

UNIVERZA V LJUBLJANI  
BIOTEHNIŠKA FAKULTETA  
ODDELEK ZA AGRONOMIJO

Erika ZUPAN

**OCENA PRESKRBE TAL IN IZBRANIH KULTURNIH  
RASTLIN Z ŽVEPLOM**

DIPLOMSKO DELO

Univerzitetni študij

Ljubljana, 2009

UNIVERZA V LJUBLJANI  
BIOTEHNIŠKA FAKULTETA  
ODDELEK ZA AGRONOMIJO

Erika ZUPAN

**OCENA PRESKRBE TAL IN IZBRANIH KULTURNIH RASTLIN Z  
ŽVEPLOM**

DIPLOMSKO DELO  
Univerzitetni študij

**EVALUATION OF SULFUR SUPPLY IN SELECTED SOIL AND  
CROPS**

GRADUATION THESIS  
University studies

Ljubljana, 2009

Diplomsko delo je zaključek Univerzitetnega študija agronomije. Opravljeno je bilo na Centru za pedologijo in varstvo okolja, Oddelka za agronomijo Biotehniške fakultete Univerze v Ljubljani. Potekalo je v pedološkem laboratoriju, na laboratorijskem polju imenovane organizacije, na Pijavi gorici (dve lokaciji) in v Moškanjih.

Študijska komisija Oddelka za agronomijo je za mentorja diplomske naloge imenovala prof. dr. Franca Lobnika, za somentorja pa doc. dr. Roka Miheliča.

Komisija za oceno in zagovor:

- Predsednik: prof. dr. Franc BATIČ  
Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za agronomijo
- Član: prof. dr. Franc LOBNIK  
Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za agronomijo
- Član: doc. dr. Rok MIHELIČ  
Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za agronomijo
- Član: prof. dr. Dominik VODNIK  
Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za agronomijo

Datum zagovora:

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

Erika Zupan

## KLJUČNA DOKUMENTACIJSKA INFORMACIJA

ŠD Dn  
DK UDK 631.416:631.811.7(043.2)  
KG tla/rastlina/žveplo/prehrana rastlin/sulfat  
KK AGRIS P33/F04  
AV ZUPAN, Erika  
SA LOBNIK, Franc (mentor)/MIHELIC, Rok (somentor)  
KZ SI-1000 Ljubljana, Jamnikarjeva 101  
ZA Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za agronomijo  
LI 2009  
IN OCENA PRESKRBE TAL IN IZBRANIH KULTURNIH RASTLIN Z ŽVEPLOM  
TD Diplomsko delo (univerzitetni študij)  
OP XIII, 42 str., 9 pregl., 23 sl., 28 pril., 31 vir.  
IJ sl  
JI sl/en  
AI Po razpoložljivih podatkih ARSO pade s padavinami v nekaterih mestih po Sloveniji med 4 kg in 11 kg S/ha na leto. Prispevek s padavinami morda ne zadošča potrebam kulturnih rastlin, ki so med 20 kg S/ha in 60 kg S/ha. Da bi ugotovili, ali v poljedelski pridelavi v Sloveniji primanjkuje žvepla, smo na dveh večletnih in dveh enoletnih poljskih poskusih ugotavljali razlike v vsebnosti mineralnega žvepla v tleh ( $S_{min}$ ) in v vsebnosti skupnega S v rastlinah, glede na različno prakso gnojenja in različna načina obdelave tal (sonaravna in konvencionalna obdelava). Poskusi se nahajajo na laboratorijskem polju Biotehniške fakultete v Ljubljani, na dveh različnih lokacijah v Pijavi Gorici in na polju v Moškanjcih. Poskusi so na poljih potekali leta 2006. Tla na laboratorijskem polju BF so srednje globoka, težke meljasto-glinaste-ilovnate (MGI) do meljasto-glinaste (MG) teksture. V Moškanjcih so distrično rjava tla in imajo ilovnato strukturo. Eden od poskusov na Pijavi Gorici je bil postavljen na globokih, mineraliziranih šotnih tleh Ljubljanskega barja, drugi na oglejenih evtričnih mineralnih tleh. Poskusni polji na BF in v Moškanjcih sta razdeljeni na sonaravno (neorana) in konvencionalno (orana) obdelano površino. Na BF smo imeli bločno zasnovano s štirimi variantami gnojenja (NPK, NPK+KOMPOST, KOMPOST in KONTROLA). Na Pijavi Gorici smo imeli na obeh lokacijah bločni poskus z dvema variantama gnojenja (NPK+KAN in KONTROLA). Na BF in v Moškanjcih je vsako obravnavanje zasnovano s tremi ponovitvami, v Pijavi Gorici pa s štirimi ponovitvami. Na BF smo na poskusno polje posejali belo gorjušico, na vseh ostalih lokacijah smo imeli koruzo. Analizirali smo talne vzorce, ki smo jih pobrali pred setvijo. Na BF in v Moškanjcih smo vzorce pobrali na treh globinah (0 - 10 cm, 10 - 30 cm, 30 - 60 cm), na Pijavi Gorici pa le na dveh globinah (0 - 30 cm, 30 - 60 cm). Talnim vzorcem smo določili pH, mineralne oblike dušika ( $NO_3-N$  in  $NH_4-N$ ), skupni ogljik in dušik ter sulfat ( $SO_4^{2-}$ ). V rastlinskih vzorcih, ki so bili pobrani septembra in oktobra, je bilo določeno skupno žveplo. Meritve so pokazale, da z globino tal količina žvepla v tleh narašča, izjema je le poskusna lokacija na Pijavi Gorici na šotnih tleh, kjer so večje količine žvepla v zgornjem sloju tal. Statistične analize so pokazale, da povezave med žveplom v tleh in žveplom v nadzemnih rastlinskih delih ni. Prav tako ni povezave med količino pridelka in količino žvepla v zelinju. Povezava med količino pridelka in količino žvepla v zrnju koruze je negativna.

## KEY WORDS DOCUMENTATION

DN Dn  
DC UDC 631.416:631.811.7(043.2)  
CX soil/plant/sulphur/plant nutrition/sulphate  
CC AGRIS P33/F04  
AU ZUPAN, Erika  
AA LOBNIK, Franc (supervisor)/MIHELIC, Rok (co-supervisor)  
PP SI-1000 Ljubljana, Jamnikarjeva 101  
PB University of Ljubljana, Biotechnical Faculty, Department of Agronomy  
PY 2009  
TI EVALUATION OF SULFUR SUPPLY IN SELECTED SOIL AND CROPS  
DT Graduation Thesis (University studies)  
NO XIII, 42 p., 9 tab., 23 fig., 28 ann., 31 fef.  
LA sl  
AL sl/en  
AB According to the ARSO data, the wet deposit of sulfur in Slovenia is somewhere between 4 kg S/ha and 11 kg S/ha per year. The input of S by precipitation may not be sufficient to meet the needs of crops, which are between 20 kg S/ha and 60 kg S/ha. To determine whether there is a lack of sulfur in the agricultural production in Slovenia, we analysed, in two multiyear, and two one-year field experiments, differences in the sulfur content in the soil ( $S_{min}$ ) and in the plant, in relation to the different fertilization practices and different ways of soil treatment (conservational and conventional treatment). The experiments are located on the laboratory field of the Biotechnical Faculty in Ljubljana, two different locations in Pijavi Gorica and on the field in Moškanjci. Experiments were conducted on fields in 2006. The soil of the laboratory field BF is medium-deep, of heavy silty-clay-loam to silty-clay texture. In Moškanjci the soil is district brown soil, and has a loamy texture. In Pijava Gorica the experiment was set at two locations, on two soil types. One of the experiments took place on the deep, mineralized peat soil of Ljubljansko barje, the other on gleyic eutric mineral soil. Both experiments, on the BF and Moškanjci were divided into conservational (non-ploughed) and conventional (ploughed) cultivated area. On the BF, we had block experiment, with four types of fertilisation (NPK, NPK+COMPOST, COMPOST and CONTROL). In Pijava Gorica we had at both locations block experiment with two types of fertilisation (NPK + KAN and CONTROL). On BF and Moškanjci each treatment was designed with three repetitions, in Pijava Gorica, with four repetitions. On the experimental field on BF white mustard was grown and at all other locations maize was cultivated. We analysed soil samples, which were collected in April. On the BF and Moškanjci, the samples were collected at three depths (0cm-10cm, 10cm-30cm, 30cm-60cm), in Pijava Gorica only at two depths (0cm-30cm, 30cm-60cm). In soil samples, we determine the pH, mineral forms of nitrogen (nitrate ( $NO_3-N$ ) and amonium ( $NH_4-N$ )), total carbon and nitrogen, and sulfate ( $SO_4^{2-}$ ). Total sulphur was measured also in plant samples, which were collected in September and October. Measurements have showed that with depth of the soil, the amount of sulfur in the soil increased, except on the field in Pijava Gorica on peat soil, where there were higher amounts of sulfur in upper soil layer (0cm to 30cm). There was no significant relationship between the sulfur in the soil and sulfur in the plant parts. There was also no connection between the amount of the crop and the amount of sulfur in green parts of the plant. Between the amount of the crop and the amount of sulfur in the grain of maize a negative relationship was detected.

## KAZALO VSEBINE

	str.
Ključna dokumentacijska informacija (KDI)	III
Key Worda Documentation (KWD)	IV
Kazalo vsebine	V
Kazalo preglednic	VIII
Kazalo slik	IX
Kazalo prilog	XI
Okrajšave in simboli	XIII
<b>1 UVOD</b>	<b>1</b>
1.1 NAMEN IN HIPOTEZA	1
<b>2 PREGLED OBJAV</b>	<b>2</b>
2.1 ŽVEPLO	2
2.2 OBLIKE IN RAZPOREDITEV ŽVEPLA V TLEH	2
2.3 VIRI ŽVEPLA	2
<b>2.3.1 Kamnine</b>	<b>2</b>
<b>2.3.2 Depozit iz atmosfere</b>	<b>3</b>
<b>2.3.3 Organska in mineralna gnojila</b>	<b>3</b>
<b>2.3.4 Fitofarmaceutvska sredstva</b>	<b>4</b>
2.4 VIRI EMISIJ ŽVEPLOVEGA DIOKSIDA LETA 2006 V SLOVENIJI	4
2.5 IZGUBE ŽVEPLA IZ TAL IN POMANJKANJE ŽVEPLA V RASTLINI	5
2.6 ODVZEM ŽVEPLA S PRIDELKI	5
2.7 RAZMERJE C:N:S	6
2.8 VPLIV ŽVEPLA NA KAKOVOST RASTLIN	7
2.9 GNOJENJE Z ŽVEPLOM	8
<b>3 MATERIAL IN METODE</b>	<b>9</b>
3.1 LOKACIJA POSKUSOV	9
3.2 TALNE RAZMERE	9
3.3 KLIMATSKE RAZMERE	9
<b>3.3.1 Klimatske značilnosti leta 2006</b>	<b>9</b>
3.3.1.1 Temperatura	9
3.3.1.2 Padavine	10
3.3.1.3 Trajanje sončnega obsevanja	10
3.4 POSTAVITEV POSKUSOV	10
3.5 DELO NA TERENU	14
<b>3.5.1 Vzorčenje tal</b>	<b>14</b>
<b>3.5.2 Osnovno gnojenje</b>	<b>15</b>
<b>3.5.3 Osnovna obdelava tal</b>	<b>16</b>
<b>3.5.4 Setev koruze</b>	<b>16</b>
<b>3.5.5 Dognojevanje</b>	<b>16</b>
<b>3.5.6 Setev bele gorjušice</b>	<b>17</b>
<b>3.5.7 Pobiranje rastlinskih vzorcev</b>	<b>17</b>
3.6 LABORATORIJSKO DELO	17
<b>3.6.1 Določitev sulfata (SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>) v talnih vzorcih, z UV/VIS spektrometrom, Perkin-Elmer, Lambda 2</b>	<b>17</b>

