

UNIVERZA V LJUBLJANI
BIOTEHNIŠKA FAKULTETA
ODDELEK ZA AGRONOMIJO

Sabina KOZMUS

**VPLIV SADRE NA RAST OVSA (*Avena sativa* L.) IN
IZBOLJŠANJE DOSTOPNOSTI DUŠIKA IZ
GNOJEVK**

DIPLOMSKO DELO

Visokošolski strokovni študij - 1. stopnja

Ljubljana, 2011

UNIVERZA V LJUBLJANI
BIOTEHNIŠKA FAKULTETA
ODDELEK ZA AGRONOMIJO

Sabina KOZMUS

**VPLIV SADRE NA RAST OVSA (*Avena sativa* L.) IN IZBOLJŠANJE
DOSTOPNOSTI DUŠIKA IZ GNOJEVK**

DIPLOMSKO DELO
Visokošolski strokovni študij - 1. stopnja

**EFFECT OF GYPSUM ON THE GROWTH OF OATS (*Avena sativa* L.)
AND IMPROVEMENT OF NITROGEN ACCESSIBILITY FROM
MANURE**

B. SC. THESIS
Professional Study Programmes

Ljubljana, 2011

Diplomsko delo je zaključek Visokošolskega strokovnega študija Kmetijstvo – agronomija in hortikultura – 1. stopnja. Delo je bilo opravljeno na Katedri za pedologijo in varstvo okolja, Oddelka za agronomijo Biotehniške fakultete Univerze v Ljubljani. Potekalo je v pedološkem laboratoriju in v rastlinjaku Biotehniške fakultete.

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

Komisija za oceno in zagovor:

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

Član: doc. dr. Rok Mihelič
Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, oddelek za agronomijo

Članica: doc. dr. Darja Kocjan Ačko
Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, oddelek za agronomijo

Datum zagovora:

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

Sabina KOZMUS

KLJUČNA DOKUMENTACIJSKA INFORMACIJA

ŠD	Dv1
DK	UDK 633. 13:631.821:631.811.1(043.2)
KG	gnojenje / gnojevka / sadra / apnenje / oves / <i>Avena sativa</i> / dušik / dostopnost dušika
AV	KOZMUS, Sabina
SA	MIHELIČ, Rok (mentor)
KZ	SI-1000 Ljubljana, Jamnikarjeva 101
ZA	Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za agronomijo
LI	2011
IN	VPLIV SADRE NA RAST OVSA (<i>Avena sativa</i> L.) IN IZBOLJŠANJE DOSTOPNOSTI DUŠIKA IZ GNOJEVK
TD	Diplomsko delo (Visokošolski strokovni študij - 1. stopnja)
OP	IX, 32, [4] str., 13 pregl., 18 sl., 5 pril., 23 vir.
IJ	sl
JI	sl/en
AI	Zasnovali smo lončni poskus, ki temelji na 13 različnih variantah v treh ponovitvah. V 150 ml goveje in prašičje gnojevke smo zamešali sadro (gips) v dveh stopnjevalnih odmerkih: 2 in 6 g sadre/ g N iz gnojevk, ter apnenec (ekvivalent 5 t/ha) in žvepleno kislino (znižanje pH gnojevke na 6). Želeli smo ugotoviti dostopnost dušika iz gnojevk. Gnojevki, apnenec ter žvepleno kislino smo zmešali v zemljo. Posejali smo testno rastlino oves (<i>Avena sativa</i> L.). Na sredini poskusa smo izmerili: višino rastlin, meritev zelenila listov s klorofilomerom, pH v suspenziji tal in v izcednih vodah, nitrat v suspenziji tal in v izcednih vodah, amonij v suspenziji tal. Na koncu poskusa smo izmerili še: C- org, N- skupni, S- skupni, S- min. Dodatek sadre je nekoliko zvišal pH pri variantah z dodatkom goveje gnojevke, je pa bistveno zmanjšal vsebnost nitratnega dušika v tleh še posebej pri ne gnojenih tleh, ter delno pri goveji gnojevki. Vpliv sadre, apnenca in kisline na ohranitev amonijskega dušika v tleh je bil povsod sorazmerno majhen, največja ohranitev amonijskega dušika v tleh s sadro pa je bila pri gnojenju s prašičjo gnojevko in dodatkom 2 g sadre/ g N.

KEY WORDS DOCUMENTATION

ND Dv1

DC UDK 633. 13:631.821:631.811.1(043.2)

CX plan nutrition / gypsum / oats / *Avena sativa* / nitrogen / nitrogen accessibility manure

AU KOZMUS, Sabina

AA MIHELIČ, Rok (supervisor)

PP SI-1000 Ljubljana, Jamnikarjeva 101

PB University of Ljubljana, Biotechnical Faculty, Department of Agronomy

PY 2011

TY EFFECT OF GYPSUM ON THE GROWTH OF OATS (*Avena sativa* L.) AND
IMPROVEMENT OF NITROGEN ACCESSIBILITY FROM MANURE

DT B. Sc. Thesis (Professional Study Programmes)

NO IX, 32, [4] p., 13 tab., 18 fig., 5 ann., 23 ref.

LA sl

Al sl/en

AB We designed the pot experiment, based on 13 different treatments in triplicate. In 150 ml of beef and pig slurry, we added gypsum (plaster) in two doses scalable: 2 and 6 g of gypsum/ g N in manure, and limestone (equivalent to 5 t/ha) and sulphuric acid (to lower pH of slurry to 6). We wanted to determine the availability of nitrogen from manure. Manure, limestone and sulphuric acid were mixed into the soil. We planted a test crop of oats (*Avena sativa* L.). In the middle of the experiment were measured: plant height, greenness of leaves measured with chlorophyll meter, soil pH in suspension and in leachate, nitrate in the soil suspension and in leachate, ammonium in the soil suspension. At the end of the experiment, we measured: C- org, N- total, S- total, S- min. Added gypsum has slightly increased pH in the variant with the addition of beef slurry, but significantly reduced the content of nitrate nitrogen in the soil especially in non fertilized soil, and partly for beef slurry. Impact of gypsum, limestone and acid on the conservation of ammonia nitrogen in the soil was everywhere relatively small, maximum conservation ammonia nitrogen in the soil was in fertilization with pig slurry and addition of 2 g gypsum/ g N.

KAZALO VSEBINE

	Str.
KLJUČNA DOKUMENTACIJSKA INFORMACIJA	II
KEY WORDS DOCUMENTATION	III
KAZALO VSEBINE	IV
KAZALO PREGLEDNIC	VI
KAZALO SLIK	VI
KAZALO PRILOG	VII
OKRAJŠAVE IN SIMBOLI	VIII
1 UVOD	1
1.1 NAMEN IN HIPOTEZA	1
2 PREGLED OBJAV	2
2.1 KAJ JE SADRA?	2
2.1.1 Žveplo	3
2.1.1.1 Oblike in razporeditev žvepla v tleh	5
2.1.2 Kalcij	6
2.2 SADRA IN NJENI VPLIVI NA SESTAVI TAL	6
2.2.1 Koristi gnojenja s sadro na pašnikih	7
2.2.2 Odmerki sadre za gnojenje	8
2.3 VEZAVA DUŠIKA V GNOJEVKAH	8
3 MATERIALI IN METODE	9
3.1 LOKACIJA POSKUSA	9
3.2 TALNE RAZMERE	9
3.3 POSTAVITEV POSKUSA	9
3.4 PRIPRAVA TAL	10
3.5 POLNJENJE LONCEV IN OZNAČEVANJE	10
3.6 DODAJANJE SADRE, APNENCA, GOVEJE IN PRAŠIČJE GNOJEVKE TER ŽVEPLENE KISLINE V LONCE	10
3.7 SETEV OVSA	10
3.8 ODVZEM VZORCA ZEMLJE S SONDO	10
3.9 MERJENJE VIŠINE RASTLIN	11
3.10 ŠKROPLJENJE OVSA PROTI UŠEM	11
3.11 IZVAJANJE NALIVA	11
3.12 ŽETEV IN SUŠENJE OVSA	11
3.13 TEHTANJE SUHE SNOVI ZRNJA IN SLAME OVSA	12
3.14 IZRAČUN ODVZEMA DUŠIKA S SLAMO OVSA IN Z ZRNJEM OVSA	12
3.15 IZRAČUN NAVIDEZNEGA IZKORISTKA DUŠIKA (ANR)	12
4 LABORATORIJSKO DELO	13
4.1 PRIPRAVA VZORCEV ZA MERJENJE pH, NITRATA IN AMONIJA V EKSTRAKTU TAL IN V IZCEDNIH VODAH	13
4.2 MERITEV pH	13
4.3 MERJENJE VSEBNOSTI NITRATNEGA DUŠIKA (NO ₃ -N) V VZORCIH	13
4.4 MERJENJE AMONIJSKEGA DUŠIKA V VZORCIH	14

4.5	DOLOČITEV SKUPNEGA OGLJIKA, DUŠIKA IN ŽVEPLA V RASTLINSKIH VZORCIH, Z VARIO MAX CN(S)	15
4.5.1	Princip delovanja analizatorja	15
4.5.2	Postopek določevanja skupnega ogljika, dušika in žvepla	15
4.5.3	Postopek določevanja skupnega organskega ogljika	15
5	REZULTATI	17
5.1	VIŠINA RASTLIN OVSA	17
5.2	NITRATNI DUŠIK V EKSTRAKTU TAL	18
5.3	NITRATNI DUŠIK V IZCEDNIH VODAH	19
5.4	AMONIJSKI DUŠIK V EKSTRAKTU TAL	20
5.5	pH V EKSTRAKTU TAL	21
5.6	pH V IZCEDNIH VODAH	22
5.7	KOLIČINA RASTLIN NA POSAMEZEN LONEC	23
5.8	MASA SUHE SNOVI OVSA NA HEKTAR	24
5.9	ODVZEM DUŠIKA IN ŽVEPLA S SLAMO OVSA (kg N/ha)	25
5.10	ODVZEM DUŠIKA IN ŽVEPLA Z ZRNJEM OVSA (kg N/ha)	25
5.11	NAVIDEZEN IZKORISTEK DUŠIKA IZ SLAME IN ZRNJA OVSA	26
6	RAZPRAVA	27
7	SKLEP	29
8	POVZETEK	30
9	VIRI	31
	ZAHVALA	
	PRILOGE	

KAZALO PREGLEDNIC

	Str.
Preglednica 1: Analiza sadre (Calcin S) (Analize je opravil laboratorij Cinkarne d.d.)	2
Preglednica 2: Zbrana mikro in makro hranila, ter njihove koncentracije v različnih vzorcih gipsa oz. sadre; Spectrum analytic, 2010	3
Preglednica 3: Depozit žvepla ($\text{kg SO}_4^{2-} \text{ S/ha}$) s padavinami v Ljubljani od leta 1980 do leta 2007; Meteorološki podatki, 2009	5
Preglednica 4: Zasnova lončnega poskusa; Laboratorij BF, 2010	9
Preglednica 5: Variante na katerih so se pojavile uši; Rastlinjak BF, 2010	12
Preglednica 6: Višina rastlin ovsa ob zrelosti; Rastlinjak BF, 2010	17
Preglednica 7: Vsebnost nitratnega dušika v ekstraktu tal; Laboratorij BF, 2010	18
Preglednica 8: Vsebnost nitratnega dušika v izcednih vodah; Laboratorij BF, 2010	19
Preglednica 9: Vsebnost amonijskega dušika v tleh; Laboratorij BF, 2010	20
Preglednica 10: Vsebnost pH v ekstraktu tal; Laboratorij BF, 2010	21
Preglednica 11: Vsebnost pH v izcednih vodah; Laboratorij BF, 2010	22
Preglednica 12: Število rastlin na lonec; Rastlinjak BF, 2010	23
Preglednica 13: Celotna masa suhe snovi ovsa (kg/ha); Laboratorij BF, 2010	24

KAZALO SLIK

	Str.
Slika 1: Deponija v naravi pridobljene sadre; Berrys ..., 2011	3
Slika 2: Depozit žvepla ($\text{kg SO}_4^{2-} \text{ S/ha}$) s padavinami v Ljubljani od leta 1980 do leta 2007; Meteorološki podatki, 2009	5
Slika 3: Lončni poskus v sredini rastne dobe; Rastlinjak BF, 2010	11
Slika 4: Lončni poskus pred žetvijo; Rastlinjak BF, 2010	12
Slika 5: Meritev pH vzorcev; Laboratorij BF, 2010	13
Slika 6: Meritev amoniaka s RQflex-om; Laboratorij BF, 2010	14
Slika 7: Analizator Vario MAX CN(S); Laboratorij BF, 2010	16
Slika 8: Višina rastlin ovsa ob zrelosti; Rastlinjak BF, 2010	17
Slika 9: Vsebnost nitratnega dušika v ekstraktu tal; Laboratorij BF, 2010	18
Slika 10: Vsebnost nitratnega dušika v izcednih vodah; Laboratorij BF, 2010	19
Slika 11: Vsebnost amonijskega dušika v tleh; Laboratorij BF, 2010	20
Slika 12: Vsebnost pH v ekstraktu tal; Laboratorij BF, 2010	21
Slika 13: Vsebnost pH v izcednih vodah; Laboratorij BF, 2010	22
Slika 14: Število rastlin na lonec; Rastlinjak BF, 2010	23
Slika 15: Celotna teža suhe snovi ovsa (kg/ha); Laboratorij BF, 2010	24
Slika 16: Odvzem dušika in žvepla s slame ovsa (kg N/ha); Laboratorij BF, 2010	25
Slika 17: Odvzem dušika in žvepla z zrnja ovsa (kg N/ha); Laboratorij BF, 2010	25
Slika 18: Navidezni izkoristek dušika iz slame in zrnja ovsa; Laboratorij BF, 2010	26

KAZALO PRILOG

Priloga A: Vsebnost suhe snovi (kg/ha), odvzemi dušika in žvepla s slamo in z zrnjem ovsa (kg N/ha) ter navidezni izkoristek (%)
Priloga A1: Vsebnost suhe snovi slame in zrnja ovsa (kg/ha)
Priloga A2: Odvzem dušika in žvepla iz slame ovsa (kg/ha)
Priloga A3: Odvzem dušika in žvepla iz zrnja ovsa (kg/ha)
Priloga A4: Navidezni izkoristek dušika in žvepla v slami in zrnju ovsa
Priloga B: Laboratorijske analize
Priloga B5: Vsebnost C, N in S v slami in zrnju ovsa

OKRAJŠAVE IN SIMBOLI

sod.	sodelavci
str.	stran
npr.	na primer
oz.	oziroma
itd.	in tako dalje
$^{\circ}\text{C}$	stopinja Celzija
M	molarno
pH	reakcija tal- stopnja kislosti ali alkalnosti tal
ppm	število masnih ali volumskih delcev izbrane snovi v milijonu delov raztopine
std.	standardni odklon
SS	suha snov
Ca	kalcij
S	žveplo
N	dušik
He	helij
O ₂	kisik
NO ₃	nitrat
NH ₄ ⁺	amonij
NO ₃ -N	nitratni dušik
P ₂ O ₅	fosforjev pentoksid
K ₂ O	kalijev oksid
H ₂ O	voda
CO ₂	ogljikov dioksid
SO ₄ ²⁻	sulfatni ion
SO ₂	žveplov dioksid
H ₂ S	vodikov sulfid
CaO	kalcijski oksid
CaCl ₂	kalcijski klorid
CaCO ₃	kalcijski karbonat
H ₂ SO ₄	žveplena kislina
NO ₂	dušikov dioksid
SIST	Slovenski inštitut za standardizacijo
ISO	Mednarodna organizacija za standardizacijo (International Organization for Standardization)
K	kontrola (zemlja)
KS1	zemlja+ 1,5 grama sadre
KS2	zemlja+ 4,5 grama sadre
GSO	zemlja+ goveja gnojevka
GS1	goveja gnojevka+ 1,5 grama sadre
GS2	goveja gnojevka+ 4,5 grama sadre
PSO	zemlja+ prašičja gnojevka

PS1	prašičja gnojevka+ 1,5 grama sadre
PS2	prašičja gnojevka+ 4,5 grama sadre
GAp	goveja gnojevka+ 19 grama apnenca
PAP	prašičja gnojevka+ 19 grama apnenca
Gksl	goveja gnojevka+ žveplena kislina
Pksl	prašičja gnojevka+ žveplena kislina

1 UVOD

Sadra je eden redkih materialov, ki je hkrati izboljševalec tal in gnojilo. Vsebuje 23 % kalcija (Ca) in 18 % žvepla (S). Očiščena sadra je zelo čista, in vsebnost potencialno nevarnih kovin je zelo majhna, tako da ni nevarnosti preobremenjevanja okolja z njimi.

