi vodnik po živalskem in rastlinskem svetu. Kranj, Narava: 543 str.
- Turk B., Zupan M. 2015. Eksperimentalne vaje pri predmetu Ekološke osnove varstva okolja. Ljubljana, Biotehniška fakulteta, Oddelek za agronomijo (interno gradivo)
- Uredba o mejnih, opozorilnih in kritičnih imisijskih vrednostih nevarnih snovi v tleh. 1996. Uradni list RS, št.68/1996.
- Uredba o predelavi biološko razgradljivih odpadkov in uporabi komposta ali digestata. 2013. Uradni list RS, št. 99/2013.
- Vodnik D. 2012. Osnove fiziologije rastlin. Ljubljana, Biotehniška fakulteta, Oddelek za agronomijo: 141 str.
- Zupan M., Grčman H., Lobnik F., 2008. Raziskave onesnaženosti tal Slovenije. Ljubljana, Agencija RS za okolje: 63 str.

ZAHVALA

Zahvaljujem se mentorju dr. Borisu Turku za vse vzpodbudne besede, dragocen čas in nasvete ter za pomoč pri nastajanju diplomskega dela.

Zahvala gre tudi somentorju mag. Marku Zupanu za pomoč in dopolnila k nalogi ter dr. Roku Miheliču za recenzijo naloge.

Posebna zahvala staršem, da so mi omogočili študij in me podpirali. Hvala mojemu Alešu za pomoč in potrpljenje med izdelavo diplomske naloge ter, da mi je stal ob strani v težkih trenutkih.

PRILOGE

PRILOGA A

Vsebnost sveža in suhe biomase listov in korenin koruze

Priloga A 1: Sveža biomasa listov in korenin koruze

	K0		K1		K2	
	korenine	listi	korenine	listi	korenine	listi
16.3.2015	11,6	30,8	8,3	17,5	8	18,8
16.3.2015	9,41	20,9	6,67	12,34	6,3	13,72
16.3.2015	11,2	22,6	7,2	11,57	7,32	11,3
17.3.2015	6,18	15,17	6,13	12,76	4,32	11,18
17.3.2015	10,59	25,39	9,57	17,42	7,39	12,97
17.3.2015	6,05	18,68	9,68	17,52	7,5	14,38
18.3.2015	12,58	20,5	6,21	14,01	8,62	17,7
18.3.2015	14,48	30,47	9,57	15,66	8,26	14,9
18.3.2015	11,09	32,19	6,92	14,04	8,08	18,52
19.3.2015	7,99	26,81	8,31	20,73	6,55	16,94
19.3.2015	9,9	26,29	10,97	19,63	9,82	20,35
19.3.2015	10,7	27	8,61	19,86	7,21	13,84
20.3.2015	9,61	24,19	8,21	14,09	6,13	14,38
20.3.2015	13,92	24,05	9,35	20,8	4,9	12,18
20.3.2015	9,3	23,1	8,15	19,05	6,7	14,08
povprečje	10,35	25,08	8,26	16,47	7,14	15,02
sd	2,41	4,64	1,42	3,18	1,41	2,82

Priloga A 2: Suha biomasa listov in korenin koruze

	K0		K1		K2	
	korenine	listi	korenine	listi	korenine	listi
16.3.2015	1,03	2,64	1,12	1,64	0,93	1,94
16.3.2015	0,86	1,82	0,66	1,2	0,76	1,26
16.3.2015	1,18	1,92	1,04	1,24	1,02	1,15
17.3.2015	0,71	1,48	0,75	1,23	0,5	1,11
17.3.2015	1,11	2,18	1,07	1,58	0,88	1,32
17.3.2015	0,55	1,76	1,17	1,66	0,85	1,34
18.3.2015	1,07	2,42	0,67	1,42	1,03	1,65
18.3.2015	1,65	2,55	1,21	1,63	1,24	1,51
18.3.2015	1,04	2,78	0,8	1,43	1,15	1,81
19.3.2015	0,73	2,39	0,86	2,1	0,7	1,75
19.3.2015	0,94	2,4	1,36	1,99	1,29	2,2
19.3.2015	0,99	2,4	0,96	2,1	0,66	1,48
20.3.2015	0,82	2,25	0,95	1,34	0,64	1,56
20.3.2015	1,43	2,24	1,23	2,17	0,6	1,31
20.3.2015	1,13	2,1	0,93	2,19	0,75	1,7
povprečje	1,02	2,22	0,99	1,66	0,87	1,54
sd	0,28	0,35	0,21	0,36	0,24	0,31