3.6.1.1	Princip	17
3.6.1.2	Postopek	17
<b>3.6.2</b>	<b>Določitev pH v talnih vzorcih, s pH-metrom, WTW, pH 538</b>	19
3.6.2.1	Princip	19
3.6.2.2	Postopek	19
<b>3.6.3</b>	<b>Določitev mineralnih oblik dušika, nitrata (NO<sub>3</sub>-N) in amonija (NH<sub>4</sub>-N), v talnih vzorcih, s hitrimi testi, ELLE, Merck-Rqflex</b>	20
3.6.3.1	Princip	20
3.6.3.2	Postopek	20
<b>3.6.4</b>	<b>Določitev skupnega ogljika in skupnega dušika v talnih vzorcih, z Vario MAX CN</b>	21
3.6.4.1	Princip	21
3.6.4.2	Postopek	21
<b>3.6.5</b>	<b>Določitev žvepla v rastlinskih vzorcih</b>	21
<b>3.6.6</b>	<b>Določitev sulfata (SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>) v padavinah</b>	21
3.7	STATISTIČNE METODE	22
<b>4</b>	<b>REZULTATI</b>	23
4.1	PRIDELKI	23
4.2	KOLIČINA ŽVEPLA V TLEH V RAZLIČNIH GLOBINAH	25
4.3	ODVISNOST KONCENTRACIJE ŽVEPLA V NADZEMNIH DELIH RASTLIN OD KOLIČINE ŽVEPLA V TLEH	27
4.4	ODVISNOST KONCENTRACIJE ŽVEPLA V NADZEMNIH DELIH RASTLINE OD KOLIČINE PRIDELKA	27
4.5	PREHRANJENOST RASTLIN Ž ŽVEPLOM	28
4.6	ODVZEM ŽVEPLA S PRIDELKOM	29
4.7	KOLIČINA ŽVEPLA V PADAVINAH V SLOVENIJI	30
<b>5</b>	<b>RAZPRAVA IN SKLEPI</b>	34
5.1	RAZPRAVA	34
<b>5.1.1</b>	<b>Pridelki</b>	34
<b>5.1.2</b>	<b>Količina žvepla v tleh</b>	34
<b>5.1.3</b>	<b>Količina žvepla v rastlini</b>	35
<b>5.1.4</b>	<b>Odvzem žvepla s pridelkom</b>	35
<b>5.1.5</b>	<b>Odvisnost koncentracije žvepla v nadzemnih delih rastline od količine žvepla v tleh</b>	36
<b>5.1.6</b>	<b>Odvisnost koncentracije žvepla v nadzemnih delih rastline od količine pridelka</b>	36
<b>5.1.7</b>	<b>Količine žvepla v padavinah v Sloveniji</b>	36
5.2	SKLEPI	37
<b>6</b>	<b>POVZETEK</b>	38
<b>7</b>	<b>VIRI</b>	40
	<b>ZAHVALA</b>	
	<b>PRILOGE</b>	

## KAZALO PREGLEDNIC

	str.
Preglednica 1: Potrebe določenih rastlin po žveplu (kg S/ha) ( <sup>1</sup> Leskošek in Mihelič, 2002; <sup>2</sup> Die Nmin/Smin-Analyse, 2009; <sup>3</sup> Koch in sod., 2000; <sup>4</sup> Roschke, 2000).	6
Preglednica 2: Vsebnosti žvepla v rastlinah (%SS) pri primerni preskrbljenosti ( <sup>1</sup> Koch in sod., 2000; <sup>2</sup> Stewart in sod., 1983).	7
Preglednica 3: Priporočena gnojilna količina (kg S/ha) in čas gnojenja glede na razvojno fazo rastlin (Koch in sod., 2000).	8
Preglednica 4: Osnovno gnojenje na laboratorijskem polju Biotehniške fakultete.	15
Preglednica 5: Osnovno gnojenje na obeh lokacijah v Pijavi Gorici.	15
Preglednica 6: Osnovno gnojenje v Moškanjcih.	16
Preglednica 7: Dognojevanje na na laboratorijskem polju Biotehniške fakultete.	16
Preglednica 8: Količine standardnih raztopin, s koncentracijo sulfata (mg SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> /l).	18
Preglednica 9: Količine žvepla (%SS) v rastlinskih delih bele gorjušice in koruze na laboratorijskem polju BF, na obeh poskusnih lokacijah na Pijavi Gorici in na poskusnem polju v Moškanjcih.	28



## KAZALO SLIK

	str.
Slika 1: Zasnova poskusa na laboratorijskem polju Biotehniške fakultete, leta 2006.	11
Slika 2: Zasnova poskusa v Pijavi Gorici (Ljubljansko barje) na šotnih tleh, leta 2006.	12
Slika 3: Zasnova poskusa v Pijavi Gorici (Ljubljansko barje) na mineralnih tleh, leta 2006.	13
Slika 4: Zasnova poskusa V Moškanjcih (Dravsko-Ptujsko polje), leta 2006.	14
Slika 5: Pridelek bele gorjušice (kg/ha) pri različnem gnojenju in obdelavi tal, na laboratorijskem polju Biotehniške fakultete.	23
Slika 6: Pridelek koruze (kg/ha) na dveh različnih tipih ta, na gnojenih in negnojenih parcelah, na Ljubljanskem barju (Pijava Gorica).	24
Slika 7: Pridelek koruze (kg/ha) pri različni obdelavi tal (konvencionalna obdelava in sonaravna obdelava) na Dravsko-Ptujskem polju v Moškanjcih.	24
Slika 8: Povprečne vrednosti $S_{\min}$ ( $\text{SO}_4\text{-S}$ v kg/ha) v tleh pri sonaravni obdelavi tal, v treh globinah, na laboratorijskem polju Biotehniške fakultete.	25
Slika 9: Povprečne vrednosti $S_{\min}$ ( $\text{SO}_4\text{-S}$ v kg/ha) v tleh pri konvencionalni obdelavi tal, v treh globinah, na laboratorijskem polju Biotehniške fakultete.	25
Slika 10: Povprečne vrednosti $S_{\min}$ ( $\text{SO}_4\text{-S}$ v kg/ha) na šotnih in mineralnih tleh, v dveh globinah, na Ljubljanskem barju (Pijava Gorica).	26
Slika 11: Povprečne vrednosti $S_{\min}$ ( $\text{SO}_4\text{-S}$ v kg/ha) v tleh pri sonaravni in konvencionalni obdelavi tal, v treh globinah, na Dravsko-Ptujskem polju v Moškanjcih (priloga G4).	26
Slika 12: Količina žvepla (kg $\text{SO}_4\text{-S}$ /ha) v tleh do 60cm globine, v povezavi s količino žvepla (%SS) v zelinju bele gorjušice in koruze, ter v zrnju koruze (priloga H).	27
Slika 13: Pridelek (kg/ha) bele gorjušice in koruze, v povezavi s količino žvepla (%SS) v zelinju bele gorjušice in koruze, ter v zrnju koruze (priloga I).	27
Slika 14: Odvzem žvepla (kg S/ha) s pridelkom bele gorjušice, na laboratorijskem polju Biotehniške fakultete.	29
Slika 15: Odvzem žvepla (kg S/ha) s pridelkom koruze na lokacijah na Pijavi Gorici in v Moškanjcih.	29
Slika 16: Depozit žvepla (kg $\text{SO}_4\text{-S}$ /ha) s padavinami v Ljubljani od leta 1980 do leta 2007 (Meteorološki podatki, 2009).	30
Slika 17: Mesečni depozit žvepla (kg $\text{SO}_4^{2-}\text{-S}$ /ha) s padavinami v Ljubljani leta 2006 (Meteorološki podatki, 2009).	30
Slika 18: Povprečne mesečne koncentracije žvepla (mg $\text{SO}_4^{2-}\text{-S}$ /l) v padavinah, ki so padle v Ljubljani leta 2006 (Meteorološki podatki, 2009).	30
Slika 19: Povprečni mesečni depoziti žvepla (kg $\text{SO}_4\text{-S}$ /ha) s padavinami v Ljubljani od leta 1996 do leta 2007 (Meteorološki podatki, 2009).	31
Slika 20: Korelacija med mesečnimi depoziti žvepla (kg $\text{SO}_4\text{-S}$ /ha) s padavinami, ter mesečnimi količinami padavin (mm) v Ljubljani od leta 1996 do leta 2007 (Meteorološki podatki, 2009).	31

- Slika 21: Povprečne mesečne koncentracije žvepla ( $\text{mg SO}_4^{2-}\text{-S/l}$ ) v padavinah, ki so padle v Ljubljani od leta 1996 do leta 2007 (Meteorološki podatki, 2009). 31
- Slika 22: Korelecija med mesečnimi koncentracijami žvepla ( $\text{mg SO}_4^{2-}\text{-S/l}$ ), ki pride v tla s padavinami, ter mesečnimi količinami padavin (mm) v Ljubljani od leta 1996 do leta 2007 (Meteorološki podatki, 2009). 31
- Slika 23: Letni depozit žvepla s padavinami v obdobju 2002 in 2007 v Sloveniji (Meteorološki podatki, 2009). 33

## KAZALO PRILOG

- Priloga A: Statistične analize količin pridelkov (celotna nadzemna biomasa) (kg/ha)
- Priloga A1: Statistične analize količin pridelkov (kg/ha) (celotna nadzemna biomasa) na poskusni lokaciji na laboratorijskem polju Biotehniške fakultete v Ljubljani.
- Priloga A2: Statistične analize količin pridelkov (kg/ha) (celotna nadzemna biomasa) na poskusni lokaciji v Pijavi Gorici (Ljubljansko barje)-šotna tla.
- Priloga A3: Statistične analize količin pridelkov (kg/ha) (celotna nadzemna biomasa) na poskusni lokaciji v Pijavi Gorici (Ljubljansko barje)-mineralna tla.
- Priloga A4: Statistične analize količin pridelkov (kg/ha) (celotna nadzemna biomasa) na poskusni lokaciji v Moškanjcih (Dravsko-Ptujsko polje).
- Priloga B: Odvisnost količine žvepla (%SS) v zrnju in zelinju koruze od količine pridelka (kg/ha), ter odvisnost količine žvepla (%SS) v zelinju in zelinju koruze od količine žvepla v tleh (kg/ha)
- Priloga B1: Odvisnost količine žvepla (%SS) v zrnju koruze in količine pridelka (kg/ha).
- Priloga B2: Odvisnost količine žvepla (%SS) v zelinju in količine pridelka (kg/ha).
- Priloga B3: Odvisnost količine žvepla (%SS) v zelinju in količino žvepla v tleh (kg/ha).
- Priloga B4: Odvisnost količine žvepla (%SS) v zrnju in količine žvepla v tleh (kg/ha).
- Priloga C: Laboratorijske analize
- Priloga C1: Rezultati določitve mineralnih oblik dušika ( $\text{NO}_3\text{-N}$  in  $\text{NH}_4\text{-N}$ ), reakcije tal (pH), skupnega ogljika in skupnega dušika, ter sulfata ( $\text{SO}_4^{2-}$ ) v talnih vzorcih in žvepla v rastlinskih vzorcih na poskusni lokaciji na laboratorijskem polju Biotehniške fakultete v Ljubljani-konvencionalna obdelava.
- Priloga C2: Rezultati določitve mineralnih oblik dušika ( $\text{NO}_3\text{-N}$  in  $\text{NH}_4\text{-N}$ ), reakcije tal (pH), skupnega ogljika in skupnega dušika, ter sulfata ( $\text{SO}_4^{2-}$ ) v talnih vzorcih in žvepla v rastlinskih vzorcih na poskusni lokaciji na laboratorijskem polju Biotehniške fakultete v Ljubljani-sonaravna obdelava.
- Priloga C3: Rezultati določitve mineralnih oblik dušika ( $\text{NO}_3\text{-N}$  in  $\text{NH}_4\text{-N}$ ), reakcije tal (pH), skupnega ogljika in skupnega dušika, ter sulfata ( $\text{SO}_4^{2-}$ ) v talnih vzorcih in žvepla v rastlinskih vzorcih na poskusni lokaciji v Pijavi Gorici (Ljubljansko barje)-šotna tla.
- Priloga C4: Rezultati določitve mineralnih oblik dušika ( $\text{NO}_3\text{-N}$  in  $\text{NH}_4\text{-N}$ ), reakcije tal (pH), skupnega ogljika in skupnega dušika, ter sulfata ( $\text{SO}_4^{2-}$ ) v talnih vzorcih in žvepla v rastlinskih vzorcih na poskusni lokaciji na Pijavi Gorici (Ljubljansko barje)-mineralna tla.
- Priloga C5: Rezultati določitve skupnega ogljika in dušika, ter sulfata ( $\text{SO}_4^{2-}$ ) v talnih vzorcih in žvepla v rastlinskih vzorcih na poskusni lokaciji v Moškanjcih (Dravsko-Ptujsko polje)-konvencionalna obdelava.
- Priloga C6: Rezultati določitve skupnega ogljika in dušika, ter sulfata ( $\text{SO}_4^{2-}$ ) v talnih vzorcih in žvepla v rastlinskih vzorcih na poskusni lokaciji v Moškanjcih (Dravsko-Ptujsko polje)-sonaravna obdelava.
- Priloga D: Koncentracije žvepla (mg  $\text{SO}_4\text{-S}$  /l) na treh globinah (0 - 10cm, 10 -30 cm in 30 - 60cm), na laboratorijskem polju Biotehniške fakultete v Ljubljani
- Priloga E: Statistične analize količin žvepla (kg/ha) v tleh na poskusni lokaciji na laboratorijskem polju Biotehniške fakultete v Ljubljani