Sadra ima veliko vplivov na lastnosti tal. Izboljša pronicanje vode v tleh, poveča se vsebnost organske snovi, pomaga zmanjšati izhlapevanje amonijskega dušika, itd. Ko gnojimo s sadro je potrebno, da odmerjamo toliko sadre, da zadovoljimo potrebe rastlin po hranilih. Priporočen odmerek sadre je 500 kg/ha (Mihelič, 2011). Sadro oz. tržni proizvod Calcin- S v Sloveniji kot stranski proizvod pridelovanja titanovega oksida proizvajajo v Cinkarni Celje.

1.1 NAMEN IN HIPOTEZA

V diplomski nalogi želimo pridobiti podatke o vplivu sadre na lastnosti tal, in vplivu na rast rastlin. Želeli smo tudi ugotoviti kako sadra vpliva na vezavo dušika iz gnojevk. Zato smo zasnovali lončni poskus z različnimi variantami. V zemljo smo poleg dveh različnih gnojevk (goveja in prašičja) dodali še različne odmerke sadre, apnenca in žveplene kisline.

Namen predstavljene raziskave je bil, da bi s sadro, ki smo jo zamešali v živinska gnojila, vezali amonijski ion, in zmanjšali izgube dušika iz živinskih gnojil z izhlapevanjem amoniaka.

Domnevamo, da bo sadra pozitivno vplivala na rast in na količino nadzemne biomase, in da bomo lahko s pomočjo sadre izboljšali dostopnost dušika iz gnojevk.

2 PREGLED OBJAV

2.1 KAJ JE SADRA?

Sadra oz. gips (kalcijev sulfat dihidrat – $\text{CaSO}_4 \times 2\text{H}_2\text{O}$) je eden redkih materialov, ki je hkrati izboljševalec tal in gnojilo. V kemijsko čisti obliki vsebuje 23 % kalcija (Ca) in 18 % žvepla (S). S sadro ne zvišujemo pH vrednosti tal pač pa pozitivno vplivamo na fizikalne in kemijske lastnosti tal. Tako sadro uporabljamo tam, kjer želimo ohranjati ali povečati koncentracijo kalcija v tleh brez spremembe pH vrednosti tal. Kadar gnojimo s sadro sta kalcij in žveplo zelo hitro dostopna za rastline, in ne vplivata na spremembo reakcije tal. Sadra torej ni snov s katero bi zemljo apnili, da bi zmanjšali njeno kislost (Mihelič, 2009).

V naravi se sadra pojavlja skupaj s kameno soljo in anhidritom. Je naravni mineral, ki se nahaja v sedimentalnih kamninah in je nastal pred 100 milijoni leti pri izhlapevanju vode prostranih morij, ki so prekrivali kontinente. Trenutne svetovne zaloge naravne sadre ocenjujejo na 2,26 bilijona ton od tega 35 % v Evropi. Kemijsko je sadra sestavljena iz ene molekule kalcijevega sulfata CaSO_4 in dveh molekul vode, ki sta kristalno vezani in predstavljata 20,9 % celote. Nad temperaturo 40 °C prične izhajati kristalna voda in sadra pridobi novo kristalno obliko. Struktura dihidrata je sestavljena iz plasti, kjer vodne molekule povezujejo plasti CaSO_4 . Tako je cepljivost najlažja na plasteh, kjer so vodne molekule. Sadra je naravni mineral, ki ga lahko zdrobimo, mu s segrevanjem odvzamemo vodo in mu nato povrnemo prvotno obliko z dodatkom vode.

Pregl. 1: Analiza sadre (Calcin S) (Analize je opravil laboratorij Cinkarne d.d.)

Parameter	Vsebnost
Vlaga	4-12%
$\text{CaSO}_4 \times 2\text{H}_2\text{O}$	>95%
Kristalna voda	>20%
CaCO_3	<4%
SO_4^{2-}	>55%
Ca	>22%
Al	<0,009%
Cr	<0,007%
Cu	<0,001%
Fe	<0,13%
Mn	<0,001%
Ti	<0,31%
Zn	<0,004%
Pb	<0,001%
Ni	<0,001%
Premer delcev	90-110 mikronov
pH	5-8

V tem postopku se pri čiščenju titanove sekundarne surovine uporablja žveplena kislina. V postopku čiščenja dobijo dve vrsti sadre, manj očiščeno – rdečo sadro, ki gre na posebno deponijo, in očiščeno – belo sadro oz. proizvod Calcin- S.

Očiščena sadra je zelo čista: > 95 % je kemijsko čiste sadre, okrog 4 % je apnenca, le do 1 % je drugih spojin. Vsebnost potencialno nevarnih kovin (Pb, Zn, Ni, Cr...) je zelo majhna, tako da ni nevarnosti preobremenjevanja okolja z njimi (Pregl. 1).



Slika 1: Deponija v naravi pridobljene sadre (Barrys ..., 2011: 29)

Pregl. 2: Zbrana mikro in makro hranila, ter njihove koncentracije v različnih vzorcih gipsa oz. sadre (Spectrum analytic, 2010: 30)

Element	Različni vzorci gipsa oz. sadre					
	Enota	Muzejski vzorec	Sintetični gips	Naravni gips	Gips za modeliranje	Suhomontažni gips
Kalcij	%	22,6	23,0	19,1	22,4	21,9
Magnezij	%	0,01	0,03	1,35	0,05	0,22
Žveplo	%	18,6	18,7	15,1	19,3	18,1
Bor	ppm	<13,1	26,7	9,4	0,4	7,3
Železo	ppm	<1	26,4	1045	44	547
Mangan	ppm	0,1	5,5	14,6	9,1	9,4
Fosfor	ppm	3,8	16,7	30,6	7,5	51,6

ppm: število masnih ali volumskih delcev izbrane snovi v milijonu delov raztopine ali zmesi.

2.1.1 Žveplo

Žveplo (S) spada med makrohranilo, kot so dušik (N), fosfor (P), kalij (K), kalcij (Ca) in magnezij (Mg) (Leskošek in Mihelič, 2002). Rastline sprejemajo žveplo skozi korenine,

ponavadi kot sulfatni ion (SO_4^{2-}) (Scherer, 2001), velik delež pa tudi skozi liste v obliki žveplovega dioksida (SO_2). Ker se žveplo slabo veže (se izpira), z njim ne gnojimo založno, ravno tako ne z dušikom (Koch in sod., 2000).

Tla vsebujejo tudi do tisoč kg S/ha, ki pa je v večini organsko vezanega in je rastlinam dostopen šele po mineralizaciji do sulfata. Sulfat v tleh ni vezan ali zelo šibko vezan, zato se spira, predvsem čez zimo (Koch in sod., 2000).

V preteklosti ni bilo potrebno gnojiti z žveplenovimi gnojili, saj ga je v tleh iz onesnaženega ozračja prišlo dovolj. V zadnjih nekaj letnih, pa prihaja do pomanjkanja žvepla v različnih rastlinah in žveplo se dodaja v vsa kompleksna mineralna gnojila.

Izračuni za merilno mesto Ljubljana – Bežigrad, na primer kažejo, da se je količina žvepla, ki pride v tla s padavinami (mokri depozit), od leta 1980 do leta 2007 zmanjšala z 88 kg SO_4^{2-} S/ha na 8 kg SO_4^{2-} S/ha (slika 2). Letni depozit žvepla s padavinami je v Sloveniji od 4 do 11 kg/ha (Zupan, 2009), kar je manj od letnega odvzema žvepla s pridelki, ki je med 10 in 60 kg/ha (Scherer, 2001; Mengel in sod., 2001). Glede na podatke drugih evropskih držav lahko pričakujemo pomanjkanje žvepla v kmetijskih rastlinah, saj je žveplo nujno potrebno rastlinsko makrohranilo (Leskošek in Mihelič, 2002). Med rastlinami z večjimi potrebami po žveplu so križnice in metuljnice.

Povečane potrebe po žveplu imajo rastline, ki tvorijo veliko beljakovin, na primer vse metuljnice in tudi visoko produktivna žita. Žveplo pomembno vpliva na vsebnost olja v rastlini. Predvsem križnice (oljna ogrščica) in čebulnice potrebujejo veliko žvepla za velik pridelek in kakovost olja. Nadalje vpliva na metabolizem ogljikovih hidratov in, če je dovolj, poveča vsebnost sladkorjev (npr. v grozdju) in alkoholne stopnje v vinu. Pomembno je tudi pri tvorbi škroba. Gnojenje krompirja z žveplom vpliva pozitivno tudi na druge znake kakovosti (vsebnost askorbinske kisline, amino-kislin, beljakovin, boljša skladiščna obstojnost, itd.), poveča pa se tudi razmerje med gomolji in nadzemnimi poganjki v prid pridelka gomoljev. Žveplo posredno vpliva na povečanje izkoristka dušika, in zmanjšuje vsebnost nitratov v rastlinskem soku.

Problem pri gnojenju z žveplom je v tem, da žveplo lahko tudi negativno vpliva na kakovost pridelkov. Prekomerna vsebnost žvepla v tleh, še bolj gnojenje z žveplom lahko poveča vsebnost glukozinulatov v zrnju oljne ogrščice, kar poslabša okusnost takšne krme in lahko povzroča golšavost pri živalih in ljudeh, in druge toksične učinke. Nasprotujoča si učinka, povečanje pridelka zrnja oljne ogrščice na eni strani in povečanje vsebnosti glukozinulatov na drugi strani, je težko uskladiti, toda treba se je izogibati, da bi odmerjali več žvepla, kot ga ogrščica potrebuje (Mihelič, 2009).

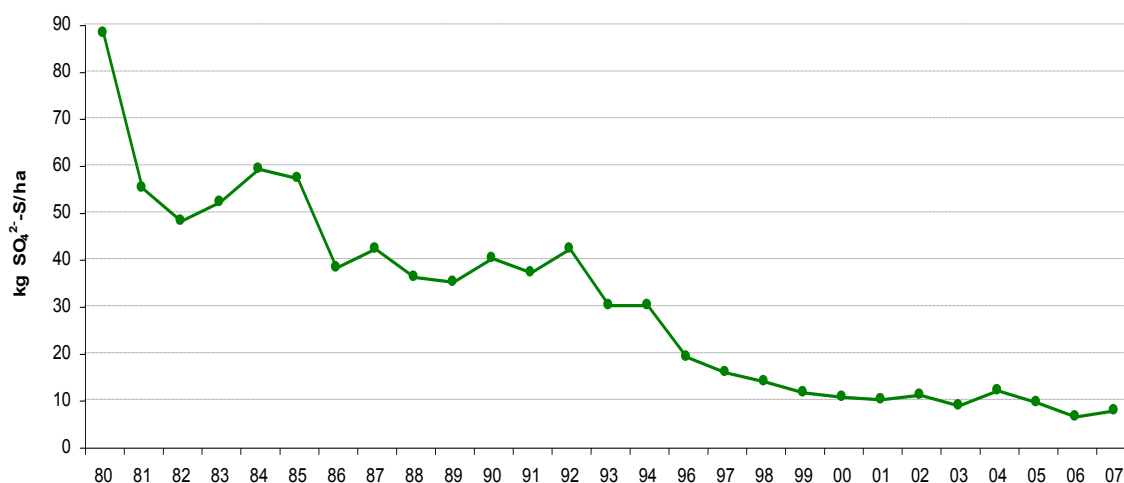
2.1.1.1 Oblike in razporeditev žvepla v tleh

Žveplo se v tleh pojavlja v organski in anorganski obliki, vendar je večina žvepla v tleh organsko vezanega (Mendel in sod., 2001). Količina organsko vezanega žvepla se navadno z globino manjša in se pri globini večji od 1,5 m ne pojavlja več (Mengel in sod., 2001).

Ker je večina žvepla v tleh organsko vezanega, pride do mobilizacije žvepla v dostopno obliko – sulfatni ion, preko mineralizacije organske snovi. Pri temperaturi tal pod 10 °C (pri nas je to nekje do začetka maja) mineralizacija žvepla praktično ne poteka (Leskošek in Mihelič, 2002). Pri mineralizaciji organskega ogljika prihaja do sproščanja mineralnih oblik žvepla. V aerobnih razmerah je končni produkt mineralizacije žvepla nastanek sulfata. Disimilativna redukcija sulfata poteka v aerobnem okolju. Produkt je H₂S (vodikov sulfid) ali dimetil sulfid, ki izhaja kot plin, ali pa v prisotnosti kovin tvori slabo topne kovinske sulfide (na primer FeS) (Stopar in sod., 2006).