PRILOGA B

Kemijska analiza nadzemnih in podzemnih delov koruze

Priloga B 1: Kemijski analitski podatki nadzemnih in podzemnih delov koruze

Parameter	Enota	Ponovitev	K0 LIST	K1 LIST	K2 LIST	K0 KOR	K1 KOR	K2 KOR
Zn	mg/kg	1	38,54881	33,6926	32,55114	44,43836	47,10271	42,98877
		2	36,73779	34,60757	32,26816	33,93193	45,92512	45,84565
		3	35,55077	35,40341	30,11051	55,60549	43,56196	46,61923
		povprečje	36,94579	34,56786	31,64327	44,65859	45,52993	45,15122
Fe	mg/kg	1	143,1603	110,0281	107,7016	1805,572	5194,022	3357,504
		2	130,7336	111,2046	97,8824	2222,786	4650,966	4014,817
		3	133,7892	109,84	93,10156	2692,986	4474,068	3595,464
		povprečje	135,8943	110,3576	99,56184	2240,448	4773,019	3655,928
Cu	mg/kg	1	8,570029	6,091846	5,157298	11,9104	10,03699	9,813543
		2	8,955689	5,953137	7,823638	13,0117	9,306547	13,62081
		3	7,580122	6,623086	5,540047	13,22294	9,667243	9,989835
		povprečje	8,368613	6,22269	6,173661	12,71501	9,670259	11,1414
Ni	mg/kg	1	pod mejo	pod mejo	pod mejo	pod mejo	pod mejo	5,724567
		2	pod mejo	pod mejo	pod mejo	pod mejo	pod mejo	6,145975
		3	pod mejo	pod mejo	pod mejo	pod mejo	pod mejo	5,871219
		povprečje						5,91392
K	mg/kg	1	47400,42	37714,53	38612,86	22890,16	20290,99	20473,05
		2	46913,79	39629	38051,39	26320	21212	20435,37
		3	46382,92	39277,48	34994,39	30922,15	22842,68	18902,7
		povprečje	46899,04	38873,67	37219,55	26710,77	21448,56	19937,04
Na	mg/kg	1	71,60464	80,08435	99,29517	1385,009	1962,824	2804,765
		2	74,32248	80,12922	91,6148	1595,179	2133,353	2832,796
		3	70,75286	77,26647	85,56134	1541,294	2342,526	2893,81
		povprečje	72,22666	79,16001	92,1571	1507,161	2146,234	2843,79
Ca	mg/kg	1	8210,904	7675,726	8604,091	8903,208	12814,94	11190,16
		2	9340,199	7655,734	7754,094	9897,198	11521,66	13035,28
		3	9232,588	7960,606	7317,178	11265,43	11257,25	12951,73
		povprečje	8927,897	7764,022	7891,788	10021,94	11864,62	12392,39
Mg	mg/kg	1	3543,095	2621,837	2682,654	3747,337	4988,461	4430,633
		2	3782,805	2652,718	2615,703	3928,426	4485,217	5060,463
		3	3725,63	2709,444	2473,955	4577,471	4518,588	4964,247
		povprečje	3683,843	2661,333	2590,771	4084,411	4664,089	4818,448
P	ug/g	1	2422,5	3447,5	3967,5	1390	1947,5	2135
		2						
		3						

		povprečje	2422,5	3447,5	3967,5	1390	1947,5	2135
C	%	1	41,42	41,45	41,49	40,5	38,26	38,37
		2						
		3						
		povprečje	41,42	41,45	41,49	40,5	38,26	38,37
N	%	1	2,798	1,332	1,361	1,842	1,056	1,099
		2						
		3						
		povprečje	2,798	1,332	1,361	1,842	1,056	1,099
NO3	mg/l	povprečje	33,52	0,72	0,175	33,86	0,3	0,216

PRILOGA C

Število kalic na izbranih testnih rastlinah

Priloga C 1:: Število kalic pri trpežni ljujki pod dnevi (*Lolium preenne* L. 'CALIBRA')

	% ekstrakta	datum kalitve	št. kalic 1. dan	št. kalic 2. dan	št. kalic 3. dan	suha biomasa (g)
1	0%	29.3.	2	7	11	0,065
2	0%	29.3.	6	9	13	0,055
3	0%	30.3.	0	2	9	0,058
4	0%	29.3.	3	8	12	0,055
5	12.5%	29.3.	3	10	12	0,058
6	12.5%	30.3.	0	9	11	0,061
7	12.5%	29.3.	2	9	14	0,057
8	12.5%	30.3.	0	3	13	0,057
9	25%	30.3.	1	6	10	0,061
10	25%	30.3.	3	7	11	0,057
11	25%	30.3.	6	9	11	0,053
12	25%	30.3.	0	2	6	0,050
13	50%	30.3.	7	14	18	0,055
14	50%	30.3.	10	15	16	0,052
15	50%	30.3.	9	13	17	0,055
16	50%	30.3.	1	9	15	0,048
17	100%	31.3.	0	0	10	0,059
18	100%	31.3.	11	14	16	0,068
19	100%	31.3.	6	8	10	0,065
20	100%	31.3.	0	0	4	0,067

Priloga C 2: Povprečno število kalic pri trpežni ljujki pod dnevih (*Lolium preenne* L. 'CALIBRA')

Koncentracija	1. dan	2. dan	3. dan	Suha biomasa
0%	2,75	6,5	11,25	0,05825
12,5%	1,25	7,75	12,5	0,05825
25%	2,5	6	9,5	0,05525
50%	6,75	12,75	16,5	0,0525
100%	4,25	5,5	10	0,06475

Priloga C 3: Število kalic pri navadnem ječmenu po dnevih (*Hordeum vulgare* L.)