- Priloga F: Pridelki
- Priloga F1: Pridelek bele gorjušice (*Sinapis alba*) v kg/ha pri sonaravni in konvencionalni obdelavi tal, ter različnem gnojenju na laboratorijskem polju Biotehniške fakultete.
- Priloga F2: Pridelek koruze (*Zea mays*) v kg/ha na gnojenih in negnojenih parcelah, na šotnih in mineralnih tleh, na Ljubljanskem barju (Pijava Gorica).
- Priloga F3: Pridelek koruze (*Zea mays*) v kg/ha pri različni obdelavi tal (konvencionalna obdelava in sonaravna obdelava) na Dravsko-Ptujskem polju v Moškanjcih.
- Priloga G: Količina žvepla v tleh v različnih globinah
- Priloga G1: Vrednosti  $S_{\min}$  ( $SO_4$ -S v kg/ha) v tleh pri sonaravni obdelavi tal, v treh globinah, na laboratorijskem polju Biotehniške fakultete.
- Priloga G2: Vrednosti  $S_{\min}$  ( $SO_4$ -S v kg/ha) v tleh pri konvencionalni obdelavi tal, v treh globinah, na laboratorijskem polju Biotehniške fakultete.
- Priloga G3: Vrednosti  $S_{\min}$  ( $SO_4^{2-}$ -S v kg/ha) v tleh, na šotnih in mineralnih tleh, v dveh globinah, na Ljubljanskem barju (Pijava Gorica).
- Priloga G4: Vrednosti  $S_{\min}$  ( $SO_4$ -S v kg/ha) v tleh pri sonaravni in konvencionalni obdelavi tal, v treh globinah, na Dravsko-Ptujskem polju v Moškanjcih.
- Priloga H: Količina žvepla (kg  $SO_4$ -S /ha) v tleh v različnih globinah in količina žvepla (% SS) v zelinju bele gorjušice (*Sinapis alba*) in koruze (*Zea mays*), ter v zrnju koruze.
- Priloga I: Pridelek (kg/ha) bele gorjušice (*Sinapis alba*) in koruze (*Zea mays*) in količina žvepla (S v % SS) v zelinju bele gorjušice in koruze, ter v zrnju koruze.
- Priloga J: Odvzem žvepla (kg S/ha) s pridelkom bele gorjušice (*Sinapis alba*) in koruze (*Zea mays*).
- Priloga K: Količina žvepla v padavinah v Sloveniji
- Priloga K1: Depozit žvepla (kg  $SO_4$ -S/ha) s padavinami v Ljubljani od leta 1980 do leta 2007 (Meteorološki podatki, 2009).
- Priloga K2: Mesečni depozit žvepla (kg  $SO_4^{2-}$ -S/ha) s padavinami v Ljubljani leta 2006 (Meteorološki podatki, 2009).

## OKRAJŠAVE IN SIMBOLI

sod.	sodelavci
str.	stran
npr.	na primer
sp.	species (vrsta)
ipd.	in podobno
oz.	oziroma
itd.	in tako dalje
ha	hektar
kg	kilogram
°C	stopinj Celzija
pH	reakcija tal - stopnja kislosti ali alkalnosti tal
cm	centimeter
m	meter
m <sup>2</sup>	kvadratni meter
BF	Biotehniška fakulteta
l	liter
ml	mililiter
mg	miligram
nm	nanometer
μl	mikroliter
μg	mikrogram
m <sup>3</sup>	kubičen meter
S	žveplo
N	dušik
P	fosfor
K	kalij
SIST	Slovenski inštitut za standardizacijo
ISO	Mednarodna organizacija za standardizacijo (International Organization for Standardization)
N <sub>min</sub>	mineralne oblike dušika
S <sub>min</sub>	mineralne oblike žvepla
TMN	talni minerali dušik
NO <sub>3</sub> -N	nitratni dušik
NH <sub>4</sub> -N	amonijski dušik
SO <sub>2</sub>	žveplov dioksid
SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	sulfatni ion
SO <sub>4</sub> -S	sulfatno žveplo
H <sub>2</sub> S	vodikov sulfid
SS	suha snov
ARSO	Agencija Republike Slovenije za Okolje
KON	konvencionalna obdelava tal
SON	sonaravna obdelava tal
M	molarno
BaCl <sub>2</sub> .2H <sub>2</sub> O	barijev klorid

CaCl <sub>2</sub> ·2H <sub>2</sub> O	kalcijev klorid
HCl	klorovodikova kislina
Na <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	natrijev sulfat
H <sub>2</sub> O <sub>2</sub>	vodikov peroksid
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	fosforjev pentoksid
K <sub>2</sub> O	kalijev oksid
KOH	kalijev hidroksid
VDLUFA	Verband Deutscher Landwirtschaftlicher Untersuchungs-und Forschungsanstalten
LUFA	Landwirtschaftliche Untersuchungs und Forschungsanstalt des Landes Sachsen-Anhalt

## 1 UVOD

V zadnjih letih se je močno zmanjšal depozit žvepla iz atmosfere. Zbrani podatki kažejo, da v večini Slovenije dobimo s padavinami le še okrog 10 kg S/ha letno, kar je manj, kot ga z velikimi pridelki iz tal odvzamejo rastline (Leskošek in Mihelič, 2002). Po letu 1980, se v nekaterih delih Evrope vedno pogosteje pojavlja pomanjkanje žvepla kot hranila v poljedelstvu in vrtnarstvu. To lahko pripišemo gnojenju z gnojili, ki ne vsebujejo žvepla ali ga vsebujejo malo, predvsem pa so na pomanjkanje S vplivale razžvepljevalne naprave na termoelektrarnah, ki so zmanjšale emisijo SO<sub>2</sub> v zrak (Koch in sod., 2000). Zato pričakujemo, da bo redno gnojenje z žveplom, ki je esencialno rastlinsko hranilo, verjetno postalo nujno za doseganje velikih in kakovostnih pridelkov (Leskošek in Mihelič, 2002). Meritev o žveplu v tleh in kulturnih rastlinah v Sloveniji še ne izvajamo, prav tako tudi niso vpeljane metode meritev žvepla za potrebe določanja gnojilnih odmerkov.

### 1.1 NAMEN IN HIPOTEZA

V diplomski nalogi želimo pridobiti podatke o količinah žvepla, ki ga dobimo s padavinami. Na štirih lokacijah v Sloveniji bomo določili vsebnost žvepla v tleh. Na treh lokacijah bomo izmerili odvzem žvepla s pridelki koruze in na eni od lokacij odvzem z belo gorjušico. Na ta način bomo dobili prvo oceno o preskrbljenosti poljščin z žveplom in oceno o morebitni potrebi po gnojenju z žveplom v bodoče.

Predpostavljamo, da je količina odvzetega žvepla s pridelki poljščin odvisna od vsebnosti mineralnega žvepla v tleh pred setvijo ( $S_{\min}$ ).

## 2 PREGLED OBJAV

### 2.1 ŽVEPLO

Žveplo (S) spada med makrohranila, 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 ( $\text{SO}_4^{2-}$ ) (Scherer, 2001), velik delež pa lahko tudi skozi liste v obliki žveplovega dioksida ( $\text{SO}_2$ ). Žveplo je kot plin v atmosferi v obliki  $\text{SO}_2$  in kot vodikov sulfid ( $\text{H}_2\text{S}$ ). V obliki  $\text{H}_2\text{S}$  ga je v zraku manj kot  $\text{SO}_2$  (Čeh, 1996).

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

Ker se žveplo slabo veže (se izpira), z njim ne gnojimo založno, ravno tako kot ne z dušikom (Koch in sod., 2000).

### 2.2 OBLIKE IN RAZPOREDITEV ŽVEPLA V TLEH

Žveplo se v tleh pojavlja v organski in anorganski obliki, vendar je večina žvepla v tleh organsko vezanega (Mengel in sod., 2001). Razmerje med organskim S in anorganskim S se spreminja glede na vrsto in globino tal (Tabatabai, 1992). Količina organsko vezanega S se navadno z globino manjša in se pri globini večji od 1,5 m ne pojavlja več (Mengel in sod., 2001).

Ker je večina S v tleh organsko vezanega, pride do mobilizacije S v dostopno obliko – sulfatni ion, preko mineralizacije organske snovi. Pri temperaturi tal pod  $10^\circ\text{C}$  (pri nas je to približno do začetka maja) mineralizacija S 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. V anaerobnih razmerah je končni produkt mineralizacije  $\text{H}_2\text{S}$ . (Stopar in sod., 2006).

### 2.3 VIRI ŽVEPLA

#### 2.3.1 Kamnine

Primarni izvor žvepla so magmatske kamnine, ki ga vsebujejo 0,05-0,3%. S preperevanjem prehaja v sekundarni pirit, ki je bogat na tem elementu (Lobnik, 2003).



### 2.3.2 Depozit iz atmosfere

Žveplo pride iz zraka na rastline in v tla s trdnimi delci prašnatih usedlin (trdni depozit), rastline pa lahko sprejmejo S iz zraka tudi skozi liste (zelene dele) kot plin SO<sub>2</sub> (žveplov dioksid) ali v vodni raztopini (padavine) kot sulfat (SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>)-mokri depozit (Leskošek in Mihelič, 2002).

Žveplo je naravno prisotno v okolju, tudi če vanj ne posega človek. Težko je ugotoviti, koliko žvepla izhaja iz naravnih virov (kamnine, morja, oceani, gozdni požari, vulkanski izbruhi, razgradnja organske snovi, itd.), ker so ti zelo variabilni in široko razporejeni (oceani kot glavni vir) (Čeh, 1996).

Tudi antropogeni viri (uporaba fosilnih goriv, različni industrijski procesi, itd.) so široko porazdeljeni in je njihove emisije težko oceniti. Države prejemajo depozite žvepla, kot posledico emisije SO<sub>2</sub>, od svojih izvorov in od sosednjih držav. Lahko so transportirani tisoče kilometrov daleč (Čeh, 1996).

### 2.3.3 Organska in mineralna gnojila

Za gnojenje z žveplom imamo na razpolago veliko število gnojil. Med seboj se razlikujejo predvsem po obliki vezave (SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>, elementarni S) in s tem tudi po hitrosti delovanja. V večini mineralnih gnojil je žveplo v obliki SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>. Žveplo je v SO<sub>4</sub><sup>2-</sup> obliki rastlinam takoj dostopno. Žveplo v elementarni obliki rastlinam ni neposredno dostopno, ampak ga morajo tiobakterije najprej pretvoriti v SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>, kar pa se lahko pri temperaturi tal pod 10 °C za nekaj tednov zavleče. Zato so pri akutnih pomanjkanjih priporočena gnojila z žveplom v sulfatni obliki. Gnojila z elementarno obliko žvepla zakisujejo tla (Koch in sod., 2000).

Poznamo tudi foliarno gnojenje z žveplom, ki ima prednost, da pri akutnem pomanjkanju S zelo hitro deluje. To seveda velja le za foliarna gnojila, ki vsebujejo žveplo v obliki SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>, ne pa tudi za foliarna gnojila, ki vsebujejo žveplo v elementarni obliki. (Koch in sod., 2000).

Včasih so bila na voljo posamična gnojila s precejšnjo vsebnostjo žvepla (superfosfat, amonsulfat), ki pa jih danes praktično ne uporabljamo več, so pa na voljo kompleksna gnojila z dodanim žveplom (Taube in Gierus, 2005).

Seveda je žveplo tudi v živinskih gnojilih in drugih organskih gnojilih. Hlevski gnoj (25% sušine) vsebuje 0,7 kg S/t, perutninski gnoj (60% sušine) vsebuje 3,2 kg S/t, ter goveja in prašičja gnojevka (10% sušine) 0,6 kg S/t (Leskošek in Mihelič, 2002).

Vsebnost S v živinskih gnojilih je podobna vsebnosti N, ki variira glede na vrsto živali, prehrano živali, načina shranjevanja in časa shranjevanja gnoja (gnojevke, gnojnice). (Koch in sod., 2000). Izkoristljivost S iz organskih gnojil naj bi bila za polovico slabša kot iz rudninskih gnojil (Leskošek in Mihelič, 2002). Predvsem v prvem letu uporabe je izraba iz organskih gnojil majhna (pri gnojevki od 5 do 7% celotnega S). Zaloga žvepla, ki se sprosti iz organskih gnojil, ne koristi rastlinam, ki žveplo potrebujejo zgodaj ali v velikih

količinah, ker je S iz organskih gnojil rastlinam dostopen šele pri višji temperaturi tal (pri nas nekje od maja naprej). Poljščine, ki jih sejemo pozno in imajo dolgo rastno dobo (npr. koruza, sladkorna pesa), lahko žveplo iz organskih gnojil dobro izkoristijo, slabo pa rastline, ki ga potrebujejo zgodaj spomladi (npr. žita, oljna ogrščica) (Koch in sod., 2000).

Na celotno količino žvepla v kompostu vpliva delež snovi v kompostu (biološki odpadki, zelinje), priprava, čas in način skladiščenja komposta. V kompostu je navadno od 0,2 kg S/t do 1,1 kg S/t sveže snovi, v kompostu iz ločeno zbranih bioloških odpadkov iz mest pa na ravni 1,5 kg S/t (Koch in sod., 2000).

V žetvenih ostankih je žvepla do 2,5 kg S/t sveže snovi, z izjemo oljnic in rastlin, ki jih pridelujemo zaradi pridobivanja beljakovin, ki vsebujejo žvepla do 5 kg S/t (Koch in sod., 2000).