Pregl. 3: Depozit žvepla (kg SO₄²⁻ S/ha) s padavinami v Ljubljani od leta 1980 do leta 2007 (Meteorološki podatki, 2009)

LJUBLJANA									
	1980	1981	1982	1983	1984	1985	1986	1987	1988
(kg SO ₄ ²⁻ S/ha)	88	55	48	52	59	57	38	42	36
	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1996	1997	1998
(kg SO ₄ ²⁻ S/ha)	35	40	37	42	30	30	19	16	14
	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007
(kg SO ₄ ²⁻ S/ha)	11	11	10	11	9	12	9	6	8



Slika 2: Depozit žvepla (kg SO₄²⁻ S/ha) s padavinami v Ljubljani od leta 1980 do leta 2007 (Meteorološki podatki, 2009)

Podatke o koncentraciji žvepla v padavinah smo pridobili od Agencije Republike Slovenije za okolje (Meteorološki podatki, 2009: 31)

2.1.2 Kalcij

Kalcij (Ca) je poleg glavnih hranil (dušika, fosforja, kalija) četrto pomembno rastlinsko hranilo. Njegova vloga pri rasti in razvoju rastlin je ne pogrešljiva, ravno tako ima pomembno vlogo pri delitvi in rasti rastlinskih celic ter pri tvorbi sladkorja in škroba. Omogoča močan koreninski sistem in pospešuje nastanek klorofila. V naravnem okolju najdemo kalcij kot sestavni del zemeljske skorje, kjer je vezan v vodno težko topnih ali netopnih oblikah, kot so karbonati, fosfati, sulfati. Kalcij v tleh ima zelo pomembno vlogo, ker vpliva na pH vrednost tal oz. na kislost tal. Rastline imajo različno močno izraženo potrebo po kalciju. Kljub sorazmerno dobrim založenostim naših tal s kalcijem pride velikokrat do pomanjkanja tega hranila. Težava je v tem, da je kalcij v tleh najpogosteje vezan v različnih netopnih oblikah, kot so silikati. Veliko tal v Sloveniji je na karbonatnih kamninah, ki so poznane po tem, da so karbonati v vodi lahko topni in pride do naravnega sproščanja kalcija v talno raztopino. Takšen kalcij je velikokrat podvržen izpiranju iz pridelovalne plasti tal. Ter je na tak način za pridelovanje izgubljen.

V glavnem najdemo kalcij v foliarnih gnojilih v dveh oblikah, in sicer v CaO in v obliki kalcijevega klorida (CaCl). Za vsa gnojila pa je pomembno, da je kalcij v vodotopni obliki, ker ga rastline le v takšni obliki hitro sprejmejo v rastlinsko tkivo.

Ena izmed oblik dodajanja kalcija v tla je vnos s sadro. Kalcijevi dvovalentni kationi delujejo v tleh povezovalno za talne delce z negativnim površinskim nabojem. S tem izboljšuje strukturnost tal ter izboljšuje poroznost in vodno zračne lasnosti tal.

2.2 SADRA IN NJENI VPLIVI NA SESTAVO TAL

Sadra ima velik vpliv na lastnosti tal. Zemlja obdelana s sadro oz. gipsom ima manjšo gostoto v primerjavi z neobdelanimi tlemi. Izboljšanje tal in prepustnost bo prisotna tudi več let, in površinska uporaba gnojil bo lažje prodrla v tla (Shainberg in sod. 1989).

Sadra izboljša stopnjo pronicanja vode v tla in tudi hidravlično prevodnost tal. Tla, ki so bila gnojena s sadro imajo širši spekter obsega vlažnosti, kar je varno pred zbitostjo tal.

Kalcij je glavni mehanizem vezave organske snovi v tleh, ki daje stabilnost talnim agregatom. Tako lahko rečemo, da se vsebnost organske snovi poveča če so tla gnojena s sadro. Stalen dotok kalcija v organskih tleh je bistvenega pomena za deževnike, ki izboljšujejo tla, prezračujejo, združujejo in premešajo zemljo. Kalcij ima tudi bistveni pomen za biokemične mehanizme, s katerimi se večina rastlinskih hranil absorbira v korenine (Epstein, 1961).

Sadra, ki vsebuje kalcij lahko pomaga zmanjšati izgubo izhlapevanja amonijskega dušika. Kalcij lahko zmanjša učinkovitost pH z obarjanjem karbonatov in tudi z oblikovanjem kompleksnih kalcijevih soli z amonijskim hidroksidom, ki preprečuje izgubo amonija v

ozračje (Fenn in sod., 1993). Kalcij izboljšuje vnos dušika v rastlinske korenine še posebej, ko so rastline mlade. Če je na voljo bistveno vpliva na biokemične mehanizme, s katerimi se večina rastlinskih hranil absorbira v korenine.

Kalcij deluje kot regulator stanja v rastlinah, zlasti pri mikro hranilih kot so železo, cink, mangan in baker. Ureja tudi nebitvene elemente v sledovih (Alva in sod. 1993).

Če imamo tla, kjer je odstotek izmenljivega natrija previsok, ga je potrebno zmanjšati zaradi izboljševanja tal in boljše rasti pridelkov. Najbolj ekonomičen način je dodajanje sadre, ki vsebuje kalcij. Sadra zmanjša pH slanih tal na 7,5 do 7,8. Te vrednosti se gibljejo v razponu sprejemljivem za rast pridelkov (Lindsay, 1979).

Kalcija je pogosto premalo pri razvoju plodov. Dobra kakovost plodov zahteva ustrezno količino kalcija, ki ga pa mora biti stalno dovolj v koreninah (Scott in sod. 1993). Kulture, ki bodo še posebej hvaležno reagirale na gnojenje s sadro, so predvsem tiste, ki jim godi rahlo kislo okolje, vseeno pa nujno potrebujejo zadosti kalcija in žvepla. Take so številne: okrasne rastline (večina iglavcev, azaleje, rododendroni), borovnice, med poljščinami pa krompir, volčji bob (Mihelič, 2009).

Sadra ne deluje fitotoksično, saj se je korenine ne izogibajo, temveč je prekoreninjenost boljša, kot v tleh brez sadre (Mihelič, 2011).

2.2.1 Koristi gnojenja s sadro na pašnikih

Poleg boljše oskrbe rastlin z žveplom in povečanje zasičenost talnega kompleksa s kalcijem, je uporaba pomembna za rahljanje in povečanje zračnosti tal, kadar je v tleh veliko magnezija. Če je na razpolago tudi dovolj sveže odmrle organske snovi (iztrebki, pašni ostanki) potem se tudi zelo poveča delovanje in število deževnikov v tleh. Sadra iz Cinkarne Celje je bel/siv prah, ki je toliko vlažen (88 do 90 %), da ga je treba trositi s trosilcem za hlevski gnoj ali na roke. Dovoljena je za uporabo na kmetijskih zemljiščih, saj koncentracije različnih primesi (krom, baker, nikelj, svinec, mangan) ne presegajo dovoljenih vrednosti. Sadro uporabljamo za gnojenje, lahko podobno kot dušična gnojila, to je večkrat v rastni dobi in tako, da bo po njeni uporabi na pašniku padlo v kratkem času vsaj 50 mm dežja. Tako bo sadra odplaknjena z listov rastlin in bo prišla v zemljo, kjer bosta žveplo in kalcij lahko opravila koristno delo. Z visokimi odmerki sadre pride v tla v kratkem času preveč sulfatnega iona (SO_4^{2-}), in ko se po obilnem dežju višek vode odcedi bo s to odvečno vodo odplavljen tudi sulfatni ion. Ta pa vzame s seboj v podtalje tudi katione kalcija, natrija, kalija, amonija in magnezija in s tem siromaši tla za ta rastlinska hranila (Vidrih, 2008).

2.2.2 Odmerki sadre za gnojenje

Rastline dobro prenašajo sadro, tudi če jo odmerimo preveč. Vendar je smiselno odmerjati le toliko sadre, da z njo zadovoljimo potrebe rastlin in tal po kalciju in žveplu- to je 300 do 1000 kg/ha letno (Mihelič, 2011). Priporočen odmerek sadre je 500 kg/ha. Preveč kalcija namreč lahko povzroči slabše sprejemanje drugih hranil, kot so kalij, magnezij in nekateri mikroelementi.

Na podlagi laboratorijskih in lončnih poskusov bi za uspešno vezavo amonijskega dušika priporočali odmerek 6 g sadre/1 g skupnega dušika v gnojevki, kar z drugimi besedami pomeni, da bi v m³ gnojevke morali vmešati približno 30 kg sadre (Calcin-S) (Mihelič, 2011).

2.3 VEZAVA DUŠIKA V GNOJEVKAH

V živinskih gnojilih dušik nastopa v dveh oblikah, organski in amonijski. Amonijski dušik, ki ga je veliko v gnojevkah, gnojnicah in v perutninskem gnoju, se delno pretvori v hlapni in toksični amoniak. Hlapni amoniak nastaja v vlažnem gnoju ali gnojevki, če je pH raztopine nad 6,5. Izhlapevanje je pospešeno v toplem in vetrovnem vremenu. Izhlapevanje popolnoma preneha, če pH raztopine pade pod 4,5 (Hartung in Phillip, 1994).

Izgube dušika, ki pri tem nastanejo, so lahko velike in pomenijo ekonomsko škodo. Dušik je namreč dragoceno hranilo. Izhlapeli amoniak poslabša klimo v hlevu in bivanjske razmere za živino. Ima neprijeten, dražeč vonj, ki po gnojenju z živinskimi gnojili zelo moti tudi prebivalce v bližini hlevov in pognojenih površinah. Vpliva lahko na tvorbo kislega dežja in s tem škoduje rastlinju in vodotokom (Ndegwa in sod., 2008).

Raziskave kažejo, da se da zmanjšati izgube dušika iz živinskih gnojil, če se amonij (NH₄⁺) veže na negativno nabite ione (anione). Moč vezave je odvisen od lastnosti povezane molekule.

3 MATERIALI IN METODE

3.1 LOKACIJA POSKUSA

Lončni poskus se je izvajal v rastlinjaku - na Biotehniški fakulteti, v Ljubljani, Jamnikarjeva 101.

3.2 TALNE RAZMERE

Tla, ki smo jih uporabili za lončni poskus smo dobili na poskusnem polju Biotehniške fakultete. Tla na poskusnem polju so srednje globoka, meljasto- glinasto-ilovnata (MGI) do težko meljasto-glinaste-teksture (MG). Tla so psevdoglejna in meliorirana. Na globini od 0 do 30 centimetrov vsebujejo približno 4,0 % humusa, pH tal je 6,8. Založenost tal s P_2O_5 je 21,1 mg/100g, s K_2O je 32,3 mg/100g ter nasičenost z bazami je 78,3 %.

3.3 POSTAVITEV POSKUSA

Namen poskusa je bil dokazati uporabo bele sadre v različnih odmerkih na rast ovsa in izboljšanje dostopnosti dušika iz dveh različnih gnojevk.

Preglednica 4: Zasnova lončnega poskusa

K	Samo zemlja	
KS1	Zemlja + 1,5 g sadre	
KS2	Zemlja + 4,5 g sadre	
GSO	Zemlja pognojena s 150 ml goveje gnojevke brez sadre	
GS1	Zemlja pognojena s 150 ml goveje gnojevke + 1,5 g sadre	0,7 g N iz gnojevke/lonec + 2 g sadre/1g N iz gnojevke
GS2	Zemlja pognojena s 150 ml goveje gnojevke + 4,5 g sadre	0,7 g N iz gnojevke/lonec + 6 g sadre/1 g N iz gnojevke
PSO	Zemlja pognojena s 150 ml prašičje gnojevke brez sadre	
PS1	Zemlja pognojena s 150 ml prašičje gnojevke + 1,5 g sadre	0,7 g N iz gnojevke/lonec + 2 g sadre/1g N iz gnojevke
PS2	Zemlja pognojena s 150 ml prašičje gnojevke + 4,5 g sadre	0,7 g N iz gnojevke/lonec + 6 g sadre/1 g N iz gnojevke
GApn	Zemlja pognojena s 150 ml goveje gnojevke + 19 g apnenca	0,7 g N iz gnojevke/lonec + 5 ton apnenca/ha
PAPn	Zemlja pognojena s 150 ml prašičje gnojevke + 19 g apnenca	0,7 g N iz gnojevke/lonec + 5 ton apnenca/ha
Gksl	Zemlja pognojena s 150 ml goveje gnojevke + H_2SO_4	10,85 ml kisline /100 ml vode in prelijemo že pognojena tla z gnojevko ter zamešamo v zgornjih 10 cm tal (ekvivalent kisline za znižanje pH gnojevke na pH = 5,5).
Pksl	Zemlja pognojena s 150 ml prašičje gnojevke + H_2SO_4	13,55 ml kisline /100 ml vode in prelijemo že pognojena tla z gnojevko ter zamešamo v zgornjih 10 cm tal (ekvivalent kisline za znižanje pH gnojevke na pH = 5,5).

3.4 PRIPRAVA TAL

Tla, ki smo jih uporabljali za lončni poskus smo morali najprej presejati skozi sito (1 cm x 1 cm), da smo ločili fine delce zemlje od skeleta, šele nato smo lahko napolnili lonce z zemljo.

3.5 POLNJENJE LONCEV IN OZNAČEVANJE

Lonce, ki so imeli volumen 7,5 litra smo napolnili z zemljo do vrha. Masa suhe zemlje v polnem loncu je bila 7 kilogramov. Na koncu smo vsak lonec označili z tablicami na katerih so bile napisane variante, in pod vsak lonec dali podstavek.

3.6 DODAJANJE SADRE, APNENCA, GOVEJE IN PRAŠIČJE GNOJEVKE TER ŽVEPLENE KISLINE V LONCE

Sadro in apnenec smo najprej zatehtali. Odmerek sadre je bil v vseh poskusnih loncih razen v kontrolnem loncu različen. Odmerek apnenca je bil pri vseh variantah isti. Govejo in prašičjo gnojevko smo dali v vse poskusne lonce razen v kontrolne, odmerek gnojevke je bil 150 mililitrov na lonec. Žvepleno kislino (H_2SO_4) smo pripravili tako, da smo za varianto Gksl razredčili 10,85 ml kisline s 100 ml vode, za varianto Pksl pa smo razredčili 13,55 ml kisline z 100 ml vode. Sadro, apnenec, gnojevko in žvepleno kislino smo dali v zemljo in jih premešali z zemljo na globino 10 centimetrov (Pregl. 4).

3.7 SETEV OVSA

V poskusne lonce smo 17. 5. 2010 posejali oves. Najprej smo zemljo v loncih prerahljali nato pa smo posejali oves. Dali smo 10 do 15 semen na lonec, in jih razporedili v krogu, da so bila semena enakomerno porazdeljena po celem loncu. Na koncu smo zemljo dobro zalili.