	% ekstrakta	datum kalitve	št. kalic 1. dan	št. kalic 2. dan	št. kalic 3. dan	suha biomasa (g)
1	0%	31.3.	10	13	16	0,875
2	0%	31.3.	10	17	17	0,803
3	0%	31.3.	8	13	13	0,810
4	0%	31.3.	7	12	15	0,880
5	12.5%	31.3.	9	15	17	0,726
6	12.5%	31.3.	8	14	17	0,887
7	12.5%	31.3.	8	14	17	0,822
8	12.5%	31.3.	11	18	18	0,762
9	25%	31.3.	7	12	18	0,836
10	25%	31.3.	7	14	15	0,776
11	25%	31.3.	7	16	17	0,830
12	25%	31.3.	9	14	18	0,801
13	50%	31.3.	9	15	18	0,912
14	50%	31.3.	7	16	18	0,816
15	50%	31.3.	7	12	18	0,819
16	50%	31.3.	3	7	9	0,876
17	100%	31.3.	4	10	15	0,779
18	100%	31.3.	6	11	13	0,830
19	100%	31.3.	6	14	16	0,868
20	100%	31.3.	4	11	15	0,754

Priloga C 4: Povprečno število kalic pri navadnem ječmenu po dnevih (*Hordeum vulgare* L.)

Koncentracija	1. dan	2. dan	3. dan	Suha biomasa
0%	8,75	13,75	15,25	0,842
12,5%	9	15,25	17,25	0,79925
25%	7,5	14	17	0,81075
50%	6,5	12,5	15,75	0,85575
100%	5	11,5	14,75	0,80775

Priloga C 5: Število kalic pri gorčici po dnevih (*Sinapis alba* L.)

	% ekstrakta	datum kalitve	št. kalic 1. dan	št. kalic 2. dan	št. kalic 3. dan	suha biomasa (g)
1	0%	31.3.	13	15	15	0,093
2	0%	31.3.	17	17	17	0,096
3	0%	31.3.	16	19	19	0,101
4	0%	31.3.	17	18	19	0,105
5	12.5%	31.3.	19	19	19	0,111
6	12.5%	31.3.	19	19	20	0,101
7	12.5%	31.3.	19	19	19	0,097
8	12.5%	31.3.	17	18	18	0,108
9	25%	31.3.	19	19	19	0,099
10	25%	31.3.	16	17	17	0,099
11	25%	31.3.	19	19	19	0,092
12	25%	31.3.	18	18	18	0,094
13	50%	31.3.	15	16	16	0,084
14	50%	31.3.	18	18	18	0,093
15	50%	31.3.	17	18	19	0,102
16	50%	31.3.	17	18	18	0,104
17	100%	31.3.	16	16	16	0,103
18	100%	31.3.	11	11	11	0,084
19	100%	31.3.	16	17	17	0,100
20	100%	31.3.	15	15	16	0,100

Priloga C 6: Povprečno število kalic pri gorčici po dnevih (*Sinapis alba* L.)

Koncentracija	1. dan	2. dan	3. dan	Suha biomasa
0%	15,75	17,25	17,5	0,09875
12,5%	18,5	18,75	19	0,10425
25%	18	18,25	18,25	0,096
50%	16,75	17,5	17,75	0,09575
100%	14,5	14,75	15	0,09675

Priloga C 7: Število kalic pri vrtni kreši po dnevih (*Lepidium sativum* L. 'Cressida')

	% ekstrakta	datum kalitve	št. kalic 1. dan	št. kalic 2. dan	št. kalic 3. dan	suha biomasa (g)
1	0%	31.3.	17	19	19	0,044
2	0%	31.3.	18	20	20	0,045
3	0%	31.3.	18	20	20	0,046
4	0%	31.3.	17	18	19	0,044
5	12.5%	31.3.	13	16	16	0,045
6	12.5%	31.3.	13	16	17	0,047
7	12.5%	31.3.	18	19	19	0,045
8	12.5%	31.3.	18	18	18	0,045
9	25%	31.3.	19	19	20	0,045
10	25%	31.3.	13	15	17	0,045
11	25%	31.3.	17	17	19	0,047
12	25%	31.3.	15	17	17	0,043
13	50%	31.3.	18	19	20	0,045
14	50%	31.3.	16	18	19	0,046
15	50%	31.3.	16	17	18	0,049
16	50%	31.3.	17	17	18	0,048
17	100%	31.3.	14	16	17	0,048
18	100%	31.3.	14	18	18	0,048
19	100%	31.3.	15	15	18	0,048
20	100%	31.3.	14	17	17	0,047