### **2.3.4 Fitofarmaceutski sredstva**

Končno je žveplo tudi v nekaterih fitofarmaceutskih sredstvih, vendar ta količina žvepla v novejšem času ne predstavlja omembe vrednega prispevka k oskrbi rastlin z žveplom. Izjema so praktično le vinogradi, morda še hmeljišča in intenzivni nasadi zelenjave (npr. kumar), kjer proti pepelasti plesni (oidiju) uporabljajo relativno velike količine žveplovih pripravkov (praviloma nekaj kg, največ do 10 kg S/ha letno) (Leskošek in Mihelič, 2002).

## **2.4 VIRI EMISIJ ŽVEPLOVEGA DIOKSIDA LETA 2006 V SLOVENIJI**

Največja vira emisije žveplovega dioksida v Sloveniji v letu 2006 sta bila kljub odžveplovalnim napravam termoelektrarni Šoštanj (okrog 8000 ton) in Trbovlje (okrog 450 ton), ki uporabljata za gorivo domači premog. Med ostalimi mnogo manjšimi viri emisije sta bila omembe vredna še cementarna v Trbovljah in do avgusta 2006 tovarna celuloze VIPAP v Krškem, kjer je izhajal SO<sub>2</sub> iz tehnološkega procesa (nizek vir emisije). Konec avgusta je bila ustavljena proizvodnja celuloze v tovarni VIPAP, tako da so izmerjene koncentracije od avgusta 2006 naprej med najmanjšimi v Sloveniji. Emisija SO<sub>2</sub> iz kotlovnice je majhna, saj za gorivo v glavnem ne uporabljajo več premoga ampak lahko kurilno olje, ki ima precej manjšo vsebnost žvepla kot premog in plin (Kakovost zraka..., 2007).

V večjih mestih, ki niso pod neposrednim vplivom emisij SO<sub>2</sub> iz večjih virov, je pri povprečni letni onesnaženosti zraka v letu 2006 opaziti še nadaljnje rahlo manjšanje koncentracij iz zadnjih nekaj let. To manjšanje je bolj izraženo v mestih v Zasavju in je posledica začetka obratovanja odžveplovalne naprave v TE Trbovlje oktobra 2005. Zaradi istega razloga se je izboljšalo tudi stanje na višje ležečih merilnih mestih vplivnega območja TE Trbovlje. Tudi na merilnih mestih vplivnega območja TE Šoštanj se je v letu 2006 nadaljeval trend zmanjševanja koncentracij zaradi speljave dimnih plinov iz blokov 1, 2 in 3 skozi odžveplovalno napravo v termoelektrarni Šoštanj. Koncentracije SO<sub>2</sub> na merilnem mestu v Krškem pa so v letu 2006 zaradi zaprtja obrata celuloze v tovarni VIPAP občutno padle (Kakovost zraka..., 2007).

Na vseh nižje ležečih merilnih mestih z odprtim reliefom, ki niso pod neposrednim vplivom emisij iz velikih termoenergetskih objektov in industrije, so bile koncentracije SO<sub>2</sub> pod mejnimi vrednostmi. Povprečne letne in zimske koncentracije SO<sub>2</sub> so bile v letu 2006 v vseh večjih mestih pod mejno vrednostjo 20 µg/m<sup>3</sup>. Nekoliko bolj onesnažena z SO<sub>2</sub> so bila še vedno mesta v Zasavju, ker ležijo v ozkih dolinah oziroma kotlinah (Kakovost zraka..., 2007).

Koncentracije SO<sub>2</sub> v večjih mestih so nekoliko večje podnevi kot ponoči. Na merilnem mestu v Krškem pa so bile zaradi vpliva emisije tovarne celuloze in lokalnega nočnega vetra po dolini Save navzdol največje koncentracije izmerjene ponoči in zjutraj, najmanjše pa čez dan (Kakovost zraka..., 2007).

Po podatkih Agencije Republike Slovenije za okolje so bile povprečne letne koncentracije SO<sub>2</sub> v Ljubljani leta 1992 51 µg/m<sup>3</sup>, leta 2006 4 µg/m<sup>3</sup>. Leta 2006 so bile povprečne letne koncentracije SO<sub>2</sub> na merilnih postajah od 1 µg/m<sup>3</sup> do 23 µg/m<sup>3</sup>, medtem ko so bile leta 1992 koncentracije med 17 µg/m<sup>3</sup> in 73 µg/m<sup>3</sup> (Kakovost zraka..., 2007).

## 2.5 IZGUBE ŽVEPLA IZ TAL IN POMANJKANJE ŽVEPLA V RASTLINI

Žveplo se iz tal izgublja z izpiranjem, nekaj pa tla izgubijo tudi zaradi izhlapevanja H<sub>2</sub>S skozi rastline. Žveplo se izpira iz ornice predvsem kot sulfatni ion (SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>). Izpiranje je odvisno od količine padavin in od porabe vode (evapotranspiracija), od teksture, vsebnosti Fe- in Al- oksidov in pH vrednosti tal, seveda pa tudi od količine S, ki pride v tla. V izrecno kislih tleh (pH<4,5-5,5) so sulfati močno vezani na tla in je izpiranje manjše. (Leskošek in Mihelič, 2002). Kakor za nitrate tako velja tudi za sulfate, da se v večini evropskih držav večinoma izpirajo le pozimi oz. zunaj rastne dobe, pri nas pa se, vsaj po dosedanjih raziskavah, velik del nitratov in sulfatov zaradi preobilja padavin (morda z izjemo SV Slovenije) izpere med rastno dobo (Leskošek in Mihelič, 2002).

Žveplo se iz korenin po rastlini giblje akropetalno, naprej v smeri proti starim delom rastline. Šele ko je potreba po S v teh delih zadovoljena, se SO<sub>4</sub><sup>2-</sup> translocira v mlade liste in meristem. Pomanjkanje S (bledica listov) se zato, v nasprotju s pomanjkanjem N, najprej pojavi na mladih listih. Sprejeti S se hitro vgradi v organske spojine. V anorganski obliki ostaja v tkivih le, če ga je v izobilju. Prisotnost anorganskih oblik S v rastlinah je zato dokaz o zadostni prehranjenosti z žveplom (Leskošek in Mihelič, 2002).

## 2.6 ODVZEM ŽVEPLA S PRIDELKI

Odvzem žvepla s pridelki je približno na ravni Mg, to je nekaj deset kg/ha. Največji odvzem in največjo občutljivost na pomanjkanje S, zato pa tudi največjo potrebo po gnojenju z žveplom imajo rastline iz družine križnic (*Brassicaceae*, npr. rod *Brassica*: ogrščica, repice, *Raphanus* ipd.) (Leskošek in Mihelič, 2002).

Preglednica 1: Potrebe določenih rastlin po žveplu (kg S/ha) (<sup>1</sup>Leskošek in Mihelič, 2002; <sup>2</sup>Die Nmin/Smin-Analyse, 2009; <sup>3</sup>Koch in sod., 2000; <sup>4</sup>Roschke, 2000)

Vrsta rastline	Potrebe rastlin po žveplu (kg S/ha)		
Oljna ogrščica	30-40 <sup>1</sup>	60 <sup>2</sup>	50-80 <sup>3</sup>
Ozimna oljna ogrščica	40-60 <sup>4</sup>		
Koruza	10-15 <sup>1</sup>	25 <sup>2</sup>	20-40 <sup>4</sup>
Žito	20-40 <sup>4</sup>	25-40 <sup>3</sup>	
Pšenica	10-15 <sup>1</sup>	30 <sup>2</sup>	
Ozimna pšenica	30-40 <sup>2</sup>		
Tritikala	30 <sup>2</sup>		
Ječmen	20 <sup>2</sup>		
Ozimni ječmen	30 <sup>2</sup>		
Oves	20 <sup>2</sup>		
Rž	30 <sup>2</sup>		
Sladkorna pesa	25-40 <sup>3</sup>	30 <sup>2</sup>	20-40 <sup>4</sup>
Krompir	25 <sup>2</sup>	20-40 <sup>4</sup>	
Zelje	50-80 <sup>3</sup>	20-40 <sup>4</sup>	
Ostala zelenjava	20-40 <sup>4</sup>		
Travinje	20-40 <sup>4</sup>	35-50 <sup>3</sup>	

## 2.7 RAZMERJE C:N:S

Med žveplom in dušikom v rastlinah obstaja tesna povezava (Taube in Gierus, 2005). Interakcija med S in N pri prehrani rastlin (Leskošek in Mihelič, 2002), je eden od dejavnikov, na podlagi katerega se lahko odločimo za gnojenje z žveplom (Koch in sod., 2000). Če je na voljo dovolj žvepla, rastline črpajo tudi več dušika, kar vpliva na obilnejši pridelek. Velja tudi, da stopnjevanje odmerkov dušika povečuje potrebo po večji količini žvepla (Čeh, 1997). Pridelki oljne ogrščice so se razpolovili, če so jo gnojili z N, niso pa ob enem dodali S. Povečano gnojenje z N je povečalo potrebe po S, zato je bilo pomanjkanje toliko bolj izrazito. Uravnotežena prehrana z N in S je zato odločilna za pridelek, učinkovitost izkoriščanja hranil in varovanje okolja (izpiranje, kopičenje nitratov v rastlinskem tkivu...) (Leskošek in Mihelič, 2002).

Dostopnost S je v veliki meri odvisna od vsebnosti organske snovi (OS) tal. Zato je razmerje ogljik:žveplo (C:S) v OS pomemben indikator za prehrano rastlin s S. Če je razmerje C:S v tleh pod 200, je S akumuliran v OS, imobilizacija S iz talnega okolja pa nastopi, ko je razmerje širše od 400. Zaoravanje strniščnih ostankov ali podora privede do imobilizacije S, če je vsebnost S v podoru < 1,3 % S/kg sušine oz. C:N razmerje v podorini  $\geq 300$ . Vseeno pa je ta S vendarle prej oz. bolj dosegljiv za rastline kot S, vezan v humusu. (Leskošek in Mihelič, 2002).

Razmerje C:N:S variira glede na matično osnovo, spiranje in gnojenje. Razmerje teh treh elementov v tleh naj bi bilo 130:10:1,3 in ne ožje od 90:8:1, ter ne širše od 200:12:1 (Yash in Altaf, 2003).

## 2.8 VPLIV ŽVEPLA NA KAKOVOST RASTLIN

Žveplo je makrohranilo, potrebno za tvorbo S-vsebujočih aminokislin (cistein, metionin), beljakovin in drugih S-substanc, ki so pomembne za življenje rastlin, kakovost pridelkov (pomemben je pri presnovi beljakovin in lipidov, fotosintezi, vpliva na delovanje redoks sistema, je sestavni gradnik vitaminov; npr. tiamina, biotina, sestavni del gorčičnega in porovega olja itd.) (Leskošek in Mihelič, 2002).

Preglednica 2: Vsebnosti žvepla v rastlinah (%SS) pri primerni preskrbljenosti (<sup>1</sup>Koch in sod., 2000; <sup>2</sup>Stewart in sod., 1983).

Vrsta rastline	Vsebnost žvepla v rastlinah (%SS) pri primerni preskrbljenosti
Ozimna oljna ogrščica	>0,55 <sup>1</sup>
Ozimno žito	>0,30 <sup>1</sup>
Sladkorna pesa	>0,30 <sup>1</sup>
Travinje	>0,30 <sup>1</sup>
Ječmen	0,19 <sup>2</sup>
Oves	0,24 <sup>2</sup>
Rž	0,12 <sup>2</sup>
Pšenica	0,19 <sup>2</sup>
Koruza (zelinje)	0,17 <sup>2</sup>
Koruza (zrnje)	0,12 <sup>2</sup>

Skupna vsebnost S v rastlinah je v območju med 0,2 do 0,5 % suhe snovi. Pomanjkanje S prizadene tvorbo beljakovin. Velike potrebe po S so značilne za rastline bogate z N kot npr. metuljnice. Sulfati vplivajo na tvorbo bakterijskih nodulov in izboljšujejo simbiotsko fiksacijo N ter s tem vsebnost beljakovin in pridelek metuljnic. Rastline, ki jim primanjkuje S, so slabo fotosintetsko aktivne, zato je prizadeta njihova rast. Na drugi strani pa prevelika vsebnost S lahko zavre tvorbo beljakovin v rastlini. Gnojenje z S vpliva predvsem na vsebnost S v nereproduktivnih organih (steblih, listih), manj pa na vsebnost S v reproduktivnih organih (zrnju oz. semenih) (Leskošek in Mihelič, 2002).

Žveplo pomembno vpliva na vsebnost olj v rastlini. Predvsem križnice in lukovke potrebujejo veliko S za velik pridelek in kakovost olj. Nadalje vpliva na metabolizem ogljikovih hidratov in, če ga je dovolj, poveča vsebnost sladkorjev (npr. v grozdju) in alkoholne stopnje v vinu. Pomemben je tudi pri tvorbi škroba. Krompir ima sorazmerno veliko S (0,3 do 0,5 %). Gnojenje krompirja z S 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 (cimo) v prid pridelka gomoljev (Leskošek in Mihelič, 2002).