3.8 ODVZEM VZORCA ZEMLJE S SONDO

Iz vsakega lonca smo odvzeli vzorce zemlje s sondo. Sondo smo zapičili v zemljo in jo odvzeli, to smo ponovili dvakrat na vsak lonec. Nato smo zemljo stresli v papirnato vrečko, na katero smo napisali za kateri vzorec gre in datum odvzema zemlje. To zemljo smo uporabili za nadaljnje meritve, ki smo jih izvajali v laboratoriju.

3.9 MERJENJE VIŠINE RASTLIN

Z ravnilom smo izmerili rastline v vsakem loncu posebej. Izmerili smo vse rastline in izračunali povprečno višino rastlin na lonec.



Slika 3: Lončni poskus v sredini rastne dobe (Rastlinjak BF, 2010)

3.10 ŠKROPLJENJE OVSA PROTI UŠEM

Dne 21. 6. 2010 smo opazili na ovsu zelene in črne uši.

Preglednica 5: Variante na katerih so se pojavile uši

1. ponovitev	GS2, PSO, PS1
2. ponovitev	K, GSO, PS1, GAp, PAp, Gksl, Pksl, K+S1, K+S2
3. ponovitev	K

Še isti dan smo poškropili rastline z insekticidom Biscaya (0,3 l/ha, 1x škropljenje).

3.11 IZVAJANJE NALIVA

Lonce smo 23. 6. 2010 naenkrat zalili z dvema litroma vode ($= 80 \text{ l/m}^2$) in nato pustili čez noč, da se je izcejena voda natekla v podstavke. Naslednji dan smo perkolate prelili v majhne posodice, v katerih smo potem izvajali meritve v laboratoriju.

3.12 ŽETEV IN SUŠENJE OVSA

Dne 3. 8. 2010 smo poželi oves. Rastline smo porezali s škarpami, in vse vzorce rastlin dali v papirnate vrečke, ki smo jih prej označili. Rastline smo sušili 48 ur pri 70°C .



Slika 4: Lončni poskus pred žetvijo (Rastlinjak BF, 2010)

3.13 TEHTANJE SUHE SNOVI ZRNJA IN SLAME OVSA

Najprej smo vzeli posušene rastline iz sušilnika, nato smo ločili zrnje od slame. Zrnju smo najprej odstranili pleve in ga očistili na situ. Zrnje in slamo smo zdrobili v mlinčku, in vzorce shranili v papirnate vrečke, ki smo jih prej označili.

3.14 IZRAČUN ODVZEMA DUŠIKA S SLAMO IN Z ZRNJEM OVSA

Izračun odvzema dušika s slamo in z zrnjem ovsa smo dobili po naslednjem izračunu:

$$\text{Odvzem N (kg/ha)} = \text{pridelek (kg/ha SS)} \times \% \text{ N} / 100 \quad \dots(1)$$

Kjer je: pridelek (kg/ha SS) = podan v preglednici 13

% N = smo izmerili v CN (S) razmerju (priloga B)

3.15 IZRAČUN NAVIDEZNEGA IZKORISTKA DUŠIKA (ANR)

Izračun navideznega izkoristka ANR (apparent N recovery) nam pove, kakšni so bili izkoristki dušika glede na kontrolno varianto, ki ni bila gnojena z dušikom. Izkoristek dušika smo dobili po naslednjem izračunu:

$$\text{ANR}\% = (\text{N}_{\text{odv(obr)}} - \text{N}_{\text{odv(kon)}}) / \text{N}_{\text{(obr)}} \quad \dots(2)$$

Kjer je: $\text{N}_{\text{odv(obr)}}$ = odvzem dušika izbranega obravnavanja oz. gnojenja

$\text{N}_{\text{odv(kon)}}$ = odvzem dušika kontrole (brez dušika)

$\text{N}_{\text{(obr)}}$ = gnojenje z dušikom izbranega obravnavanja oz. gnojenja.

Primer: za varianto GS1

Dodali smo 0,7 g N iz gnojevke na lonec. Lonec je imel površino 0,0254 m², tako da na en hektar dobimo 275,6 kg N iz gnojevke.

$$\text{ANR}\% = (52,9 - 35,6) / 275,6 \times 100 = 6,3\%$$

4 LABORATORIJSKO DELO

4.1 PRIPRAVA VZORCEV ZA MERJENJE pH, NITRATA IN AMONIJA V EKSTRAKTU TAL IN V IZCEDNIH VODAH

Natehtali smo vzorce zemlje, ki smo jih odvzeli za meritev s sondo. Nato smo dali te vzorce v stekleničke, v katere smo poleg zemlje še dodali vodo v količini petkratne tehtane količine zemlje. Stekleničke smo zaprli, in jih dali na stresalnik za dve uri. Po dveh urah smo vzorce vzeli iz stresalnika, in jih pustili nekaj časa, da se je zemlja posedla. Nato smo tekočino iz vsake stekleničke odlili v epruvete skozi filter papir, ki je zajel še delce zemlje. Epruvete smo zaprli in jih označili. Izcedno vodo smo dobili dan po izvajanju naliva, ko se je voda natekla v podstavek poskusnega lonca. Vodo smo prelili v stekleničke, ki smo jih prej označili. Pred meritvijo smo vodo prefiltrirali skozi filter, da smo odstranili primesi.

4.2 MERITEV pH

Pred meritvijo vzorcev smo elektrode pomočili v raztopino znane pH vrednosti (pH pufri) in umerili pH meter. Nato smo začeli meriti posamezne vzorce. Vsak vzorec smo pred meritvijo premešali, nato pomočili vanj elektrode in izmerili pH. Na ekranu se nam je izpisala vrednost pH meritve. Med vsako menjavo vzorcev smo elektrodo sprali z destilirano vodo in obrisali z papirnatim robčkom.



Slika 5: Meritev pH vzorcev (Laboratorij BF, 2010)

4.3 MERJENJE VSEBNOSTI NITRATNEGA DUŠIKA ($\text{NO}_3\text{-N}$) V VZORCIH

Princip

RQflex je priročen aparat za merjenje vsebnosti mnogih ionov v raztopini, med drugim tudi mineralnih oblik dušika ($\text{N- min} = \text{NO}_3\text{-N} + \text{NH}_4\text{-N}$) v ekstraktu tal. Metoda temelji na izmenjavi mineralnih oblik dušika iz sorptivnega dela tal ter talne raztopine v ekstrakcijsko

raztopino, v katero s pomočjo RQ- flexa izmerimo vsebnost N- min v tleh (Sušin in Kmecl, 2000). Kot ekstrakcijsko raztopino smo uporabili deionizirano vodo (1 masni del vzorca smo prelili s 5 masnimi deli vode).

Z RQflex-om se lahko izmeri le vzorce, ki imajo vrednost nitrata med 3 mg NO_3^-/l in 90 mg NO_3^-/l . Vzorce, ki so imeli vrednost večjo od 90 mg NO_3^-/l , smo desetkrat razredčili z deionizirano vodo in ponovno izmerili nitrat.

Postopek

Testni listič smo za dve sekundi pomočili v pripravljen vzorec, odvečno tekočino otriesli z lističa in ga po 60 sekundah vstavili v merilni del aparata. Na ekranu se je pokazala vrednost nitrata v mg/l.

4.4 MERJENJE AMONIJSKEGA DUŠIKA V VZORCIH

Princip

Z RQflex-om se lahko izmeri le vzorce, ki imajo vrednost amonija med 0,2 in 7,0 mg/l NH_4^+ . Zato smo vsem vzorcem najprej kolorimetrično, s testnimi lističi, določili okvirno vrednost amonija. Vzorce, ki so imeli vrednost večjo od 7,0 mg/l NH_4^+ , smo desetkrat razredčili z destilirano vodo.

Postopek

Pet mililitrov vzorca smo dodali deset kapljic reagenta NH_4 -1, vzorec smo pretresli in dodali še zvrhano žlico (priložena) reagenta NH_4 -2 ter ponovno pretresli. Testni listič smo pomočili v pripravljen vzorec in ga po osmih minutah vstavili v merilni del aparata. Na ekranu se je pokazala vrednost amonija v mg/l.



Slika 6: Meritev amoniaka z RQflex-om (Laboratorij BF, 2010)

4.5 DOLOČITEV SKUPNEGA OGLJIKA, DUŠIKA IN ŽVEPLA V RASTLINSKIH VZORCIH, Z VARIO MAX CN(S)

Inštrument Vario MAX CN(S) deluje na principu suhega sežiga tal ter omogoča hkratno analizo za dušik, ogljik in žveplo, zajame organske kot tudi anorganske oblike. Metoda je določena s standardom (SIST ISO 13878, 1995) Soil quality- Determination of total nitroge content after dry combustion (incineration at 900 °C in the CN analyser and defining with the TCD detector).

4.5.1 Princip delovanja analizatorja

- oksidacijska (sežigna) kolona je segreta na primerno delovno temperaturo (900 °C ali 1050 °C- odvisno od modela), avtomatska ročica pobere z vzorcem iz avtomatskega vzorčevalnika.
- s pomočjo ventila v posodico dodamo He, da izpodrine zrak.
- ko se vzorec spusti v oksidacijsko (sežigno) kolono, skozi ventil dodamo kisik. Iz strani v oksidacijsko kolono dovajamo tudi He, ki služi kot nosilni plin. Po popolnem sežigu vzorca pridejo iz oksidacijske kolone: H₂O, CO_x, SO_x, NO_x, halogeni, O₂ in He.
- plini gredo nato v post- oksidacijsko kolono, iz katere dobimo H₂O, CO₂, SO₂, NO₂, halogene, O₂ in He. Pred redukcijsko kolono imamo sušilno kolono, v kateri se iz plinov odstrani voda.
- plini gredo nato v redukcijsko kolono, v kateri je volfram, ki reducira pline in veže žveplo. Na koncu redukcijske kolone je srebrna volna, ki veže halogene in tako na izhodu iz redukcijske kolone dobimo CO₂, N₂ in He.
- CO₂ se nato veže na absorpcijski koloni (hladna kolona absorbira CO₂, vroča kolona sprosti CO₂), N₂ in He pa gresta na TCD detektor.
- absorpcijska kolona se nato segreje, da se sprosti CO₂, ki ga skupaj z He na detektor.

4.5.2 Postopek določevanja skupnega ogljika, dušika in žvepla

Zatehtamo 1 g vzorca in po sežigu na 900 °C določimo C, N in S brez dodatne priprave vzorca na elementarnem analizatorju podjetja Elementer, model Vario MAX CN(S).

4.5.3 Postopek določevanja skupnega organskega ogljika

Vzorec najprej tretiramo z 3% solno kislino in po sežigu na 1050 °C določimo ogljik na elementarnem analizatorju Vario MAX CN.



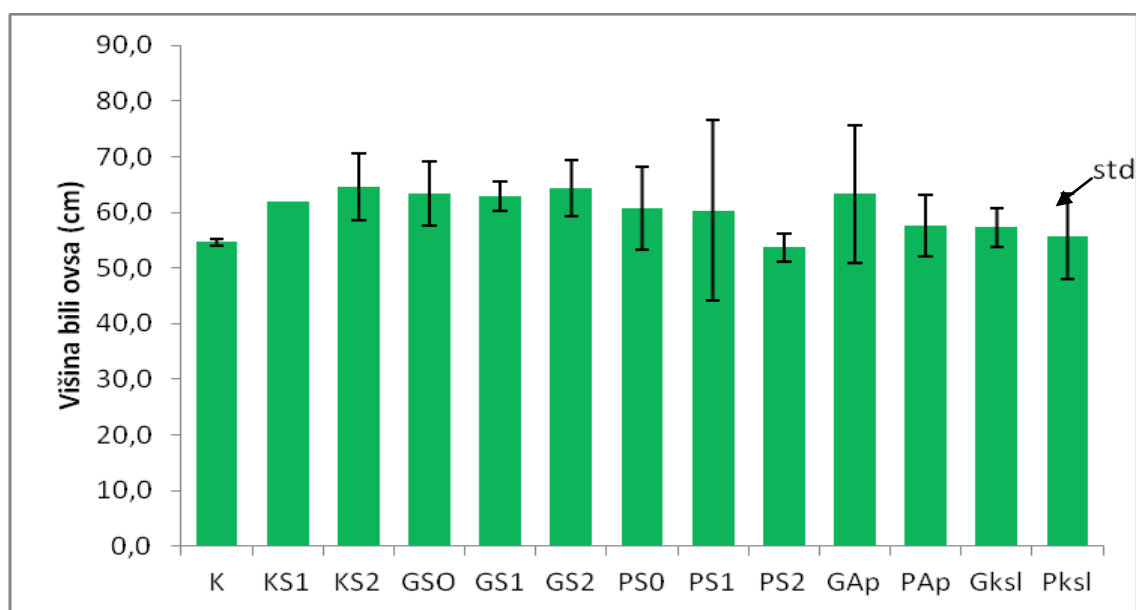
Slika 7: Analizator Vario MAX CN(S) (Laboratorij BF, 2010)

5 REZULTATI

5.1 VIŠINA RASTLIN OVSA

Preglednica 6: Višina rastlin ovsa ob zrelosti; Rastlinjak BF, 2010

Višina rastlin(cm)	K	KS1	KS2	GSO	GS1	GS2	PSO	PS1	PS2	GAp	PAP	Gksl	Pksl
1. ponovitev	55	62	71	60	65	59	53	52	54	60	54	54	47
2. ponovitev	55	62	59	60	64	69	68	50	56	77	64	61	62
3. ponovitev	54	62	64	70	60	65	61	79	51	53	55	57	58
Povprečje	54,7	62,0	63,7	63,3	63,0	64,3	60,7	60,3	53,7	63,3	57,7	57,3	55,7
Std.	0,6	0,0	6,0	5,8	2,6	5,0	7,5	16,2	2,5	12,3	5,5	3,5	7,8