Priloga C 8: Povprečno število kalic pri vrtni kreši po dnevih (*Lepidium sativum* L. 'Cressida')

Koncentracija	1. dan	2. dan	3. dan	Suha biomasa
0%	17,5	19,25	19,5	0,0448
12,5%	15,5	17,25	17,5	0,0455
25%	16	17	18,25	0,0450
50%	16,75	17,75	18,75	0,0470
100%	14,25	16,5	17,5	0,0478

	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
N	15,0	13,0	13,0	12,0	14,0	14,0	12,0	13,0
POVP.	16,1	11,2	19,8	17,3	27,4	21,3	18,4	10,1

Delež ekstrakta		25,0%							
	Petrijevka 1		Petrijevka 2		Petrijevka 3		Petrijevka 4		
	Dlž.kor.[mm]	Dlž.pog.[mm]	Dlž.kor.[mm]	Dlž.pog.[mm]	Dlž.kor.[mm]	Dlž.pog.[mm]	Dlž.kor.[mm]	Dlž.pog.[mm]	
1	23,0	14,1	11,1	8,6	13,0	2,2	7,4	3,3	
2	12,8	13,6	9,2	13,0	10,9	9,2	2,6	1,5	
3	23,9	21,8	7,7	2,0	7,4	13,3	26,0	20,4	
4	16,5	14,1	5,2	4,1	6,1	10,2	23,9	22,4	
5	17,2	3,6	5,2	28,3	13,5	4,5	17,2	24,2	
6	20,3	24,1	17,8	25,0	13,4	2,4	0,0	1,2	
7	16,6	20,0	33,5	43,0	4,9	7,2	0,0	0,0	
8	11,6	23,1	18,8	30,6	17,2	16,8	0,0	0,0	
9	0,0	2,6	39,4	28,1	6,0	20,4	0,0	0,0	
10	0,0	2,8	36,0	5,1	12,6	17,6	0,0	0,0	
11	0,0	0,0	29,2	14,7	12,8	1,2	0,0	0,0	
12	0,0	0,0	3,0	0,0	23,4	0,0	0,0	0,0	
13	0,0	0,0	0,0	0,0	7,5	0,0	0,0	0,0	
14	0,0	0,0	0,0	0,0	4,7	0,0	0,0	0,0	
15	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	
16	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	
17	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	
18	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	
19	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	
20	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	
N	8,0	10,0	12,0	11,0	14,0	11,0	5,0	6,0	
POVP.	17,8	14,0	18,0	18,4	10,9	9,6	15,4	12,2	

Delež ekstrakta		50,0%							
	Petrijevka 1		Petrijevka 2		Petrijevka 3		Petrijevka 4		
	Dlž.kor.[mm]	Dlž.pog.[mm]	Dlž.kor.[mm]	Dlž.pog.[mm]	Dlž.kor.[mm]	Dlž.pog.[mm]	Dlž.kor.[mm]	Dlž.pog.[mm]	
	15,8	9,6	32,7	41,1	5,0	2,7	34,1	24,5	
	15,9	32,8	11,9	3,3	27,0	14,6	12,5	19,9	
	25,8	7,7	33,9	33,4	46,5	35,6	28,8	28,9	
	35,8	11,0	52,6	40,3	11,1	28,0	15,5	18,2	
	20,6	43,0	8,0	15,5	40,5	30,9	14,9	19,4	
	16,0	32,3	43,9	42,1	24,2	25,4	27,5	26,9	
	27,0	24,4	19,6	27,8	38,1	25,7	16,7	20,9	
	12,8	16,2	14,4	25,9	31,3	31,2	14,9	17,0	
	21,1	21,3	37,4	28,0	35,4	35,1	21,7	23,9	
	23,4	27,9	30,0	13,6	7,8	33,4	23,5	18,3	
	10,8	25,5	19,9	27,2	32,1	2,0	6,9	12,8	
	44,3	29,3	18,1	13,7	17,0	13,0	6,5	13,2	
	14,2	10,9	37,7	30,2	18,4	25,2	9,3	9,6	
	8,9	36,2	12,6	15,2	44,2	34,6	10,6	10,5	
	40,9	17,7	0,0	7,1	0,0	2,0	4,1	23,2	
	14,1	40,0	0,0	31,9	0,0	2,2	2,8	0,0	
	26,7	20,5	0,0	0,0	0,0	30,0	20,0	0,0	
	26,2	18,8	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	
	9,0	10,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	
	9,9	2,7	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	
N	20,0	20,0	14,0	16,0	14,0	17,0	17,0	15,0	
POVP.	21,0	21,9	26,6	24,8	27,0	21,8	15,9	19,1	