Žveplo posredno vpliva na povečanje izkoristka N in zmanjšuje vsebnosti nitratov v rastlinskem soku. Če namreč žvepla primanjkuje, se v rastlinskem tkivu začno kopičiti topne aminokisliline brez S, ki lahko zavrejo delovanje nitrat reduktaze (Leskošek in Mihelič, 2002).

## 2.9 GNOJENJE Z ŽVEPLOM

Problem pri gnojenju z žveplom je v tem, da S lahko tudi negativno vpliva na kakovost. Vsebnost S v tleh, še bolj pa gnojenje s S lahko poveča vsebnost glukozinатов v zrnju oljne ogrščice, kar poslabša okusnost take krme in lahko povzroča golšavost (goitrogeni učinek) in druge toksične učinke. Nasprotno si učinka, povečanje pridelka zrnja oljne ogrščice na eni strani in povečanje vsebnosti glukozinатов na drugi, je težko uskladiti, toda treba se je izogibati, da bi odmerjali več S, kot ga ogrščica potrebuje. Nasprotno pa gnojenje z S poveča kakovost zrnja (moke) pšenice. Pri sladkorni pesi lahko gnojenje s S poveča vsebnost  $\alpha$ -amino N, kar negativno vpliva na ekstrakcijo in s tem pridelek belega sladkorja (Leskošek in Mihelič, 2002).

Preglednica 3: Priporočena gnojilna količina (kg S/ha) in čas gnojenja glede na razvojno fazo rastlin (Koch in sod., 2000).

Vrsta rastline	Priporočena gnojilna količina (kg S/ha)	Čas gnojenja glede na razvojno fazo rastlin
Žito	10-20	Od začetka vegetacije do faze prvega kolena
Ozimna oljna ogrščica	20-40	Začetek vegetacije
Sladkorna pesa	10-20	Od setve do faze osmih listov (razgrnjenih)
Krompir	10-20	Od sajenja do osipavanja krompirja
Koruza	10-20	Od setve do faze šestih listov (razgrnjenih)
Travinje	20-40	Začetek vegetacije
Zelje	30-50	Ob sajenju
Ostala zelenjava	20-40	Ob setvi oz. sajenju

### 3 MATERIAL IN METODE

#### 3.1 LOKACIJA POSKUSOV

Poskus je potekal na treh različnih lokacijah. Prva lokacija je bila v Ljubljani, druga na Ljubljanskem barju na Pijavi Gorici in tretja na Dravsko- Ptujskem polju v Moškanjcih.

#### 3.2 TALNE RAZMERE

Tla na parceli Biotehniške fakultete v Ljubljani so srednje globoka, meljasto-glinasto- ilovnate (MGI) do težko meljasto-glinaste teksture (MG). Tla so psevdoglejna in meliorirana. Na globini od 0 - 30 cm vsebujejo približno 4,5% organske snovi, pH tal je 6,5.

Na Pijavi gorici je poskus potekal na dveh tipih tal. Prva so bila šotna tla nizkega barja, globoka, slabo humificirana, s pH 6,1. Drugi tip tal so oglejena, evtrična, mineralna tla, s pH 6,5.

Tla v Moškanjcih spadajo med tipična distrična rjava tla na nekarbonatnih ledenodobnih prodnatih in peščenih nasipinah rek. Tekstura je ilovnata, zaradi skeleta pa so tla zračna in dobro odcedna. Relief je raven, globina tal do BC horizonta je v povprečju 60 cm. Organske snovi je v tleh 1,6%, pH tal je 6,7.

#### 3.3 KLIMATSKE RAZMERE

##### 3.3.1 Klimatske značilnosti leta 2006

Splošna klimatska značilnost leta 2006 je, da je bilo to nadpovprečno toplo, nadpovprečno osončeno in suho leto. Take razmere niso bile enake skozi celo leto, velike razlike v podnebnih razmerah so bile tako po letnih časih kot tudi pri mesečnih statistikah. Leto 2006 je bilo značilno tudi po dolgotrajni snežni odeji (Kakovost zraka..., 2007).

##### 3.3.1.1 Temperatura

Povprečna letna temperatura je bila povsod nad dolgoletnim povprečjem. Prek 1,5 °C je bilo topleje na območju Ljubljane s širšo okolico. Zima je bila povsod hladnejša od dolgoletnega povprečja, večji del države je bil tudi spomladi hladen, poletje in jesen pa sta bila nadpovprečno topla letna časa. Pri povprečnih mesečnih temperaturah je izstopal hladen in zelo moker avgust, malo pod povprečjem pa so bile temperature tudi januarja, februarja in marca, kar je imelo za posledico dolgotrajno snežno odejo. Posebno topli so bili december, november in julij. Povprečna letna temperatura zraka v letu 2006 v Ljubljani je bila 11,4 °C, v Murski Soboti 10,2 °C (Kakovost zraka..., 2007).

### 3.3.1.2 Padavine

Najbolj suha je bila jesen, najbolj namočena pomlad. Povsod je bil nadpovprečno moker avgust, v osrednjem in severovzhodnem delu države tudi maj. Glede na pretekla leta, padavine v letu 2006 niso močno odstopale od dolgoletnega povprečja. Letna količina padavin v letu 2006 v Ljubljani je bila 1141 mm, v Murski Soboti 852 mm (Kakovost zraka..., 2007).

### 3.3.1.3 Trajanje sončnega obsevanja

Dolgoletno povprečje je bilo preseženo povsod, z izjemo slovenjgraške kotline. Največji presežek, več kot 10%, je bil značilen za območje med Celjem in Mariborom, na območju Ljubljane ter na Goriškem. Povsod je bil najmanj sončen zelo deževen avgust (Kakovost zraka..., 2007).

## 3.4 POSTAVITEV POSKUSOV

Na štirih bločno zasnovanih poljskih poskusih smo ugotavljali učinke različne obdelave tal (konvencionalna in sonaravna) in različne prakse gnojenja na vsebnost žvepla v tleh in v rastlinah.

Poljski poskus je bil zasnovan na štirih poskusnih lokacijah:

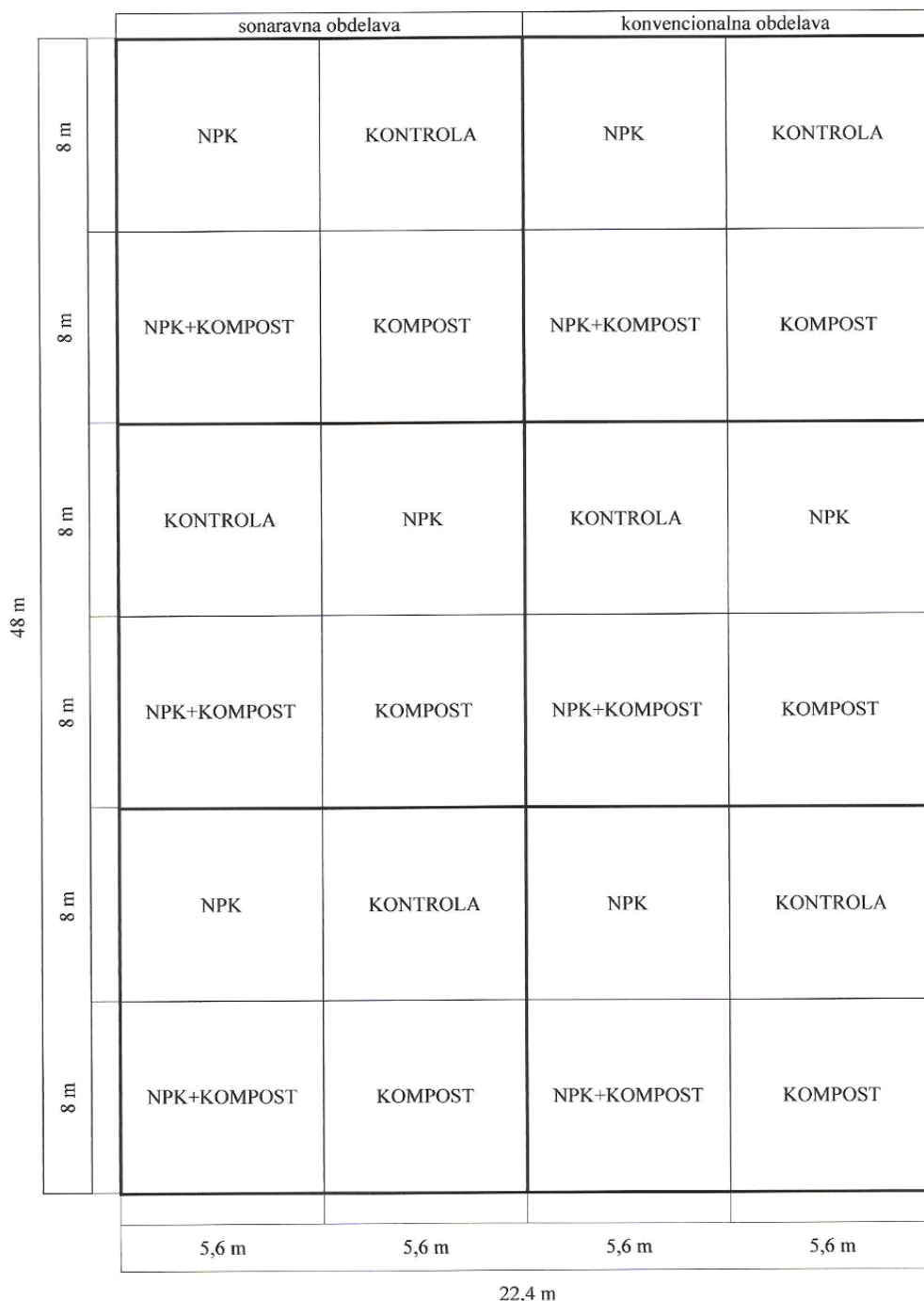
- a. poskusna lokacija na laboratorijskem polju Biotehniške fakultete v Ljubljani
- b. poskusna lokacija na Pijavi Gorici (Ljubljansko barje) na šotnih tleh
- c. poskusna lokacija na Pijavi Gorici (Ljubljansko barje) na mineralnih tleh
- d. poskusna lokacija v Moškanjih (Dravsko - Ptujsko polje)

Na laboratorijskem polju Biotehniške fakultete v Ljubljani smo posejali belo gorjušico, na ostalih treh lokacijah smo posejali koruzo. Poskus je na vseh lokacijah potekal leta 2006.



a. LABORATORIJSKO POLJE BIOTEHNIŠKE FAKULTETE V LJUBLJANI

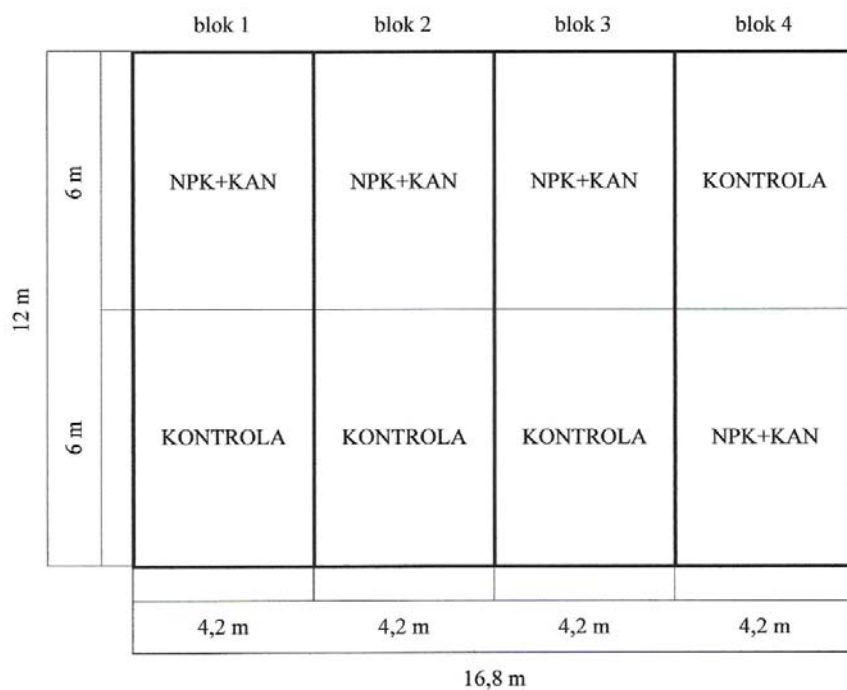
Poskus na laboratorijskem polju Biotehniške fakultete v Ljubljani je bil zasnovan kot bločni poskus. Poskusno polje je bilo razdeljeno na sonaravno obdelan (neoran) in konvencionalno obdelan (oran) del. Znotraj posameznega dela smo obravnavali štiri variante gnojenja, ki so se trikrat ponovile. Praksa gnojenja je že od leta 2000 enaka. Povprečna velikost posamezne parcele je 44,8 m<sup>2</sup>.