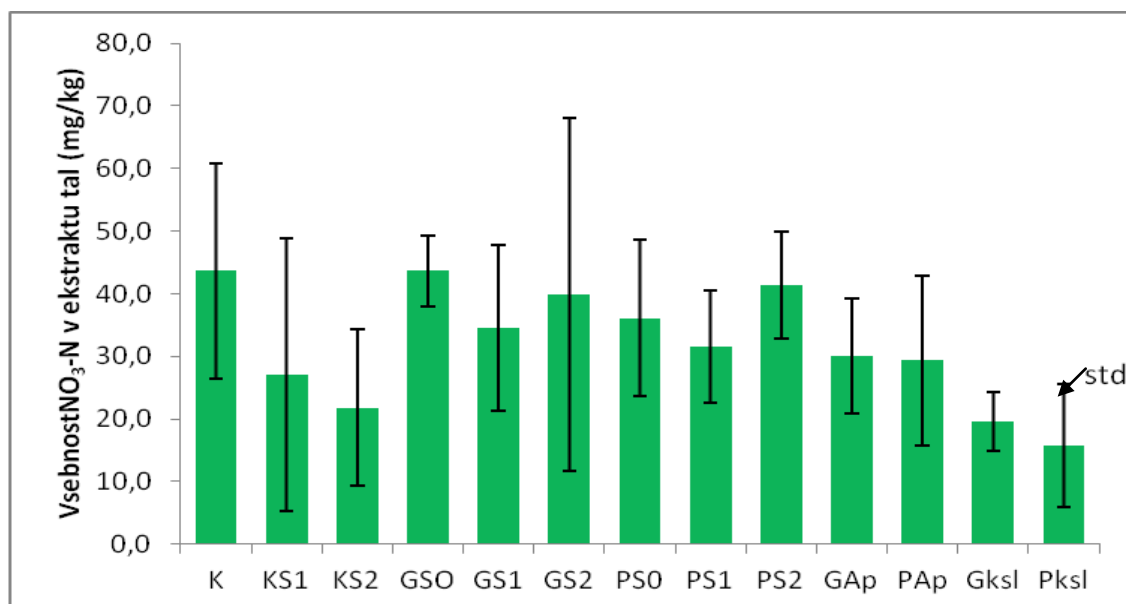
Slika 8: Višina rastlin ovsa ob zrelosti; Rastlinjak BF, 2010

Meritve višine rastlin so pokazale, da je dodatek sadre (KS1 in KS2) v negnojenih tleh značilno povečal višino rastlin, v gnojenih variantah pa razlike niso bile več značilne. Dodatek sadre v variante gnojene s prašičjo gnojevko (P) kaže celo na nekoliko negativen trend v višini rastlin, vendar so razlike med ponovitvama prevelike, da bi bil ugotovljen trend značilen. Dodatek apnenca pri variantah gnojenih z gnojevkami (GAp in PAP) ni bistveno vplival na spremembe v višini rastlin, med tem ko je dodatek žveplene kisline vplival na nekoliko manjšo rast, vendar razlike niso značilne.

5.2 NITRATNI DUŠIK V EKSTRAKTU TAL

Preglednica 7: Vsebnost nitratnega dušika v ekstraktu tal; Laboratorij BF, 2010

Vsebnost NO ₃ -N	K	KS1	KS2	GSO	GS1	GS2	PSO	PS1	PS2	GAp	PAP	Gksl	Pksl
1. ponovitev	63,2	18,1	9,0	42,9	49,7	72,2	38,4	31,6	31,6	31,6	29,3	15,8	11,3
2. ponovitev	36,1	51,9	22,6	38,4	24,8	27,1	47,4	40,6	45,1	20,3	15,8	18,1	27,1
3. ponovitev	31,6	11,3	33,9	49,7	29,3	20,3	22,6	22,6	47,4	38,4	42,9	24,8	9,0
Povprečje	43,6	27,1	21,8	43,6	34,6	39,9	36,1	31,6	41,4	30,1	29,3	19,6	15,8
Std.	17,1	21,8	12,4	5,7	13,2	28,2	12,6	9,0	8,5	9,1	13,5	4,7	9,8



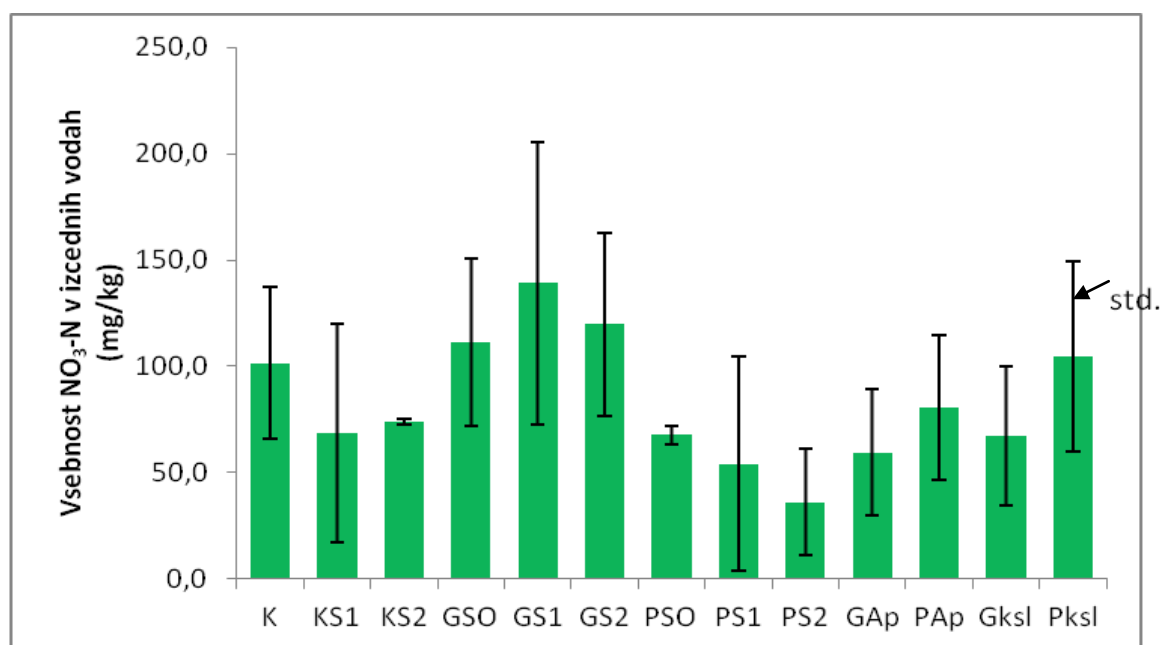
Slika 9: Vsebnost nitratnega dušika v ekstraktu tal; Laboratorij BF, 2010

Zanimivo je, da je dodatek sadre v povprečju precej zmanjšal vsebnost nitratnega dušika v ekstraktu tal. To je izrazito pri negnojenih variantah (K, KS1, KS2), ter delno pri goveji gnojevki. Tudi dodatki apnenca so vplivali na zmanjšanje vsebnosti nitratnega dušika, dodatka žveplene kisline pa sta najbolj zmanjšala vsebnost NO₃-N v tleh.

5.3 NITRATNI DUŠIK V IZCEDNIH VODAH

Preglednica 8: Vsebnost nitratnega dušika v izcednih vodah; Laboratorij BF, 2010

Vsebnost NO ₃ -N	K	KS1	KS2	GSO	GS1	GS2	PSO	PS1	PS2	GAp	PAP	Gksl	Pksl
1. ponovitev	142,2	22,6	72,2	121,9	169,3	160,3	67,7	38,4	31,6	27,1	45,1	99,3	144,4
2. ponovitev	76,7	85,8	74,5	67,7	63,2	74,5	72,2	13,5	13,5	85,5	112,9	67,7	112,9
3. ponovitev	85,7	124,4	74,5	144,4	185,1	124,2	63,2	110,6	63,2	65,5	83,5	36,1	56,4
Povprečje	101,5	68,5	73,7	111,3	139,2	119,7	67,7	54,2	36,1	59,5	80,5	67,0	104,6
Std.	35,5	51,5	1,3	39,4	66,3	43,1	4,5	50,4	25,2	29,8	34,0	32,6	44,6



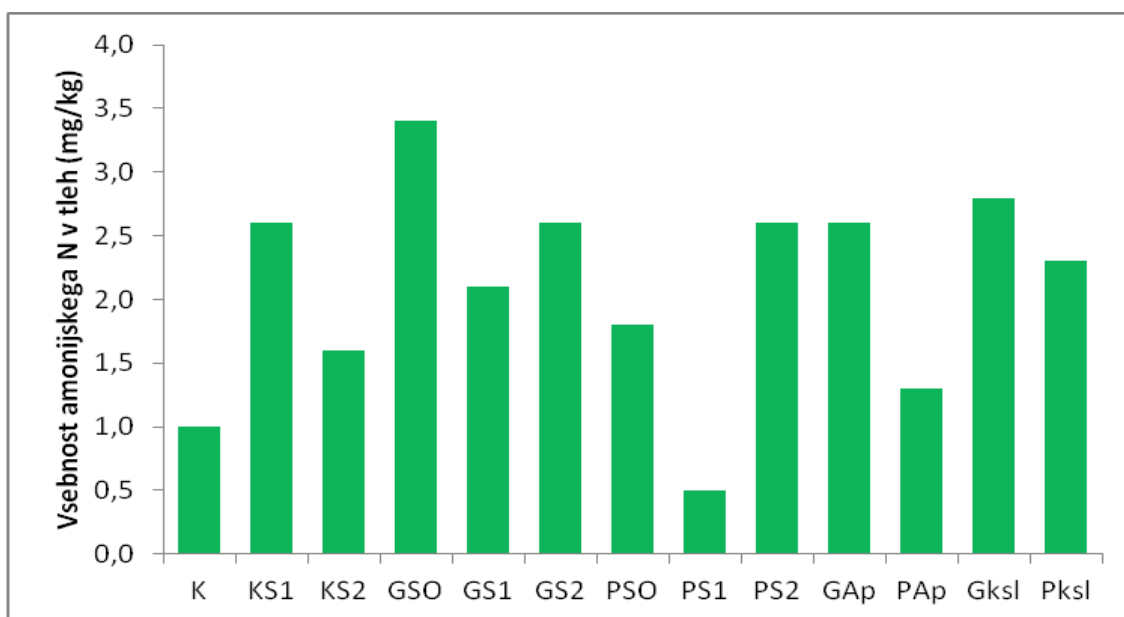
Slika 10: Vsebnost nitratnega dušika v izcednih vodah; Laboratorij BF, 2010

Pri dodatku sadre v negnojena tla je bilo manj nitratnega dušika, in to se je tudi pokazalo v perkolatih (izcednih vodah). Isti trend se je pokazal pri gnojenju s prašičjo gnojevko. Pri goveji gnojevki sadra ni imela tega učinka. Dodan apnenec je zmanjšal vsebnost nitrata v perkolatu pri varianti gnojeni z govejo gnojevko, povečal pa je vsebnost nitrata pri gnojenju s prašičjo gnojevko. Podoben učinek kot apnenec je imel tudi dodatek žveplene kisline.

5.4 AMONIJSKI DUŠIK V EKSTRAKTU TAL

Preglednica 9: Vsebnost amonijskega dušika v tleh; Laboratorij BF, 2010

Vsebnost $\text{NH}_4\text{-N}$	K	KS1	KS2	GSO	GS1	GS2	PSO	PS1	PS2	GAp	PAP	Gksl	Pksl
1. ponovitev	0,8	1,6	1,6	4,7	3,9	3,9	1,6	0,8	6,2	4,7	0,8	3,9	1,6
2. ponovitev	0,8	2,3	2,3	3,9	2,3	3,1	3,9	0,8	0,8	0,0	0,0	3,9	1,6
3. ponovitev	1,6	3,9	0,8	1,6	0,0	0,8	0,0	0,0	0,8	3,1	3,1	0,8	3,9
Povprečje	1,0	2,6	1,6	3,4	2,1	2,6	1,8	0,5	2,6	2,6	1,3	2,8	2,3
Std.	0,4	1,2	0,8	1,6	2,0	1,6	2,0	0,4	3,1	2,4	1,6	1,8	1,3



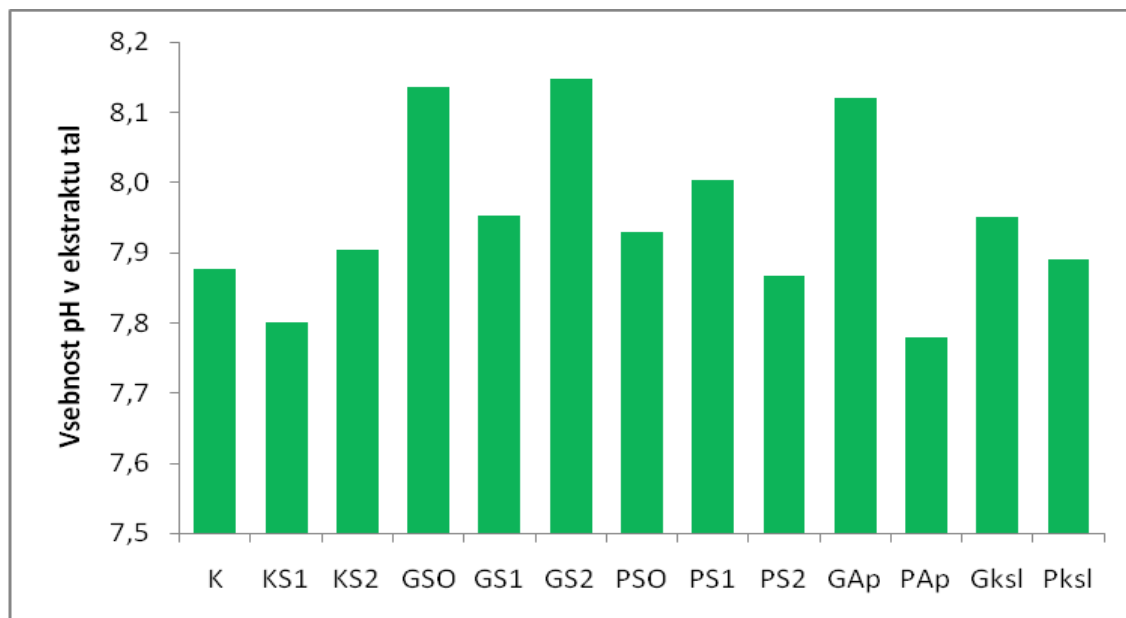
Slika 11: Vsebnost amonijskega dušika v tleh; Laboratorij Biotehniške fakultete, 2010

Vsebnost amonijskega dušika v tleh predstavlja približno 1/10 nitratnega N. Vrednosti so bile povsod sorazmerno majhne. Kakšnega značilnega trenda zaradi dodatkov sadre, gnojevke, apnenca ali kisline ni bilo.