Delež ekstrakta		12,5%							
	Petrijevka 1		Petrijevka 2		Petrijevka 3		Petrijevka 4		
	Dlž.kor.[mm]	Dlž.pog.[mm]	Dlž.kor.[mm]	Dlž.pog.[mm]	Dlž.kor.[mm]	Dlž.pog.[mm]	Dlž.kor.[mm]	Dlž.pog.[mm]	
	23,7	22,9	35,3	14,2	15,1	5,3	29,9	45,9	
	33,5	41,9	8,9	38,7	20,9	13,4	39,9	45,4	
	35,8	43,5	25,4	23,9	27,4	19,0	29,0	31,0	
	35,4	44,7	40,4	32,8	30,5	31,7	21,3	24,9	
	34,6	35,1	26,3	15,9	28,3	33,6	31,1	35,7	
	12,7	23,4	32,0	30,3	13,1	16,5	37,5	52,2	
	17,3	7,2	41,2	39,0	29,2	18,7	12,5	40,1	
	15,3	35,6	17,8	8,4	15,2	2,2	24,5	35,6	
	22,4	35,6	14,5	5,5	10,8	4,0	16,0	27,1	
	6,2	17,2	14,0	7,7	9,3	30,4	11,9	37,2	
	5,7	11,5	22,7	6,5	11,1	0,0	10,1	38,8	
	11,1	27,6	10,9	12,7	17,3	0,0	26,8	1,8	
	28,7	12,5	19,8	0,0	35,6	0,0	27,8	0,0	
	17,5	0,0	16,0	0,0	10,4	0,0	7,1	0,0	
	19,5	0,0	0,0	0,0	9,6	0,0	25,4	0,0	
	36,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	43,6	0,0	
	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	26,5	0,0	
	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	
	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	
	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	
N	16,0	13,0	14,0	12,0	15,0	10,0	17,0	12,0	
POVP.	22,2	27,6	23,2	19,6	18,9	17,5	24,8	34,6	

Delež ekstrakta		25,0%							
	Petrijevka 1		Petrijevka 2		Petrijevka 3		Petrijevka 4		
	Dlž.kor.[mm]	Dlž.pog.[mm]	Dlž.kor.[mm]	Dlž.pog.[mm]	Dlž.kor.[mm]	Dlž.pog.[mm]	Dlž.kor.[mm]	Dlž.pog.[mm]	
	38,7	17,9	22,0	3,5	14,9	43,8	32,3	33,4	
	17,6	9,5	26,9	23,2	38,6	29,7	30,7	38,8	
	7,7	26,0	19,9	20,7	32,6	39,9	39,7	23,7	
	37,2	1,3	28,8	22,9	31,2	35,9	8,7	31,1	
	27,4	30,3	23,0	32,4	42,3	5,6	35,1	42,3	
	9,2	27,2	44,3	31,3	5,2	34,4	16,0	8,3	
	9,4	19,9	27,8	3,4	37,3	35,2	39,6	27,7	
	10,5	11,1	34,1	4,0	33,4	17,6	10,2	2,9	
	12,0	5,1	10,9	4,6	25,2	32,4	14,5	31,5	
	30,0	0,0	23,5	1,7	11,1	3,4	20,3	12,7	
	12,1	0,0	3,9	23,1	19,0	2,8	30,8	16,2	
	5,8	0,0	10,4	0,0	23,3	3,7	28,3	29,5	
	5,5	0,0	13,4	0,0	7,2	0,0	24,8	9,4	
	2,0	0,0	14,0	0,0	15,9	0,0	8,0	0,0	
	9,9	0,0	0,0	0,0	13,8	0,0	14,8	0,0	
	28,6	0,0	0,0	0,0	12,3	0,0	23,4	0,0	
	32,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	19,2	0,0	
	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	31,7	0,0	
	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	
	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	
N	17,0	9,0	14,0	11,0	16,0	12,0	18,0	13,0	
POVP.	17,4	16,5	21,6	15,5	22,7	23,7	23,8	23,6	

Delež ekstrakta		50,0%							
	Petrijevka 1		Petrijevka 2		Petrijevka 3		Petrijevka 4		
	Dlž.kor.[mm]	Dlž.pog.[mm]	Dlž.kor.[mm]	Dlž.pog.[mm]	Dlž.kor.[mm]	Dlž.pog.[mm]	Dlž.kor.[mm]	Dlž.pog.[mm]	
	16,5	33,1	15,8	26,3	15,7	31,6	21,1	7,0	
	28,4	39,1	25,9	31,8	33,0	31,5	7,8	19,8	