Slika 1: Zasnova poskusa na laboratorijskem polju Biotehniške fakultete, leta 2006.

b. PIJAVA GORICA (LJUBLJANSKO BARJE) - šotna tla

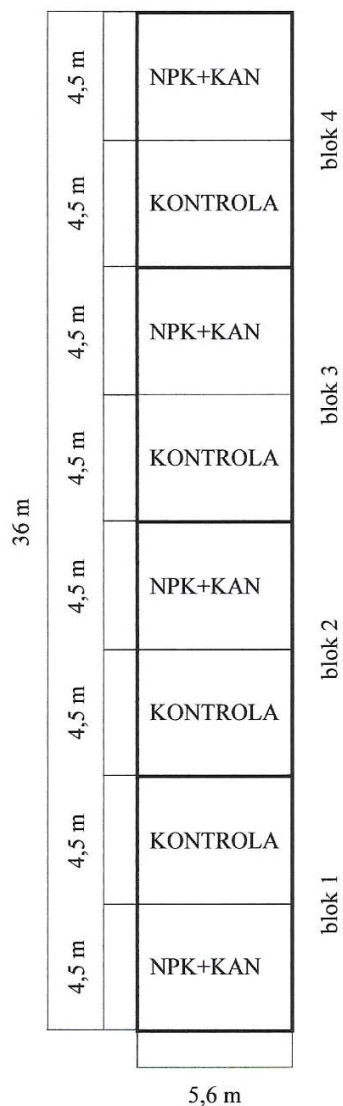
Poskus na Pijavi Gorici (Ljubljansko barje) na šotnih tleh je bil zasnovan kot bločni poskus s štirimi ponovitvami. Znotraj posameznega bloka smo imeli gnojeno parcelo (NPK+KAN) in negojeno parcelo (kontrola). Povprečna velikost posamezne parcele je 25,2 m<sup>2</sup>.



Slika 2: Zasnova poskusa v Pijavi Gorici (Ljubljansko barje) na šotnih tleh, leta 2006.

c. PIJAVA GORICA (LJUBLJANSKO BARJE) - mineralna tla

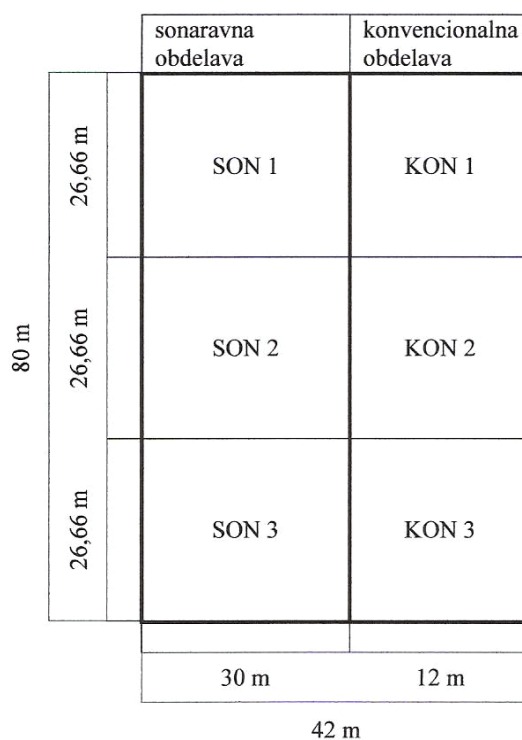
Poskus na poskusni lokaciji na Pijavi Gorici (Ljubljansko barje) na mineralnih tleh je bil zasnovan kot bločni poskus s štirimi ponovitvami. Znotraj posameznega bloka smo imeli gnojeno parcelo (NPK+KAN) in negojeno parcelo (kontrola). Povprečna velikost posamezne parcele je 25,2 m<sup>2</sup>.



Slika 3: Zasnova poskusa v Pijavi Gorici (Ljubljansko barje) na mineralnih tleh, leta 2006.

#### d. MOŠKANJCI (DRAVSKO-PTUJSKO POLJE)

Poskus na poskusni lokaciji v Moškanjcih na Dravsko-Ptujskem polju je bil zasnovan leta 1999, kot bločni poskus. Poskusno polje je bilo razdeljeno na sonaravno obdelan (neoran) in konvencionalno obdelan (oran) del. Povprečna velikost parcele na sonaravno obdelanem zemljišču je  $800 \text{ m}^2$ , na konvencionalno obdelanem zemljišču  $320 \text{ m}^2$ .



Slika 4: Zasnova poskusa V Moškanjcih (Dravsko-Ptujsko polje), leta 2006.

### 3.5 DELO NA TERENU

#### 3.5.1 Vzorčenje tal

Prve vzorce smo pobrali 13. aprila 2006 na laboratorijskem polju Biotehniške fakultete v Ljubljani. Ker je praksa gnojenja enaka že od leta 2000, smo vzorce že pri prvem vzorčenju pobrali na vsaki od 24 parcel posebej. Vzorce smo pobrali v treh globinah 0 - 10 cm, 10 - 30 cm in 30 - 60 cm z žlebičasto sondo. Na vsaki od 24 parcel smo za povprečni vzorec vzeli pet vzorcev vsake globine.

Na obeh poskusnih lokacijah na Pijavi Gorici smo prvič pobrali vzorce 20. aprila 2006. Tu smo vzorčili dve globini 0 - 30 cm in 30 - 60 cm. Ker sta bili obe njivi vsa leta gnojena kot celota, smo predvidevali, da je zemljišče na posamezni njivi homogeno. Zato smo njivo na šotnih tleh razdelili na tri enake dele in znotraj teh vzeli naključno 10 vzorcev vsake globine. Njivo na glinenih tleh pa smo razdelili na štiri enake dele in znotraj teh vzeli

naključno 10 vzorcev vsake globine. Enako kot na BF smo vzorce pobirali z žlebičasto sondo.

Vzorce za poskusno lokacijo v Moškanjcih smo pobrali 15. aprila 2006, v treh globinah 0 - 10 cm, 10 - 30 cm in 30 - 60 cm, na vseh šestih parcelah.

Pobrane vzorce smo shranili v papirnate vrečke, ki smo jih predhodno označili. Vzorce smo posušili v sušilniku pri 40 °C. Vzorci so bili suhi v 24 urah, kar je še posebej pomembno za merjenje mineralnega dušika. Popolnoma suhe vzorce smo zmleli na mlinu za talne vzorce in jih presejali skozi 2 mm sito.

### 3.5.2 Osnovno gnojenje

Na laboratorijskem polju BF, smo 25. aprila 2006 opravili osnovno gnojenje.

Preglednica 4: Osnovno gnojenje na laboratorijskem polju Biotehniške fakultete

Obravnavanja	Osnovno gnojenje
<b>NPK</b>	<b>NPK 15-15-15</b> (60 kg N/ha, 60 kg P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> /ha, 60 kg K <sub>2</sub> O/ha)
<b>NPK+KOMPOST</b>	<b>NPK 15-15-15</b> (30 kg N/ha, 30 kg P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> /ha, 30 kg K <sub>2</sub> O/ha) <b>kompost</b> (85 kg N/ha, 32,5 kg P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> /ha, 30 kg K <sub>2</sub> O/ha)
<b>KOMPOST</b>	<b>kompost</b> (170 kg N/ha, 56 kg P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> /ha, 60 kg K <sub>2</sub> O/ha)
<b>KONTROLA</b>	/

Osnovno gnojenje po posameznih parcelah smo na obeh lokacijah v Pijavi Gorici opravili 6. maja 2006.

Preglednica 5: Osnovno gnojenje na obeh lokacijah v Pijavi Gorici

Obravnavanja	Osnovno gnojenje
<b>NPK+KAN</b>	<b>NPK 8-24-24</b> (24 kg N/ha, 72 kg P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> /ha, 72 kg K <sub>2</sub> O/ha) <b>KAN 27%</b> (180 kg N/ha)
<b>KONTROLA</b>	/

V Moškanjcih smo gnojili pred setvijo 15. aprila 2006.

Preglednica 6: Osnovno gnojenje v Moškanjih

Obravnavanja	Osnovno gnojenje
SON	<b>NPK 15-15-15</b> (223,2 kg N/ha, 223,2 kg P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> /ha, 223,2 kg K <sub>2</sub> O/ha)
KON	<b>NPK 15-15-15</b> (223,2 kg N/ha, 223,2 kg P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> /ha, 223,2 kg K <sub>2</sub> O/ha)

### 3.5.3 Osnovna obdelava tal

Laboratorijsko polje na BF je bilo glede na obdelavo tal razdeljeno na sonaravno in konvencionalno obdelano polovico. Konvencionalno obdelan del njive je bil preoran in pobranan z vrtavkasto brano, sonaravno obdelan del njive je bil le pobranan z vrtavkasto brano do 10 cm globine.

Parceli na Pijavi Gorici sta bili preorani in pobranani z vrtavkasto brano.

V Moškanjih je bila njiva razdeljena na sonaravno in konvencionalno obdelan del. Konvencionalno obdelan del njive je bil preoran do 25 cm globine in obdelan s predsetvenikom do 10 cm globine. Na sonaravno obdelanem delu njive je bil narejen en prehod s strniščnim plugom do 10 cm globine, ostanki so bili delno zadelani v tla (vsaj 30% površine je bilo pokrite z rastlinskimi ostanki prejšnje poljščine-pšenice).

### 3.5.4 Setev koruze

Na Pijavi gorici smo na obeh lokacijah koruzo sejali 5. maja 2006, v Moškanjih pa 25. aprila 2006.

### 3.5.5 Dognojevanje

Na laboratorijskem polju BF smo dognojevali 4. julija 2006 s KAN-om (27%).

Preglednica 7: Dognojevanje na laboratorijskem polju Biotehniške fakultete

Obravnavanja	Dognojevanje
<b>NPK</b>	<b>KAN 27%</b> (110 kg N/ha)
<b>NPK+KOMPOST</b>	<b>KAN 27%</b> (55 kg N/ha)
<b>KOMPOST</b>	/
<b>KONTROLA</b>	/

Na Pijavi Gorici in Moškanjcih nismo dognojevali.

### **3.5.6 Setev bele gorjušice**

Na laboratorijskem polju BF v Ljubljani smo 6. julija 2006 posejali belo gorjušico z žitno sejalnico.

### **3.5.7 Pobiranje rastlinskih vzorcev**

Rastlinske vzorce (koruza) v Moškanjcih smo pobrali 11. oktobra 2006, na Pijavi Gorici 25. septembra 2006. Rastlinske vzorce (bela gorjušica) na BF smo pobrali 21. oktobra 2006. Ko smo vzorce pobrali, smo jih najprej stehtali. Pri koruzi smo ločili zelinje in koruzne storže, ter nato ločili še zrnje od storžev. Vzorce smo posušili v sušilniku pri 40 °C. Ko so bili vzorci popolnoma suhi, smo jih vzeli iz sušilnika in jih stehtali. Posušene rastlinske vzorce zelinja smo najprej zmleli na mlin za vrtno odpadke, nato smo zelinje in koruzno zrnje zmleli še na kavni mlinček.

## **3.6 LABORATORIJSKO DELO**

Ker smo metodo za določanje sulfata v talnih vzorcih v pedološkem laboratoriju Biotehniške fakultete v Ljubljani prvič izvedli, sem postopek opisala podrobneje. Uporabili smo metodo, ki je opisana v Water and Environmental Analysis with the UV/VIS Spectrometer Lambda 2 (Hein in sod.).

### **3.6.1 Določitev sulfata ( $\text{SO}_4^{2-}$ ) v talnih vzorcih, z UV/VIS spektrometrom, Perkin-Elmer, Lambda 2**

#### **3.6.1.1 Princip**

Sulfatni ioni reagira z raztopino barijevega klorida do netopnega barijevega sulfata, ki se ujame v suspenziji ob dodatku raztopine želatine.

#### **3.6.1.2 Postopek**

- Raztopina kalcijevega klorida

V čašo smo natehtali 7,35 g kalcijevega klorida ( $\text{CaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ ), ga kvantitativno prenesli v steklenico in dopolnili z destilirano vodo do 5 l.

- Priprava vzorcev

Natehtali smo 10 g določenega talnega vzorca v plastične posodice, dodali 100 ml raztopine kalcijevega klorida ( $\text{CaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ ) in pustili na stresalniku za 2 uri. Po dveh urah smo suspenzijo prelili v 50 ml umeritvene epruvete ter jo centrifugirali pri 3000 obratih 10 minut.

- Raztopina barijevega klorida in želatine

Za raztopino barijevega klorida in želatine smo raztopili 2,5 g zmlete bele želatine (brez S) v 600 ml destilirane vode. Raztopino smo segreti na 40 °C in nato dodali še 60 ml 1M HCl in 20 g barijevega klorida ( $\text{BaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ ). Bučko smo do 1000 ml dopolnili z destilirano vodo, počakali da se pojavi motnost in nato vsebino prefiltrirali.