5.5 pH V EKSTRAKTU TAL

Preglednica 10: Vsebnost pH v ekstraktu tal; Laboratorij BF, 2010

Vsebnost pH	K	KS1	KS2	GSO	GS1	GS2	PSO	PS1	PS2	GAp	PAP	Gksl	Pksl
1. ponovitev	8,3	8,1	8,1	8,2	7,6	8,1	7,8	8,02	7,9	8,2	8,1	7,9	7,9
2. ponovitev	7,9	7,7	7,7	7,8	8,1	8,04	8,1	7,9	7,9	8,1	7,6	8,1	8,1
3. ponovitev	7,4	7,6	8,0	8,4	8,2	8,3	7,9	8,1	7,8	8,2	7,7	7,9	7,7
Povprečje	7,9	7,8	7,9	8,1	8,0	8,1	7,9	8,0	7,9	8,1	7,8	8,0	7,9
Std.	0,5	0,3	0,2	0,3	0,3	0,1	0,2	0,1	0,1	0,1	0,3	0,1	0,2



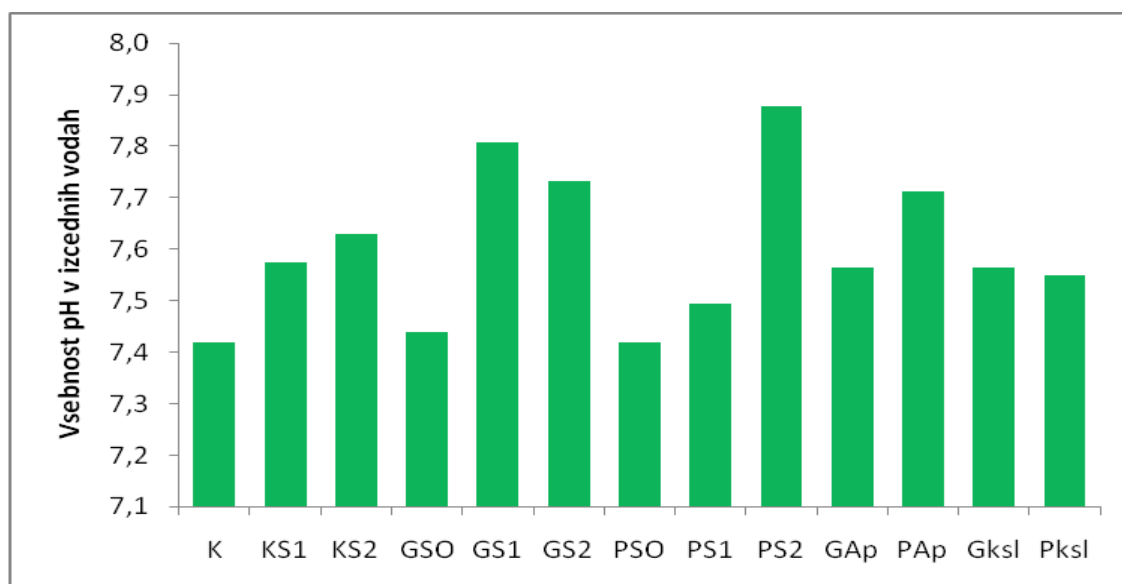
Slika 12: Vsebnost pH v ekstraktu tal; Laboratorij BF, 2010

Zanimivo je da se pH giblje pri vseh variantah med 7,8 in vse tja do 8,1. Pri negnojenih tleh in tleh z dodatkom sadre ni bilo bistvenih razlik. Največje razlike so bile opazne pri variantah gnojenih z govejo gnojevko. Dodatka sadre in apnenca v prašičjo gnojevko sta nekoliko znižala pH. Pri variantah z dodatkom žveplene kisline ni bilo nekih razlik pri obeh variantah so bile povprečne vrednosti okoli 8. Želeli pa smo z dodatkom kisline znižati pH na 6 ampak je bil vpliv le kratkotrajen.

5.6 pH V IZCEDNIH VODAH

Preglednica 11: Vsebnost pH v izcednih vodah; Laboratorij BF, 2010

Vsebnost pH	K	KS1	KS2	GSO	GS1	GS2	PSO	PS1	PS2	GAp	PAP	Gksl	Pksl
1. Ponovitev	7,7	7,8	7,8	7,5	7,7	7,8	7,6	7,4	7,9	7,6	7,8	7,5	7,7
2. ponovitev	7,2	7,3	7,5	7,6	7,7	7,7	7,5	7,6	7,8	7,3	7,4	7,5	7,4
3. ponovitev	7,3	7,6	7,6	7,2	8,1	7,7	7,2	7,6	8,0	7,8	7,9	7,7	7,6
Povprečje	7,4	7,6	7,6	7,4	7,8	7,7	7,4	7,5	7,9	7,6	7,7	7,6	7,6
Std.	0,3	0,2	0,1	0,2	0,2	0,1	0,2	0,1	0,1	0,3	0,3	0,1	0,2



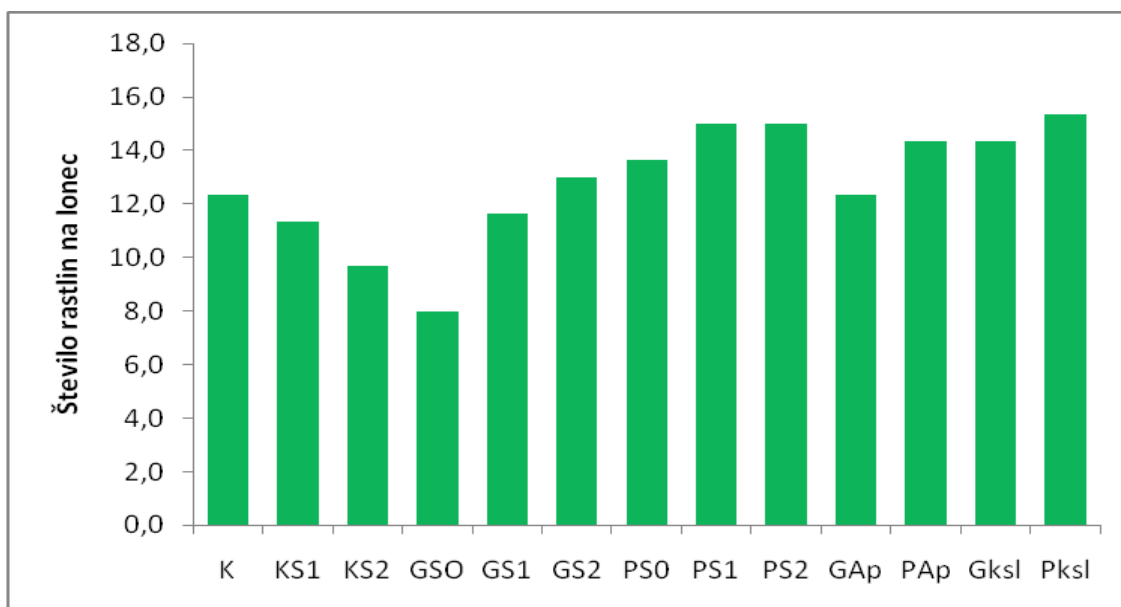
Slika 13: Vsebnost pH v izcednih vodah; Laboratorij BF, 2010

V primerjavi s pH v ekstraktu tal se je pH v perkolatih nekoliko znižal. Dodatek sadre in apnenca sta zvišala pH, pri čemer lahko sklepamo, da sta povečala izpiranje baz. Pri variantah kjer je bila dodana goveja gnojevka so bila nihanja med obema pH izrazitejša (večje nihanje med njima), kot pri variantah gnojenih s prašičjo gnojevko. Pri negnojenih tleh z dodatkom sadre in tudi pri dodatku kisline pa večjih razlik med pH v ekstraktu tal in perkolatih ni bilo. Pri vseh negnojenih variantah s sadro je bil pH nekoliko nižji od gnojenih tal.

5.7 KOLIČINA RASTLIN NA POSAMEZEN LONEC

Preglednica 12: Število rastlin na lonec; Rastlinjak BF, 2010

Število rastlin	K	KS1	KS2	GSO	GS1	GS2	PSO	PS1	PS2	GAp	PAP	Gksl	Pksl
1. ponovitev	8	14	7	7	13	12	17	16	17	7	22	13	20
2. ponovitev	12	7	14	9	10	17	14	17	12	9	9	15	14
3. ponovitev	17	13	8	8	12	10	10	12	16	21	12	15	12
Povprečje	12,3	11,3	9,7	8,0	11,7	13,0	13,7	15,0	15,0	12,3	14,3	14,3	15,3
Std.	4,5	1,2	4,2	3,8	3,8	1,0	1,5	3,6	3,5	2,6	2,6	7,6	6,8



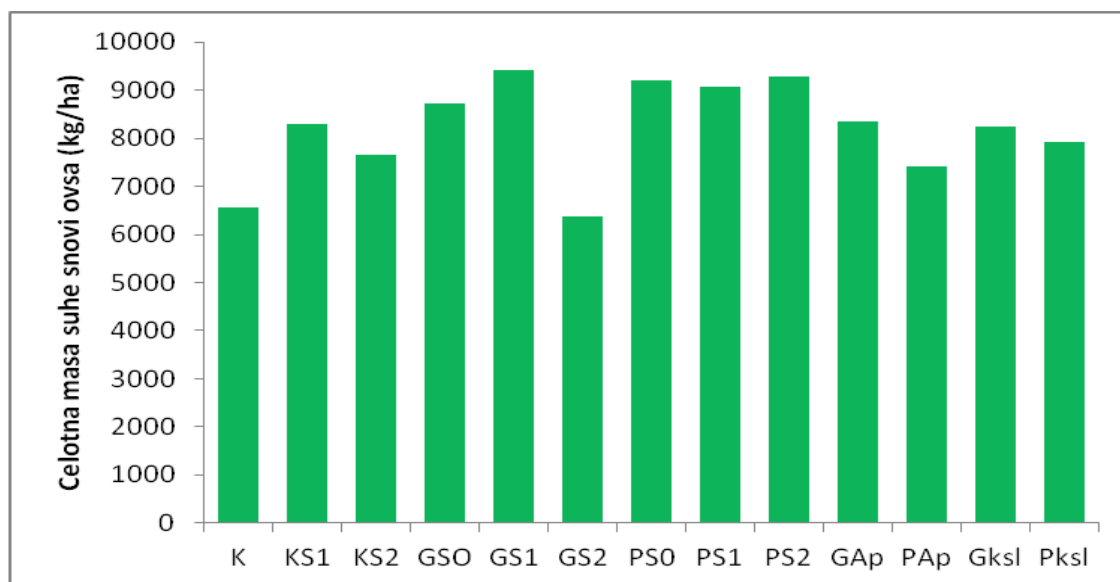
Slika 14: Število rastlin na lonec; Rastlinjak BF, 2010

Rastlin na lonec je bilo največ pri variantah gnojenih s prašičjo gnojevko in dodatkom sadre (PS1 in PS2). Pri kontrolnih variantah ni bilo bistvenih razlik. Največje variiranje je bilo pri variantah gnojenih z govejo gnojevko in dodatkom sadre (GS1 in GS2). Pri loncih, kjer je bil dodan apnenec in kislina pa ni bilo bistvenih razlik.

5.8 MASA SUHE SNOVI OVSA NA HEKTAR

Preglednica 13: Celotna masa suhe snovi ovsa (kg/ha); Laboratorij BF, 2010

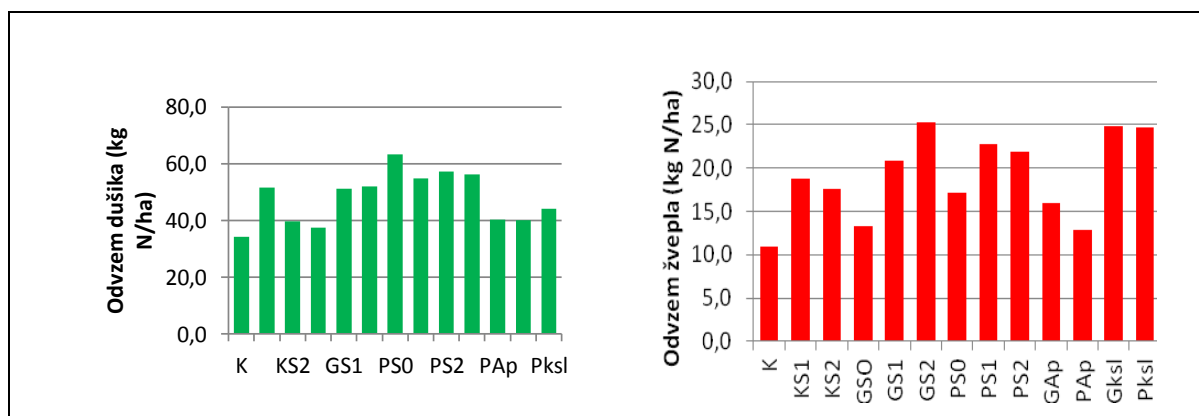
Varianta	Vsebnost celotne mase SS (kg/ha)				Std.
	1.ponovitev	2.ponovitev	3.ponovitev	Povprečje	
K	5783,5	6787,4	7129,9	6566,9	699,8
KS1	11051,2	8366,1	5429,1	8282,1	2812,0
KS2	11539,4	7389,8	4000,0	7643,1	3776,1
GSO	6988,2	9842,5	9370,1	8733,6	1529,9
GS1	8681,1	8456,7	11145,7	9427,8	1491,9
GS2	7291,3	1187,8	10637,8	6372,3	4791,6
PS0	7007,9	11145,7	9488,2	9213,9	2082,5
PS1	8192,9	9610,2	9378,0	9060,4	760,2
PS2	8413,4	9854,3	9566,9	9278,2	762,6
GAp	7263,8	9940,9	7830,7	8345,1	1410,7
PAP	8118,1	7637,8	6527,6	7427,8	815,8
Gksl	8145,7	8185,0	8421,3	8250,7	149,1
Pksl	8523,6	8035,4	7228,3	7929,1	654,2



Slika 15: Celotna masa suhe snovi ovsa (kg/ha); Laboratorij BF, 2010

Bistvene razlike med variantami ni, izstopata kontrolna varianta in varianta gnojena z govejo gnojevko in z dodano sadro, saj sta od drugih variant imeli za približno 2 t/ha manj suhe snovi. Največje količine suhe snovi so bile tam, kjer je bila dodana prašičja gnojevka z dodatkom sadre (9 t/ha). Goveja gnojevka z dodatkom sadre je tudi vplivala na večjo količino suhe snovi (9 t/ha) izjema je bila varianta GS2. Pri variantah kjer je bil dodan apnenec ali kislina, so bile količine suhe snovi približno enake to je 8 t/ha. Pri variantah (KS1, KS2) samo z dodatkom sadre so bile količine suhe snovi okoli 8 t/ha, zaradi česar lahko rečemo, da je imela že samo sadra zelo pozitiven učinek na pridelek suhe snovi ovsa.