	30,6	37,0	27,5	4,6	31,3	20,0	16,7	2,9
	36,8	3,6	12,5	24,9	29,6	28,8	22,3	34,3
	17,1	24,9	24,7	13,4	25,0	53,9	34,8	21,8
	37,7	19,7	37,0	5,8	11,8	28,9	5,3	2,4
	27,2	37,5	21,1	12,7	9,7	6,6	15,5	0,0
	6,3	27,6	16,7	1,7	39,4	29,0	10,8	0,0
	14,4	24,5	15,8	48,8	16,0	28,4	23,3	0,0
	28,3	22,6	17,7	21,2	16,5	0,0	0,0	0,0
	7,3	12,6	8,9	22,7	28,2	0,0	0,0	0,0
	4,5	20,7	7,8	13,6	5,0	0,0	0,0	0,0
	31,6	2,2	9,2	0,0	6,5	0,0	0,0	0,0
	23,4	0,0	29,2	0,0	10,2	0,0	0,0	0,0
	16,7	0,0	28,8	0,0	14,4	0,0	0,0	0,0
	27,7	0,0	18,5	0,0	16,7	0,0	0,0	0,0
	12,9	0,0	30,4	0,0	24,8	0,0	0,0	0,0
	28,7	0,0	0,0	0,0	29,5	0,0	0,0	0,0
	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
N	18,0	13,0	17,0	12,0	18,0	9,0	9,0	6,0
POVP.	22,0	23,5	20,4	19,0	20,2	28,8	17,5	14,7

	Delež ekstrakta 100,0%							
	Petrijevka 1		Petrijevka 2		Petrijevka 3		Petrijevka 4	
	Dlž.kor.[mm]	Dlž.pog.[mm]	Dlž.kor.[mm]	Dlž.pog.[mm]	Dlž.kor.[mm]	Dlž.pog.[mm]	Dlž.kor.[mm]	Dlž.pog.[mm]
	31,6	14,1	11,8	26,8	21,9	2,7	14,1	27,8
	8,4	7,0	20,6	6,5	18,7	22,1	27,3	26,8
	15,8	12,5	8,8	34,4	29,5	42,4	19,4	19,8
	14,2	10,5	10,9	34,8	21,6	17,3	21,6	21,7
	10,0	25,5	14,5	14,0	25,3	18,1	12,5	9,3
	19,2	19,8	20,0	26,5	4,8	8,5	6,5	9,9
	27,1	31,0	13,7	38,0	19,1	24,2	33,7	29,7
	27,8	3,9	32,0	26,6	18,5	13,7	7,5	0,0
	30,3	0,0	10,0	0,0	11,2	14,9	13,8	0,0
	16,1	0,0	25,1	0,0	8,9	0,0	19,8	0,0
	6,8	0,0	25,9	0,0	33,3	0,0	12,1	0,0
	11,2	0,0	17,6	0,0	18,7	0,0	11,7	0,0
	13,9	0,0	19,8	0,0	12,3	0,0	21,3	0,0
	14,3	0,0	12,9	0,0	16,4	0,0	9,5	0,0
	12,7	0,0	0,0	0,0	1,4	0,0	9,4	0,0
	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
N	15,0	8,0	14,0	8,0	15,0	9,0	15,0	7,0
POVP.	17,3	15,5	17,4	25,9	17,4	18,2	16,0	20,7

Preglednica D 3: Dolžina korenin (Dlž. kor.) bele gorjušice (*Sinapis alba* L.) po treh dnevih od začetka kalitve

	Sinapis alba Delež ekstrakta 0,0%				Delež ekstrakta 12,5%			
	Petrijevka 1	Petrijevka 2	Petrijevka 3	Petrijevka 4	Petrijevka 1	Petrijevka 2	Petrijevka 3	Petrijevka 4
	Dlž.kor.[mm]	Dlž.kor.[mm]	Dlž.kor.[mm]	Dlž.kor.[mm]	Dlž.kor.[mm]	Dlž.kor.[mm]	Dlž.kor.[mm]	Dlž.kor.[mm]
	47,6	16,0	37,6	61,9	75,8	41,7	75,6	15,0
	49,2	49,1	40,6	36,7	12,8	47,0	78,5	24,8
	61,3	39,0	36,0	29,7	39,5	17,8	21,1	15,0

	61,1	35,3	80,0	22,1	47,7	27,7	9,3	34,9
	44,7	19,6	33,6	27,4	63,2	22,0	27,2	42,9
	26,0	54,4	31,2	55,3	45,7	32,2	17,6	66,6
	44,8	17,1	27,1	56,2	55,8	38,9	38,6	16,5
	23,4	12,8	51,2	57,5	54,9	42,2	25,1	46,8
	35,8	13,0	34,3	51,6	29,4	52,5	20,5	9,3
	17,3	17,5	17,1	38,4	25,0	63,1	28,5	72,3
	23,2	12,2	11,0	32,1	38,6	27,9	47,0	47,5
	29,3	17,6	29,8	77,3	28,8	38,5	73,4	32,8
	15,1	17,7	33,5	18,2	20,2	47,6	26,5	23,5
	0,0	8,0	17,1	10,9	13,1	51,8	19,3	48,3
	0,0	7,7	19,3	6,0	27,5	71,9	33,8	19,9
	0,0	39,7	57,2	35,4	31,8	22,7	40,5	57,7
	0,0	15,5	50,4	12,8	25,4	40,2	63,2	34,7
	0,0	0,0	0,0	0,0	16,0	0,0	0,0	0,0
	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
N	13,0	17,0	17,0	17,0	18,0	17,0	17,0	17,0
POVP.	36,8	23,1	35,7	37,0	36,2	40,3	38,0	35,8