- Standardna raztopina

Za standardno raztopino smo natehtali 1,479 g natrijevega sulfata ( $\text{Na}_2\text{SO}_4$ ), ki mora biti brezvodni in dopolnili do 100 ml z destilirano vodo. 1ml te raztopine vsebuje 10 mg sulfata ( $\text{SO}_4^{2-}$ ).

- Umerjanje spektrofotometra

Glede na to, kakšno koncentracijo vzorca pričakujemo, pripravimo raztopino iz standardne raztopine. Pripravili smo osem različnih koncentracij. V vsako od osmih stekleničk smo dala različno koncentracijo standardne raztopine, kot je napisano v tabeli.

Preglednica 8: Količine standardnih raztopin, s koncentracijo sulfata ( $\text{mg SO}_4^{2-}/\text{l}$ ).

	Količina standardne raztopine	Koncentracija sulfata ( $\text{mg SO}_4^{2-}/\text{l}$ )
Prazna	0 $\mu\text{l}$	0 mg/l
Standard 1	25 $\mu\text{l}$	6,25 mg/l
Standard 2	50 $\mu\text{l}$	12,50 mg/l
Standard 3	75 $\mu\text{l}$	18,75 mg/l
Standard 4	100 $\mu\text{l}$	25,00 mg/l
Standard 5	150 $\mu\text{l}$	37,50 mg/l
Standard 6	200 $\mu\text{l}$	50,00 mg/l
Standard 7	250 $\mu\text{l}$	62,50 mg/l

Vseh osem stekleničk smo dopolnili z destilirano vodo do 40 ml in dodali v vsako 10 ml raztopine barijevega klorida in želatine. Stekleničke smo pretresli in pustila stati 15 minut, nakar smo izmerili absorbanco pri 490,0 nm na  $\text{Lambd}_i$  2. Ko smo pomerili in shranili rezultate vseh osmih koncentracij, smo naredili linearno umeritveno krivuljo.

- Predhoden test

Krivulja, ki smo jo naredili, ustreza le za koncentracije, ki niso večje od 63 mg/l. Zato smo pri vseh vzorcih naredili predhoden test, da smo dobili grobo oceno o koncentraciji sulfata v vzorcih. Iz rezultatov smo lahko sklepali, katere vzorce bi bilo potrebno redčiti.



Naredila smo raztopino 10 % barijevega klorida. V čaši smo natehtali 10 g barijevega klorida, to kvantitativno prenesli v 100 ml bučko in dopolnili do oznake 100 ml z destilirano vodo.

Odpipetirali smo 10 ml določenega vzorca v epruveto, dodali nekaj kapljic razredčene solne kisline in nekaj kapljic 10% raztopine barijevega klorida. Epruveto smo pretresli in opazovali motnost, ter glede na spodnje točke ocenili okvirno koncentracijo sulfata:

- takojšen pojav močne motnosti, po nekaj sekundah se pojavi popolna neprosojna motnost (1000 mg  $\text{SO}_4^{2-}/\text{l}$ )
- takojšen pojav motnosti v obliki črt, po nekaj minutah se pojavi popolna neprosojna motnost (500 mg  $\text{SO}_4^{2-}/\text{l}$ )
- počasen pojav motnosti v obliki črt, po približno dveh minutah se pojavi popolna neprosojna motnost (200 mg  $\text{SO}_4^{2-}/\text{l}$ )
- postopno pojavljanje motnosti, če epruveto stresemo se pojavi motnost v obliki oblačkov, čez čas motnost še vedno ostane prosojna (100 mg  $\text{SO}_4^{2-}/\text{l}$ )
- šibka motnost se pojavlja počasi (30 mg – 50 mg  $\text{SO}_4^{2-}/\text{l}$ )
- motnost je zelo šibka, komaj zaznavna (manj kot 30 mg  $\text{SO}_4^{2-}/\text{l}$ )

Postopek smo ponovili pri vseh vzorcih. Vzorcev mi ni bilo potrebno redčiti, saj smo s predhodnimi testi ugotovili, da noben od vzorcev ne vsebuje več kot 50 mg  $\text{SO}_4^{2-}/\text{l}$ .

- Meritev sulfata v vzorcih

Odpipetirali smo 40 ml od že pripravljenih vzorcev v kalibrirne stekleničke. Dodali smo 10 ml raztopine barijevega klorida in želatine, dobro pretresli in počakali 15 minut. Nato smo izmerili absorpcijo pri 490,0 nm in iz umeritvene krivulje izračunali koncentracijo sulfata.

### 3.6.2 Določitev pH v talnih vzorcih, s pH-metrom, WTW, pH 538

#### 3.6.2.1 Princip

Reakcijo tal smo določili po elektrometrični meritvi aktivnosti  $\text{H}^+$ -ionov (izraženo kot negativni desetiški logaritem) v suspenziji tal z raztopino 0,01 mol/l kalcijevega klorida v volumskem razmerju 1:5 (SIST ISO 10390, 1996). Uporabili smo pH-meter, WTW, pH 538.

#### 3.6.2.2 Postopek

- Raztopina kalcijevega klorida

V čašo smo natehtali 7,35 g kalcijevega klorida ( $\text{CaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ ), kvantitativno prenesli v steklenico in dopolnili z destilirano vodo do 5 l.

- Priprava vzorcev in merjenje pH v vzorcih

Žličko volumna 7,5 ml, smo napolnili z določenim talnim vzorcem. Zemljo v žlički smo potlačili in izravnali in s tem zapolnili vse pore in se najbolj približala zelenemu volumnu. Vzorec smo stresli v čašo, ga prelili s 37,5 ml kalcijevega klorida ( $\text{CaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ ), premešali in pustili stati 2 uri.

Pred meritvijo vzorcev smo elektrode pomočili v raztopino z že znano pH vrednostjo in umerili pH meter. Nato smo začela meriti posamezne vzorce. Vsak vzorec smo pred meritvijo premešali, nato pomočili vanj elektrode in izmerili pH.

### **3.6.3 Določitev mineralnih oblik dušika, nitrata ( $\text{NO}_3\text{-N}$ ) in amonija ( $\text{NH}_4\text{-N}$ ), v talnih vzorcih, s hitrimi testi, ELLE, Merck-Rqflex**

#### 3.6.3.1 Princip

RQflex je priročni terenski aparat za merjenje vsebnosti mineralnih oblik dušika ( $\text{N-min} = \text{NO}_3\text{-N} + \text{NH}_4\text{-N}$ ) v tleh. Metoda temelji na izmenjavi mineralnih oblik dušika iz sorptivnega dela tal ter talne raztopine v ekstrakcijsko raztopino, v kateri s pomočjo RQflexa izmerimo vsebnost  $\text{N-min}$  v tleh. Kot ekstrakcijsko raztopino uporabljamo kalcijev klorid dihidrat ( $\text{CaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ ; 0,01 M) (Sušin in Kmecl, 2000).

#### 3.6.3.2 Postopek

- Raztopina kalcijevega klorida

V čašo smo natehtali 7,35 g kalcijevega klorida ( $\text{CaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ ), kvantitativno prenesli v steklenico in dopolnili z destilirano vodo do 5 l.

- Priprava vzorcev

Natehtali smo 3 g posameznega talnega vzorca, prelili s 30 ml kalcijevega klorida ( $\text{CaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ ) in dali na stresalnik za 2 uri. Po dveh urah smo vzorce vzeli iz stresalnika in jih pustili približno eno uro, da se je zemlja posedla. Nato smo tekočino iz vsake stekleničke previdno odlili v epruvete in jih zaprli.

- Merjenje nitrata v vzorcih

Testni listič smo za dve sekundi pomočili v pripravljen vzorec in ga po 60 sekundah vstavili v merilni del aparata. Na ekranu se je pokazala vrednost nitrata v mg.

Z RQflex-om se lahko izmeri le vzorce, ki imajo vrednost nitrata med 3 mg  $\text{NO}_3^-/\text{l}$  in 90 mg  $\text{NO}_3^-/\text{l}$ . Vzorce, ki so imeli vrednost večjo od 90 mg  $\text{NO}_3^-/\text{l}$ , smo desetkrat razredčili in ponovno izmerili nitrat.

- Merjenje amonija v vzorcih

Z RQflex-om se lahko izmeri le vzorce, ki imajo vrednost amonija med 0,2 in 7,0 mg/l  $\text{NH}_4^+$ . Zato smo vsem vzorcem najprej kolorimetrično, s testnimi lističi, določili okvirno vrednost amonija. Vzorce, ki so imeli vrednost večjo od 7,0 mg/l  $\text{NH}_4^+$ , smo desetkrat razredčili z destilirano vodo.

5 ml vzorca smo dodali 10 kapljic reagenta  $\text{NH}_4$ -1, vzorec pretresli in dodali še zvrhano žličko (bila priložena) reagenta  $\text{NH}_4$ -2, ter ponovno pretresli. Testni listič smo pomočili v pripravljen vzorec in ga po 8 minutah vstavili v merilni del aparata. Na ekranu se je pokazala vrednost amonija v mg/l.

### **3.6.4 Določitev skupnega ogljika in skupnega dušika v talnih vzorcih, z Vario MAX CN**

#### 3.6.4.1 Princip

Celokupna vsebnost N in C v talnih vzorcih je bila določena po sežigu pri 900°C s pomočjo TCD detektorja (Thermal Conductivity Detector) na CNS elementnem analizatorju Vario MAX CN firme Elementar (ISO 10694, 1995 in ISO 13878, 1995).

#### 3.6.4.2 Postopek

Natehtali smo 1 g vzorca in po sežigu na 900°C določili C in N brez dodatne priprave vzorca na elementnem analizatorju Vario MAX CN.

### **3.6.5 Določitev žvepla v rastlinskih vzorcih**

Vzorce rastlin smo poslali v Termoelektrarno Toplarno Ljubljana (TE-TOL), kjer so z metodo ASTM D 4239 določili vsebnost žvepla v rastlinah.

ASTM D 4239 je standardna testna metoda za določevanje vsebnosti žvepla v premogu in koksu s sežigom v cevni peči (ASTM D 4239, 2004).

### **3.6.6 Določitev sulfata ( $\text{SO}_4^{2-}$ ) v padavinah**

Podatke o koncentracijah sulfata v padavinah smo prejeli od Agencije Republike Slovenije za okolje. Koncentracije sulfata v padavinah določajo z metodo ISO 10304-1.

Metoda ISO 10304-1 določa raztopljene fluoridne, kloridne, nitratne, ortofosfatne, bromidne, nitratne in sulfatne ione z uporabo ionske kromatografije (ISO 10304-1, 2007)

Do leta 2002 je na vseh merilnih mestih potekalo mesečno vzorčenje z "bulk" vzorčevalniki. Vzorčevalna posoda je bila oprta ves čas, zato se je vanjo poleg padavin (mokra usedlina) ujel tudi prah (prašna usedlina) (Meteorološki podatki, 2009).

V začetku leta 2003 so uvedli dnevno vzorčevanje padavin s tako imenovanimi "wet-only" vzorčevalniki. Vzorčevalnik je odprt le v času padavin, zato vzorčuje le mokri del usedline, torej padavine (Meteorološki podatki, 2009).

### 3.7 STATISTIČNE METODE

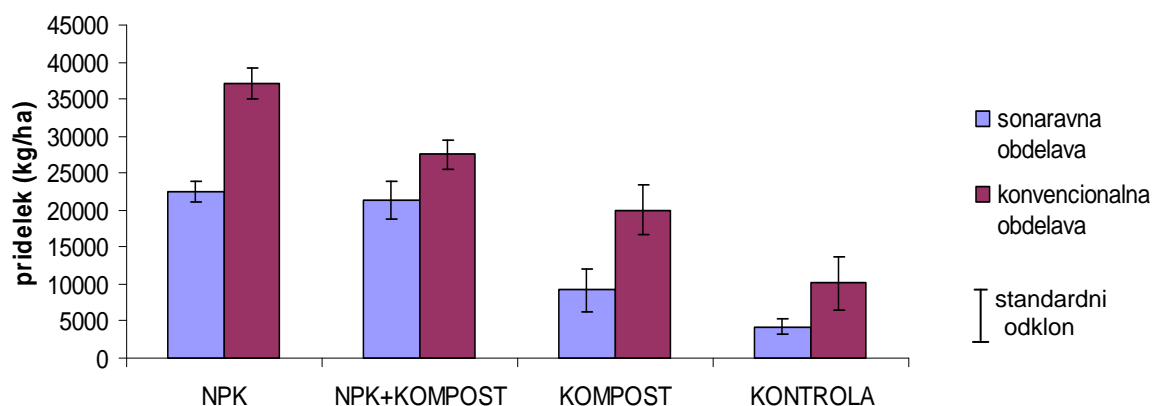
Za statistično analizo podatkov smo uporabili program Statgraphics plus 4 in Excel 7.0. Za ugotavljanje statistično značilnih razlik med obravnavanji smo uporabili analizo variance (ANOVA) in LSD test s 95 % intervalom zaupanja. Za ugotavljanje razmerij med izbranimi meritvami smo uporabili linearno regresijo in analizo variance (ANOVA).