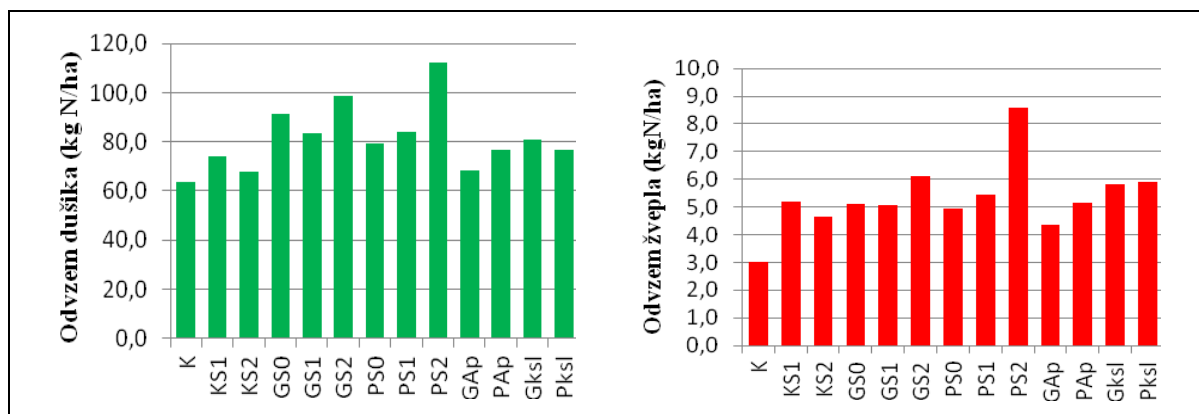
5.9 ODVZEM DUŠIKA IN ŽVEPLA S SLAMO OVSA (kg N/ ha)



Slika 16: Odvzem dušika in žvepla s slamo ovsa (kg N/ha); Laboratorij BF, 2010

Največji odvzem dušika s slamo ovsa je bil pri variantah gnojenih s prašičjo gnojevko in dodatkom sadre (PS0, PS1, PS2) in pri dodatku goveje gnojevke z apnencem (GAp). Najmanjši odvzem dušika je bil pri kontrolni varianti (K). Največji odvzem žvepla s slamo ovsa je bil pri variantah gnojenih z žvepleno kislino, ter pri varianti gnojeni z govejo gnojevko ter dodatkom sadre (GS2). Najmanjši odvzem žvepla je pri kontroli, ter pri varianti gnojeni z govejo gnojevko brez dodatka sadre.

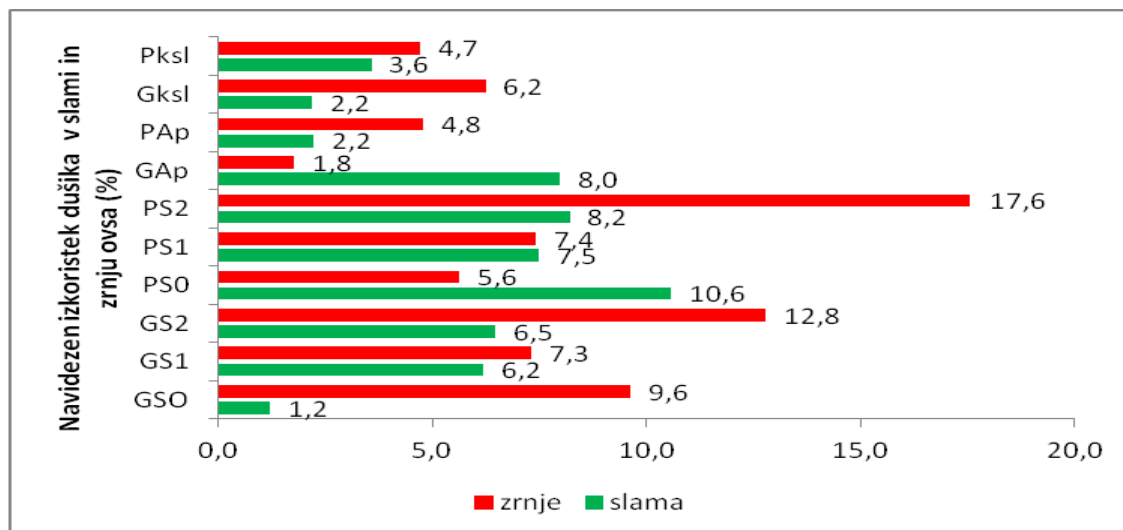
5.10 ODVZEM DUŠIKA IN ŽVEPLA Z ZRNJEM OVSA (kg N/ha)



Slika 17: Odvzem dušika in žvepla z zrnjem ovsa (kg N/ha); Laboratorij BF, 2010

Največji odvzem dušika je bil pri variantah gnojenih z govejo in prašičjo gnojevko z dodatkom sadre. Pri ostalih variantah pa ni velikih odstopanj, tako da je bil odvzem dušika približno enak. Pri odvzemu žvepla so bile prav tako razlike minimalne. Prav tako kot pri odvzemu dušika, tudi pri odvzemu žvepla izstopa varianta (PS2).

5.11 NAVIDEZEN IZKORISTEK DUŠIKA IZ SLAME IN ZRNJA OVSA



Slika 18: Navidezen izkoristek dušika iz slame in zrnja ovsa (%); Laboratorij BF, 2010

Iz slike je razvidno, da je navidezen izkoristek dušika pri zrnju ovsa večji kot pri slami, čeprav lahko oba izkoristka med seboj seštejemo. Vzroki, da je izkoristek dušika iz gnojevk povsod sorazmerno majhen so: lončni poskus ni idealen za rast rastlin od razraščanja do polne zrelosti (vročinski stres, premalo prostora za razrast korenin); kontrolna tla so imela sama precej hranil, obenem pa se je dušik, zaradi sejanja in mešanja tal v fazi zasnove poskusa intenzivno sproščal pri pospešeni mineralizaciji humusa. Zaradi tega so bili pridelki na negnojeni kontroli sorazmerno veliki. Največja razlika med navideznim dušikom v slami in zrnju je pri variantah GS0, GS2, PS2 in Gksl. Pri slami je največje izstopanje pri variantah PSO in GAp. Torej lahko sklenemo, da so izstopanja večja pri variantah, kjer ni dodatka sadre, apnenca ali kisline. Najmanjša izstopanja so pri variantah PS1 in Pksl.

6 RAZPRAVA

Sadra vsebuje 23 % kalcija in 18 % žvepla, uporablja se kot izboljševalec tal in gnojilo. Ne deluje fitotoksično, prekoreninjenost, kjer je dodana sadra je celo boljša, kot v obravnavanih brez sadre (Mihelič, 2011). S sadro ne zvišujemo pH vrednosti tal, ampak pozitivno vplivamo na fizikalne in kemijske lastnosti tal (Mihelič, 2011). Zaradi zmanjšanja lasnosti emisij SO_2 , ki so bile v preteklosti pomemben vir žvepla v tleh, je postalo redno gnojenje z žveplom pomembno (Zupan, 2009). V Sloveniji lahko dobimo sadro v obliki industrijskega proizvoda- mineralnega gnojila izdelanega v skladu z zakonom o mineralnih gnojilih, z imenom Calcin-S.

Iz naših rezultatov lahko vidimo, da je sadra povečala višino rastlin, ter pridelek nadzemne mase ovsa v primerjavi z negnojeno kontrolo. Dodatek apnenca je tudi v povprečju povečal pridelek nadzemne mase ovsa, čeprav je bila poskusna zemlja že v osnovi rahlo bazična (pH je 7,9) in v praksi ne bi priporočali apnenja takih tal. Dodatek kisline je prav tako povečal višino ovsa, in s tem tudi količino nadzemne biomase. Sadra je zmanjšala vsebnost nitratnega dušika v tleh in prav tako v izcedni vodi. Zmanjšanje nitratnega dušika ocenjujemo kot pozitivno, saj se s tem zmanjša nevarnost izgube dušika iz tal. Več nitratnega dušika pa so porabile tiste rastline, ki so bile v času vzorčenja večje. Vsebnosti amonijskega dušika so bile povsod sorazmerno majhne. Za obdobje, ko so tla topla ($> 10^{\circ}\text{C}$) je značilno, da v zračnih in zmerno kislih do nevtralnih tleh poteka hitra nitrifikacija – pretvorba amonijskega dušika v nitratno, zato je normalno, da je od mineralnega dušika – v tleh daleč največ nitratnega N. Vsebnost nitratnega dušika, ki je kazalec prehranskega statusa med rastno dobo, naj bi bila od 20 do 25 mg $\text{NO}_3\text{-N/kg}$ suhih tal (Mihelič in sod., 2010). V našem poskusu so vsa obravnavanja dosegla ta kriterij razen variant z dodatkom kisline, kjer je bilo premalo $\text{NO}_3\text{-N}$. pH se je pri naših variantah gibal med 7 in 8, kar pomeni, da je bil bazičen. Zanimivo je, da dodatek apnenca ni vplival na povečanje pH vrednosti gnojevk, ki so bile že v osnovi bazične (okoli 8,0). Pri variantah z dodatkom kisline smo želeli znižati pH na 6, da bi s tem preprečili izhlapevanje amoniaka, vendar pa je bil učinek kisline na znižanje pH le kratkotrajen. Dodatek sadre, in prav tako dodatek apnenca pa sta povečala izpiranje baz. Glede na celotno maso suhe snovi lahko vidimo da so sadra, apnenec in kislina pozitivno vplivali na povečanje suhe snovi. Največji pridelek celotne suhe snovi je bil pri variantah gnojenih s prašičjo gnojevko in dodatkom sadre. Izkoristek dušika je bil v večini variant večji pri zrnju kot pri slami ovsa. Največji odvzem dušika s slamo ovsa je bil pri variantah gnojenih s prašičjo gnojevko in dodatkom sadre (PS0, PS1, PS2), ter pri varianti gnojeni z govejo gnojevko in z dodatkom apnenca (GAp). Najmanjši odvzem dušika je bil pri kontrolnih variantah. Odvzem žvepla s slamo je bil največji pri variantah z dodatkom žveplene kisline, ter varianti gnojeni z govejo gnojevko in dodatkom sadre (GS2). Največji odvzem dušika z zrnjem ovsa je bil pri variantah gnojenih z govejo in prašičjo gnojevko z dodatkom sadre. Pri ostalih variantah pa je bil odvzem dušika približno enak, ni bilo nekih velikih odstopanj. Pri odvzemu žvepla z

zrnjem ovsa tudi ni bilo večjih razlik, približno so bili odvzemi povsod enaki, malo odstopa varianta PS2, prav tako kot pri odvzemu dušika.

Sklenemo lahko, da sadra pozitivno vpliva na tla in da z njo lahko povečamo pridelek ovsa tudi v tleh, ki sicer že imajo zadosti kalcija (tla v lončnem poskusu so imela že pred poskusom optimalno zasičen sorptivni del s kalcijem). Pozitiven vpliv sadre na rast rastlin je povečal boljše izkoriščanje dušika iz tal in delno tudi iz gnojevk. Priporočeni odmerek sadre pri katerem se že poveča pridelek je 500 kg/ha, kar je z vidika letnih odzemov s pridelki tudi priporočljiv odmerek za gnojenje. Na podlagi lončnega poskusa in laboratorijskih poskusov bi za uspešno vezavo amonijskega dušika priporočali odmerek 2 g sadre/ g skupnega N.

Na podlagi našega poskusa je optimalen odmerek sadre v tleh že 790 kg/ha letno, kot dodatek v gnojevko pa 13 kg sadre/ m³.

7 SKLEP

- Sadro uporabljamo kot izboljševalec tal in gnojilo, saj vsebuje 23 % kalcija in 18 % žvepla.
- S sadro ne zvišujemo pH vrednosti tal, ampak pozitivno vplivamo na tla in z njo lahko povečamo pridelek ovsa tudi v tleh, ki sicer že imajo zadosti kalcija.
- Sadra je značilno povečala višino rastlin, ter pridelek nadzemne biomase ovsa.
- Sadra je zmanjšala vsebnost nitratnega dušika v tleh, kar ocenjujemo kot pozitivno saj s tem zmanjšamo nevarnost izgube dušika iz tal.
- S pospešitvijo rasti je sadra pozitivno vplivala na izboljšanje sprejema dušika v rastline.
- Optimalen odmerek sadre glede na naš poskus je 790 kg/ha, kot dodatek v gnojevko pa 13 kg sadre (Calcina-S)/m³.

8 POVZETEK

Sadra je eden redkih materialov, ki je hkrati izboljševalec tal in gnojilo. Vsebuje 23 % kalcija in 18 % žvepla. Sadra ima veliko vplivov na lastnosti tal.

Naš poskus je temeljil na 13 različnih variantah. Zemljo, ki smo jo uporabili za poskus smo dobili na laboratorijskem polju Biotehniške fakultete. V zemljo smo dodali govejo in prašičjo gnojevko, v katero smo vmešali: sadro, apnenec in kislino. Za testno rastlino smo posejali oves (*Avena sativa* L.). Glavni namen našega poskusa je bil, da bi s sadro, ki smo jo dodali v živinska gnojila, vezali amonijski ion, s čimer bi preprečili izgube dušika iz živinskih gnojil z izhlapevanjem amoniaka. Sadro, ki smo jo uporabili, smo pridobili iz Cinkarne d.d., kjer sadro tudi pridelujejo kot stranski produkt proizvodnje titanovega dioksida. Med poskusom smo opravili različne meritve: izmerili smo višino rastlin, zmerili pH v ekstraktu tal in v izcednih vodah, meritev zelenila listov s klorofilomerom, vsebnosti amonijskega dušika v tleh, C- org, N- skupni, S- skupni, S- min.

Na podlagi dobljenih rezultatov lahko sklepamo, da sadra pozitivno vpliva na povečanje nadzemne biomase ovsa. Dodatek sadre je tudi v povprečju precej zmanjšal vsebnost nitratnega dušika v ekstraktu tal, kar ocenjujemo pozitivno, saj se je s tem zmanjšala nevarnost izgube dušika iz tal. pH, ki smo ga zmerili v ekstraktu tal in prav tako v izcednih vodah se je gibal med 7 in 8, in tudi dodatek apnenca v gnojevke ni povečal pH. Pri variantah kjer smo dodali kislino smo želeli pH znižati na 6, da bi s tem zmanjšali izgube amoniaka iz gnojevke, vendar je bil ta učinek kratkotrajen. Sadra je pozitivno vplivala na število rastlin v loncih. Glede na količino suhe snovi je imela sadra pozitiven učinek, kjer pa je bila dodana še prašičja gnojevka poleg sadre, je bila celotna masa suhe snovi okoli 9 t/ha. Že pri variantah, kjer je bila dodana samo sadra brez gnojevke, je bila masa suhe snovi sorazmerno velika (okoli 8 t/ha). Največji odvzemi dušika z zrnjem so bili pri variantah gnojenih z govejo in prašičjo gnojevko z dodatkom sadre. Odvzemi dušika s slamo ovsa pa so bili največji pri variantah gnojenih s prašičjo gnojevko ter dodatkom sadre. Najmanjši odvzem dušika s slamo ovsa je bil pri kontroli. Pri navideznem izkoristku dušika je razvidno, da se je več dušika izkoristilo za oblikovanje zrnja kot za oblikovanje slame.