	<i>Delež ekstrakta</i> 25,0%				<i>Delež ekstrakta</i> 50,0%			
	Petrijevka 1	Petrijevka 2	Petrijevka 3	Petrijevka 4	Petrijevka 1	Petrijevka 2	Petrijevka 3	Petrijevka 4
	Dlž.kor.[mm]	Dlž.kor.[mm]	Dlž.kor.[mm]	Dlž.kor.[mm]	Dlž.kor.[mm]	Dlž.kor.[mm]	Dlž.kor.[mm]	Dlž.kor.[mm]
	54,6	31,6	14,6	10,3	17,1	5,0	6,1	13,8
	59,0	34,1	15,8	14,1	18,4	13,2	6,1	14,6
	41,7	37,1	24,0	16,5	22,9	16,8	6,8	18,4
	32,4	23,0	28,4	17,5	26,9	17,8	7,6	25,5
	23,8	41,3	28,9	19,4	27,3	19,8	10,9	25,8
	52,5	51,3	35,8	21,8	27,3	24,4	15,2	26,2
	55,3	42,9	38,5	22,0	32,5	26,6	15,6	26,7
	51,0	43,1	39,3	22,2	34,6	29,9	16,5	30,2
	61,6	15,3	40,9	24,2	42,0	31,2	20,7	31,4
	43,9	13,3	42,3	25,9	43,8	31,3	20,9	31,4
	53,2	43,0	42,6	27,7	45,6	32,5	22,1	32,3
	10,1	17,4	46,8	28,6	49,6	33,1	24,4	33,2
	37,7	15,7	49,1	30,2	54,1	39,6	33,6	33,6
	56,2	10,6	62,4	33,9	54,4	41,0	33,7	37,1
	42,0	34,4	63,4	36,3	59,8	41,5	41,8	37,7
	60,4	17,9	66,6	88,7	0,0	43,8	43,3	38,1
	23,5	20,6	71,8	44,1	0,0	44,6	46,2	43,7
	29,8	0,0	78,3	92,0	0,0	98,4	48,0	0,0
	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	66,2	0,0
	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
N	18,0	17,0	18,0	18,0	15,0	18,0	19,0	17,0
POVP.	43,8	29,0	43,9	32,0	37,1	32,8	25,6	29,4

	<i>Delež ekstrakta</i> 100,0%			
	Petrijevka 1	Petrijevka 2	Petrijevka 3	Petrijevka 4
	Dlž.kor.[mm]	Dlž.kor.[mm]	Dlž.kor.[mm]	Dlž.kor.[mm]
	4,6	11,3	6,5	3,0
	8,6	17,0	7,4	15,4
	9,3	17,6	16,0	17,6
	14,4	20,4	19,8	20,6
	15,3	21,6	22,0	21,9
	15,4	31,7	22,7	25,3
	16,1	32,5	23,4	26,6

	19,7	33,7	25,5	27,6
	23,1	34,3	26,5	33,9
	30,6	39,0	32,2	35,0
	31,9	42,4	32,3	37,0
	32,0	0,0	32,4	40,3
	38,4	0,0	33,2	40,7
	39,7	0,0	39,3	40,7
	42,0	0,0	43,2	47,0
	42,2	0,0	43,2	57,4
	44,1	0,0	43,2	0,0
	54,6	0,0	52,5	0,0
	0,0	0,0	0,0	0,0
	0,0	0,0	0,0	0,0
N	18,0	11,0	18,0	16,0
POVP.	26,8	27,4	29,0	30,6

Preglednica D 4: Dolžina korenin (Dlž. kor.) vrtno kreše (*Lepidium sativum* L.) po treh dnevih od začetka kalitve.