Sklenemo lahko, da sadra pozitivno vpliva na tla, in da z njo lahko povečamo pridelek. Iz drugih poskusov smo ugotovili, da že odmerek 500 kg sadre/ha poveča pridelek, kar je tudi priporočen odmerek. Iz našega poskusa pa smo ugotovili da 790 kg sadre/ha že zadostuje za uspešno rast.

9 VIRI

- Alva A. K., Graham J. H., Tucker D. P. H. 1993. Role of calcium in amelioration of copper phytotoxicity for citrus. *Soil Science*, 155: 211-218
<http://www.usagypsum.com/agricultural-gypsum.aspx> (15. maj 2011)
- Barrys organic gardening tips. 2011. Gypsum for Clay Soils. Australia, Organic and Natural Systems.
<http://www.barrysorganicgardening.blogspot.com/2011/02/gypsum-for-clay-soils.html> (10. maj 2011)
- Epstein E. 1961. The essential role of calcium in selective cation transport by plant cells. *Plant Physiology*, 36: 437-444
<http://www.usagypsum.com/agricultural-gypsum.aspx> (15. maj 2011)
- Fenn L. B., Taylor R. M., Burks C. M. 1993. Influence of plant age on calcium stimulated ammonium absorption by radish and onion. *Journal Plant Nutrition*, 16: 1161-1177
<http://www.usagypsum.com/agricultural-gypsum.aspx> (15. maj 2011)
- Hartung J., Philips V. R. 1994. Control on gaseous from livestock buildings and manure stores. *Journal Agricultural Engineering Research*, 57: 173-189
- Koch H. J., Baumgartel G., Claasseu N., Hege U., Heyn J., Link A., Orlovivs K., Pasda G., Suutheim L. 2000. Schwefelversorgung von Kulturpflanzen- Bedarfsprognose und Dungung. Verband Deutscher Landwirtschaftlicher Untersuchungs- und Forschungsanstalten (VDLUFA). Darmstadt: 8 str.
<http://www.vdlufa.de/joomla/Dokumente/standpunkte/03-schwefel.pdf> (16. maj 2011)
- Leskošek M., Mihelič R. 2002. Žveplo kot gnojilo. *Sodobno kmetijstvo*, 35, 11-12: 488-492
- Lindsay W. L. 1979. Chemical equilibria in soils. Chemical equilibria in soils. John Wiley and Sons: 449 str.
- Mengel K., Kirkby E. A., Kosegaten H., Appel T. 2001. Principles of plant nutrition. 5th edition. Kluwer Academic Publishers: 849 str.
- Meteorološki podatki. 2009. Ljubljana, ARSO- Agencija Republike Slovenije za okolje. (osebni vir, marec 2009)
- Mihelič R. 2009. Uporaba sadre v kmetijstvu: gnojenje. *Kmečki glas*, 20:10

- Mihelič R. 2011. Sadra-gnojilo, izboljševalec tal in ohranjevalec dušika v gnojevki. Kmečki glas, 18:8
- Mihelič R., Čop J., Jakše M., Štampar F., Majer D., Tojnko S. 2010. Smernice za strokovno utemeljeno gnojenje. Ljubljana, Ministrstvo za kmetijstvo, gozdarstvo in prehrano: 49 str.
- Ndegwa P. M., Hristov A. N., Arogo J., Sheffield R. E. 2008. A review of ammonia emission mitigation techniques for concentrated animal feeding operations. Biosystems Engineering, 100: 453-469
- Scherer H. W. 2001. Sulphur in crop production. European Journal of Agronomy, 14: 81-111
- Scott W. D., McCraw B. D., Motes J. E., Smith M. W. 1993. Application of calcium to soil and cultivar affect elemental concentration of watermelon leaf and rind tissue. Journal of the American Society for Horticultural Science, 118: 201-206
- Shainberg I., Sumner M. E., Miller W. P., Farina M. P. W., Pavan M. A., Fey M. V. 1989. Use of gypsum on soil: A review. Advances in Soil Science, 9: 1-111
- SIST ISO 13878. 1995. Soil quality- determination of total nitrogen content after dry combustion (incineration at 900 °C in the CN analyser and defining with the tcd detector): 5 str.
- Spectrum Analytic. 2010. Gypsum. Washington, SpectrumAnalytic Inc.
<http://www.spectrumanalytic.com/doc/library/articles/gypsum> (17. maj 2011)
- Stopar D., Stres B., Mahne I. 2006. Praktikum iz mikrobne ekologije. Laboratorijske vaje za mikrobiologe. Ljubljana, Univ. v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za živilstvo: 71 str.
web.bf.uni-lj.si/zt/mikro/homepage/kompendijekologi2004.pdf (14. jul. 2011)
- Sušin J., Kmecl V. 2000. Navodila za uporabo RQ-flexa. Ljubljana, Kmetijski inštitut Slovenije: 14 str.
- Vidrih T. 2008. Uporaba sadre na pašniku. Ljubljana, Biotehniška fakulteta.
<http://www2.arnes.si/~sultvidr/clanki/pasa2.htm> (20. maj 2011)
- Zupan E. 2009. Ocena preskrbe tal in izbranih kulturnih rastlin z žveplom. Diplomsko delo. Ljubljana, Biotehniška fakulteta, Oddelek za agronomijo: 42 str.

ZAHVALA

Mentorju doc. dr. Roku Miheliču, se zahvaljujem za vso pomoč in podporo pri izdelavi diplomskega dela, ter za veliko mero potrpežljivosti in razumevanja.

Zahvala doc. dr. Darji Kocjan Ačko za končni pregled diplomskega dela.

Rada bi se zahvalila staršem, da so mi omogočili študij, me spodbujali pri celotnem študiju in pri izdelavi diplomske naloge. Zahvala gre tudi moji sestri Lidiji. Hvala Vam!

Za svetovanje in pomoč pri laboratorijskem delu se zahvaljujem osebju zaposlenem v pedološkemu laboratoriju Biotehniške fakultete.

Na koncu bi se rada zahvalila profesorjem, profesoricom, asistentom in asistentkam Biotehniške fakultete, za vse pridobljeno znanje v času študija.

Zahvaljujem se Cinkarni Celje d.d., da so s finančnimi sredstvi omogočili izvedbo poskusa.

PRILOGA A

Vsebnost suhe snovi (kg/ha), odvzemi dušika in žvepla s slamo in z zrnjem ovsa (kg N/ha) ter navidezni izkoristek (%)

Priloga A1: Vsebnost suhe snovi slame in zrnja ovsa (kg/ha)

Varianta	Vsebnost SS slame (kg/ha)			Vsebnost SS zrnja (kg/ha)		
	1.ponovitev	2.ponovitev	3.ponovitev	1.ponovitev	2.ponovitev	3.ponovitev
K	3208,7	3767,7	3763,8	2574,8	3019,7	3366,1
KS1	6771,7	4862,2	2992,1	4279,5	3503,9	2437,0
KS2	6972,4	4173,2	2370,1	4566,9	3216,5	1629,9
GSO	3177,2	5511,8	4811,0	3811,0	4330,7	4559,1
GS1	4948,8	5267,7	6429,1	3732,3	3189,0	4716,5
GS2	4165,4	6791,3	5519,7	3126,0	5086,6	5118,1
PS0	4299,2	6984,3	5633,9	2708,7	4161,4	3854,3
PS1	5122,0	5299,2	5645,7	3070,9	4311,0	3732,3
PS2	5,78,7	5476,4	5374,0	3334,6	4378,0	4193,0
GAp	4842,5	5622,0	5070,9	2421,3	4318,9	2759,8
PAP	4862,2	3736,2	3366,1	3255,9	3901,6	3161,4
Gksl	4897,6	4039,4	4413,4	3248,0	4145,7	4007,9
Pksl	5106,3	4826,8	3618,1	3417,3	3208,7	3610,2

Priloga A2: Odvzem dušika in žvepla s slame ovsa (kg N/ha).

Varianta	Odvzem dušika iz pridelka (slama)			Odvzem žvepla iz pridelka (slama)		
	1.ponovitev	2.ponovitev	3.ponovitev	1.ponovitev	2.ponovitev	3.ponovitev
K	35,6	37,0	30,1	8,7	13,9	10,1
KS1	74,5	48,1	32,3	24,0	20,3	12,2
KS2	60,2	32,7	26,0	21,4	21,7	9,8
GSO	31,7	43,8	36,9	8,7	16,8	14,3
GS1	52,9	42,7	57,8	15,0	18,0	29,4
GS2	43,9	64,2	47,7	14,6	30,4	30,9
PS0	51,3	77,7	61,1	10,9	23,0	17,7
PS1	58,1	47,9	58,2	18,6	26,0	23,8
PS2	58,8	61,3	51,6	17,3	26,1	22,2
GAp	58,6	48,3	61,8	11,2	21,5	15,0
PAP	47,7	34,7	38,5	13,9	14,4	10,4
Gksl	37,0	35,3	48,2	27,5	21,1	25,8
Pksl	43,9	43,7	44,8	29,5	27,3	17,1

Priloga A3: Odvzem dušika in žvepla iz zrnja ovsa (g N/ha).

Varianta	Odvzem dušika iz pridelka (zrnje)			Odvzem žvepla iz pridelka (zrnje)		
	1.ponovitev	2.ponovitev	3.ponovitev	1.ponovitev	2.ponovitev	3.ponovitev
K	54,3	67,4	69,1	2,4	3,4	3,2
KS1	94,1	77,6	51,0	6,5	5,4	3,7
KS2	99,6	67,0	36,2	6,7	4,8	2,5
GS0	81,7	92,2	99,5	4,4	4,9	6,0
GS1	80,1	66,9	104,0	5,0	3,8	6,4
GS2	66,4	116,7	113,2	4,0	7,4	7,0
PS0	60,3	97,0	80,0	3,9	6,2	4,7
PS1	71,6	96,6	83,8	4,7	6,2	5,4
PS2	73,1	96,6	166,4	5,4	6,7	13,7
GAp	51,5	96,4	57,6	3,0	6,3	3,8
PAP	70,0	84,5	75,8	4,7	5,5	5,2
Gksl	66,2	87,5	88,6	4,9	6,5	6,1
Pksl	77,4	71,3	81,0	6,0	5,6	6,1

Priloga A4: Navidezni izkoristek dušika in žvepla v slami in zrnju ovsa.

	Navidezni izkoristek dušika (slama)			Navidezni izkoristek dušika (zrnje)		
	1.ponovitev	2.ponovitev	3.ponovitev	1.ponovitev	2.ponovitev	3.ponovitev
GSO	-1,42	2,5	2,5	8,9	9,0	11,0
GS1	6,3	2,1	10,1	9,4	-0,18	12,7
GS2	3,0	10,0	6,4	4,4	17,9	16,0
PS0	5,7	14,8	11,2	2,2	10,7	4,0
PS1	8,2	4,0	10,2	6,3	10,6	5,3
PS2	8,4	8,4	7,8	6,8	10,6	35,3
GAp	8,3	4,1	11,5	-1,0	10,5	-4,2
PAP	4,4	-0,83	3,1	5,7	6,2	2,4
Gksl	0,51	-0,62	6,6	4,3	7,3	7,1
Pksl	3,0	2,4	5,3	8,4	1,4	4,3

PRILOGA B

Laboratorijske analize

Vsebnost C, N in S v slami in zrnju ovsa

Varianta		Slama			Zrnje		
		1.ponovitev	2.ponovitev	3.ponovitev	1.ponovitev	2.ponovitev	3.ponovitev
K	C	41.11	40.82	40.92	41.78	41.68	40.11
	N	1.109	0.982	0.799	2.110	2.231	2.053
	S	0.270	0.368	0.269	0.095	0.111	0.095
KS1	C	40.97	40.48	40.42	41.87	41.77	41.85
	N	1.100	0.989	1.081	2.200	2.215	2.093
	S	0.354	0.417	0.409	0.151	0.155	0.152
KS2	C	40.66	40.53	40.38	41.58	41.86	41.78
	N	0.863	0.783	1.096	2.180	2.081	2.219
	S	0.307	0.521	0.412	0.147	0.150	0.156
GS0	C	40.63	40.58	40.52	41.69	41.58	41.66
	N	0.998	0.795	0.767	2.144	2.129	2.182
	S	0.274	0.305	0.298	0.116	0.113	0.131
GS1	C	41.05	41.11	40.46	41.80	41.40	41.55
	N	1.068	0.810	0.899	2.145	2.098	2.205
	S	0.304	0.342	0.458	0.134	0.119	0.136
GS2	C	40.91	40.30	39.38	41.63	41.50	41.50
	N	1.053	0.946	0.865	2.125	2.294	2.212
	S	0.351	0.448	0.559	0.129	0.146	0.137
PS0	C	41.65	41.05	40.65	41.83	41.39	41.71
	N	1.193	1.113	1.091	2.227	2.331	2.075
	S	0.254	0.329	0.313	0.143	0.149	0.122
PS1	C	41.07	40.63	40.63	40.84	41.68	41.59
	N	1.134	0.904	1.030	2.330	2.241	2.214
	S	0.364	0.491	0.422	0.154	0.143	0.142
PS2	C	40.88	40.72	40.83	41.69	41.28	41.35
	N	1.157	1.120	0.961	2.192	2.207	3.969
	S	0.341	0.476	0.414	0.162	0.152	0.326
GAp	C	40.77	40.55	40.73	41.52	41.58	41.79
	N	1.211	0.860	1.218	2.128	2.233	2.087
	S	0.232	0.383	0.296	0.125	0.145	0.138
PAp	C	40.63	40.45	40.89	39.45	42.01	41.70
	N	0.981	0.929	1.145	2.149	2.167	2.397
	S	0.286	0.385	0.309	0.143	0.142	0.164
Gksl	C	40.47	40.15	40.24	41.29	41.81	41.52
	N	0.755	0.873	1.061	2.039	2.110	2.211
	S	0.561	0.523	0.589	0.150	0.156	0.153
Pksl	C	40.27	40.26	40.46	41.58	42.04	41.84
	N	0.860	0.905	1.237	0.167	2.222	2.244
	S	0.577	0.566	0.473	2.159	0.175	0.169