Lepidium sativum

Delež

ekstrakta

	0,0%				12,5%			
	Petrijevka 1	Petrijevka 2	Petrijevka 3	Petrijevka 4	Petrijevka 1	Petrijevka 2	Petrijevka 3	Petrijevka 4
	Dlž.kor.[mm]	Dlž.kor.[mm]	Dlž.kor.[mm]	Dlž.kor.[mm]	Dlž.kor.[mm]	Dlž.kor.[mm]	Dlž.kor.[mm]	Dlž.kor.[mm]
	72,6	8,6	7,3	16,4	6,1	9,7	28,1	11,3
	24,5	9,8	7,9	21,9	12,7	17,0	32,4	20,5
	38,6	17,6	16,7	25,9	34,5	19,0	39,3	35,1
	52,5	20,0	17,0	28,4	41,1	24,6	57,5	35,3
	47,7	24,4	30,9	35,6	47,8	33,5	58,7	36,2
	17,5	28,5	41,4	36,3	49,9	42,2	60,3	38,4
	31,1	28,7	41,6	36,7	54,5	44,9	60,7	40,7
	57,7	29,3	43,5	40,2	57,5	46,0	62,8	42,7
	23,0	31,5	54,2	40,4	57,8	50,5	64,0	55,6
	37,5	44,0	54,4	46,5	60,1	56,2	64,6	61,2
	23,9	56,1	55,2	46,9	66,6	58,4	66,9	61,8
	62,8	63,8	58,8	47,7	67,9	59,1	72,0	64,9
	50,4	64,1	61,8	50,1	70,0	65,4	72,8	65,7
	28,4	64,7	64,1	54,9	76,1	71,0	73,8	71,9
	61,8	65,4	65,8	56,7	76,5	84,0	77,4	76,5
	27,0	71,0	67,9	62,9	0,0	89,9	78,9	76,7
	44,5	72,0	68,9	68,8	0,0	0,0	79,8	77,0
	0,0	75,4	71,6	0,0	0,0	0,0	79,8	82,4
	0,0	79,7	80,2	0,0	0,0	0,0	80,6	0,0
	0,0	85,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
N	17,0	20,0	19,0	17,0	15,0	16,0	19,0	18,0
POVP.	41,3	47,0	47,8	42,1	51,9	48,2	63,7	53,0

Delež
ekstrakta

	25,0%				50,0%			
	Petrijevka 1	Petrijevka 2	Petrijevka 3	Petrijevka 4	Petrijevka 1	Petrijevka 2	Petrijevka 3	Petrijevka 4
	Dlž.kor.[mm]	Dlž.kor.[mm]	Dlž.kor.[mm]	Dlž.kor.[mm]	Dlž.kor.[mm]	Dlž.kor.[mm]	Dlž.kor.[mm]	Dlž.kor.[mm]
	14,6	6,0	74,3	26,5	44,9	52,3	43,3	67,0
	26,3	11,4	48,0	45,2	49,0	0,0	43,9	18,7
	29,2	14,8	62,6	27,6	55,5	34,6	39,1	47,9
	30,8	50,7	55,8	22,8	36,8	35,4	27,1	47,7
	31,6	0,0	48,9	60,4	8,2	76,6	57,5	58,6

	33,0	34,1	57,9	48,3	51,1	49,6	0,0	48,7
	34,8	45,2	55,6	46,0	63,8	0,0	53,0	30,9
	36,3	45,4	61,5	52,7	54,3	50,1	44,7	33,6
	40,4	47,6	58,5	14,8	48,6	55,2	40,7	61,6
	41,6	55,1	72,1	60,6	45,1	48,8	28,7	56,0
	45,1	55,3	53,8	53,7	50,1	49,1	21,7	15,3
	51,2	59,1	47,7	37,7	66,0	57,5	50,7	55,2
	51,9	60,0	59,4	0,0	57,0	21,3	55,0	63,3
	53,3	60,3	51,0	41,9	21,3	39,8	30,9	47,0
	54,4	60,5	51,8	0,0	48,1	54,7	43,8	58,6
	59,6	73,7	7,9	35,7	35,7	45,6	59,5	51,9
	60,5	0,0	69,7	0,0	6,9	73,4	43,4	59,7
	60,9	0,0	67,4	52,6	43,6	43,1	38,8	0,0
	6,4	0,0	0,0	32,7	30,9	33,1	0,0	0,0
	0,0	0,0	0,0	18,8	45,4	0,0	0,0	0,0
N	19,0	15,0	18,0	17,0	20,0	17,0	17,0	17,0
POVP.	40,1	45,3	55,8	39,9	43,1	48,2	42,5	48,3

**Delež
ekstrakta**

	100,0%			
	Petrijevka 1	Petrijevka 2	Petrijevka 3	Petrijevka 4
	Dlž.kor.[mm]	Dlž.kor.[mm]	Dlž.kor.[mm]	Dlž.kor.[mm]
	39,2	40,2	44,3	42,4
	43,6	39,5	29,0	0,0
	16,4	21,2	47,2	37,3
	39,1	41,9	29,5	0,0
	22,3	28,5	38,3	37,8
	47,8	31,5	25,9	13,1
	35,5	20,3	48,8	18,7
	21,0	31,5	28,5	24,6
	14,1	36,7	38,8	30,6
	35,3	43,5	64,1	32,8
	38,5	26,4	43,2	38,5
	46,2	32,2	41,2	12,8
	0,0	31,5	6,2	14,5
	15,5	25,5	45,1	17,5
	39,5	60,4	18,2	26,9
	0,0	0,0	33,2	22,2
	24,9	25,8	36,4	33,0
	0,0	40,6	40,3	48,2
	22,7	17,5	0,0	11,4
	0,0	0,0	0,0	25,5
N	16,0	18,0	18,0	18,0
POVP.	31,3	33,0	36,6	27,1