Od ARSO smo dobili koncentracije sulfata (mg/l) v tedenskih in mesečnih vzorcih padavin. Podatke smo pretvorili v kg SO<sub>4</sub>-S/ha in preračunali v letne depozite žvepla.

## 4 REZULTATI

### 4.1 PRIDELKI

a. poskusna lokacija na laboratorijskem polju Biotehniške fakultete v Ljubljani



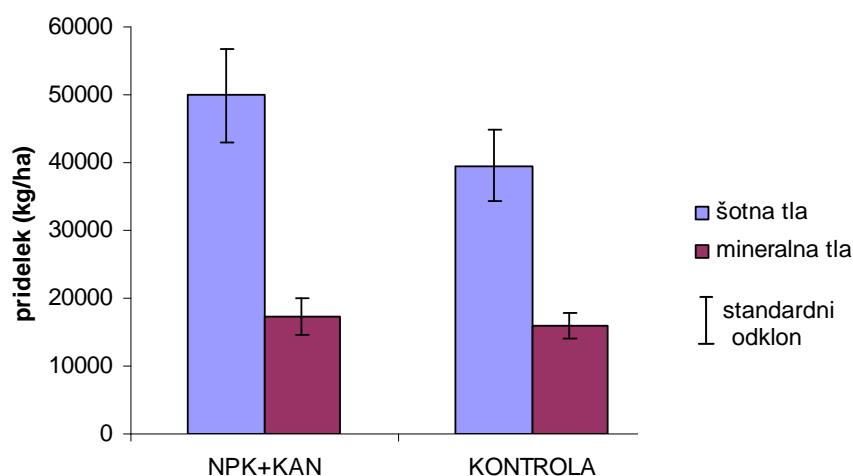
Slika 5: Pridetek bele gorjušice (kg/ha) pri različnem gnojenju in obdelavi tal na laboratorijskem polju Biotehniške fakultete .

Pri primerjavi pridelkov na parcelah BF glede na obdelavo tal se vidijo bistvene razlike med sonaravno in konvencionalno obdelavo. Pridelki so večji pri konvencionalni obdelavi tal. Na parcelah NPK so pridelki pri konvencionalni obdelavi povprečno večji za 39 % (14567 kg/ha), na parcelah NPK+KOMPOST za 22% (6167 kg/ha), na parcelah KOMPOST za 54 % (10867 kg/ha) in pri KONTROLI 58 % (5900 kg/ha).

Največji pridelki so bili na parcelah NPK, najmanjši na parcelah KONTROLA. Pridelki so na parcelah NPK pri sonaravni obdelavi povprečno večji za 81 % (18300 kg/ha), pri konvencionalni obdelavi 73 % (26967 kg/ha) večji, kot pri KONTROLI. Pridelki na parcelah NPK so v primerjavi s parcelami KOMPOST pri sonaravni obdelavi povprečno večji za skoraj 60 % (13400 kg/ha) in pri konvencionalni obdelavi večji za 46 % (17100 kg/ha). Na parcelah NPK so v primerjavi s parcelam NPK+KOMPOST pridelki pri sonaravni obdelavi povprečno večji za 5 % (1233 kg/ha) in pri konvencionalni obdelavi 26 % (9633 kg/ha) (priloga F1).

Na koreninah bele gorjušice so bili sledovi koreninskih uši (*Pemphigidae*), ki se pojavijo raje na slabo strukturnih tleh ali pri slabi prehranjenosti. Na koreninah so bile vidne vdolbinice po vsej verjetnosti zaradi stonog, posamično pa je bilo opaziti tudi zastarele poškodbe zaradi kapusove muhe (vdolbinice), ki so jih napravile ličinke. Najbolj je bila prizadeta parcela, ki ni bila gnojena (kontrola) (prof. Lea Milevoj, osebna komunikacija).

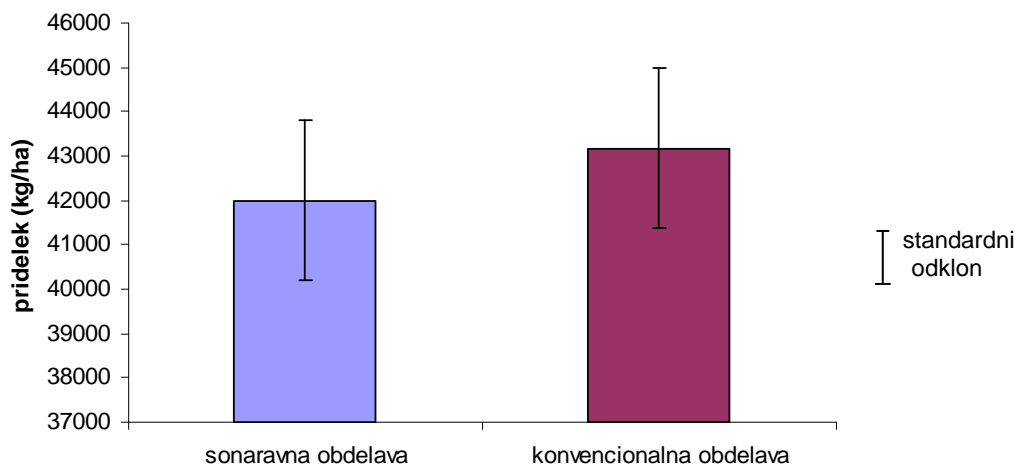
b. poskusna lokacija v Pijavi Gorici (Ljubljansko barje)



Slika 6: Pridelek koruze (kg/ha) na dveh različnih tipih ta, na gnojenih in negnojenih parcelah, na Ljubljanskem barju (Pijava Gorica).

Pridelki na Pijavi Gorici so na šotnih tleh 60% do 65% večji kot na mineralnih tleh. Na šotnih tleh so pridelki na parcelah NPK+KAN za 21 % (10402 kg/ha) večji, kot na parcelah KONTROLA, medtem ko so na mineralnih tleh te razlike manjše. Pridelki na parcelah NPK+KAN so na mineralnih tleh za slabih 7 % (1160 kg/ha), statistično neznačilno, večji od KONTROLE (priloga F2).

c. poskusna lokacija v Moškanjcih (Dravsko-Ptujsko polje)

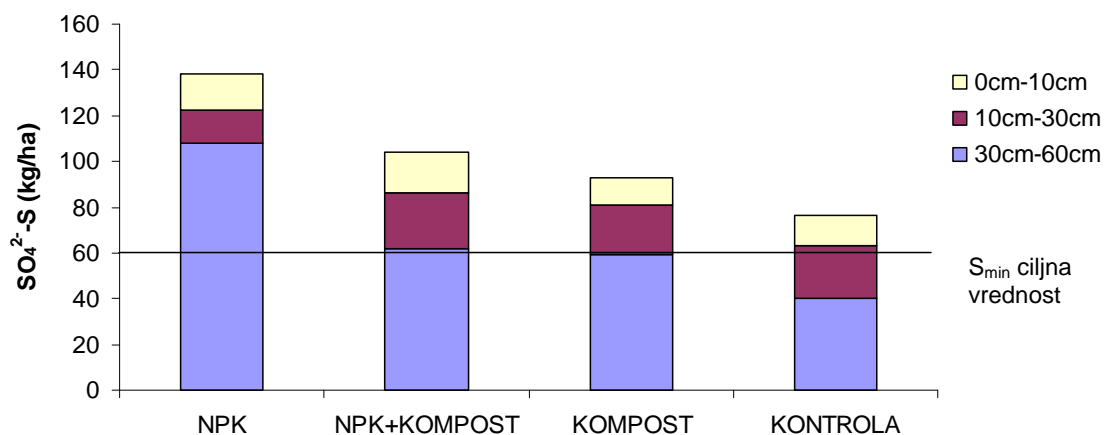


Slika 7: Pridelek koruze (kg/ha) pri različni obdelavi tal (konvencionalna obdelava in sonaravna obdelava) na Dravsko-Ptujskem polju v Moškanjcih.

Razlike med količinami pridelkov pri sonaravni in konvencionalni obdelavi Moškanjcih, niso velike. Pridelki na konvencionalno obdelanem zemljišču so za 3 % (1175 kg/ha) večje (priloga F3).

## 4.2 KOLIČINA ŽVEPLA V TLEH V RAZLIČNIH GLOBINAH

- a. poskusna lokacija na laboratorijskem polju Biotehniške fakultete v Ljubljani - sonaravna obdelava

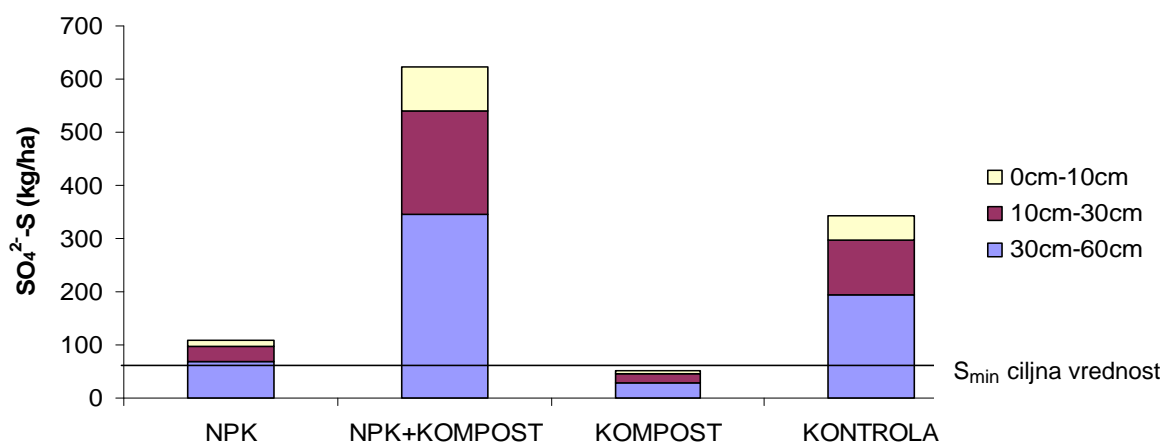


Slika 8: Povprečne vrednosti  $S_{min}$  ( $SO_4$ -S v kg/ha) v tleh pri sonaravni obdelavi tal, v treh globinah, na laboratorijskem polju Biotehniške fakultete.

Povprečna količina žvepla do globine 10 cm je 15 kg/ha, na globini od 10 cm do 30 cm je 21 kg/ha. Največje količine sulfatnega žvepla so na globini od 30 cm do 60 cm (povprečno 67 kg/ha). Količine sulfatnega-S do 60 cm globine se gibljejo okoli 100 kg/ha (priloga G1).

Poskusna parcela je enako gnojena že od leta 2000. Največje količine sulfatnega žvepla v tleh so na parcelah NPK, nato NPK+KOMPOST, KOMPOST in najmanjše količine na parcelah KONTROLA. Med različnimi variantami gnojenja ni statistično značilnih razlik (priloga E).

- b. poskusna lokacija na laboratorijskem polju Biotehniške fakultete v Ljubljani - konvencionalna obdelava



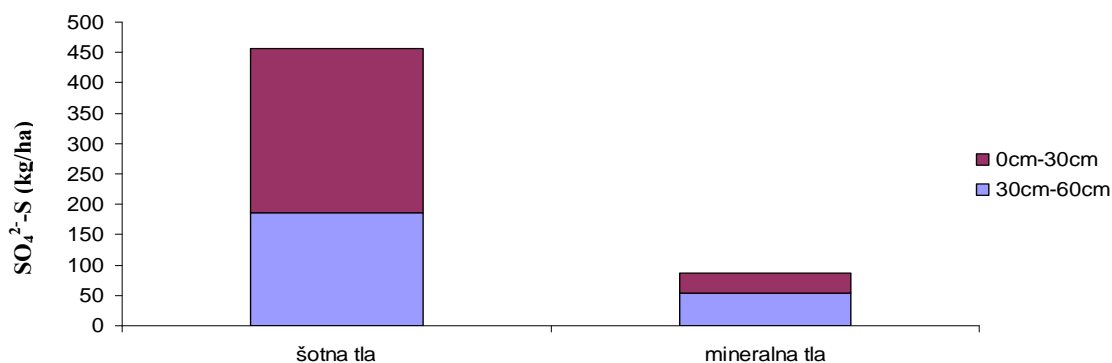
Slika 9: Povprečne vrednosti  $S_{min}$  ( $SO_4$ -S v kg/ha) v tleh pri konvencionalni obdelavi tal, v treh globinah, na laboratorijskem polju Biotehniške fakultete.

Povprečne količine sulfatnega-S na globini 10 cm je 36 kg/ha, na globini od 10cm do 30cm 87 kg/ha. Največje količine sulfatnega-S so na globini od 30 cm do 60 cm (povprečno 158 kg/ha). Povprečne količine do 60 cm globine so 280 kg/ha (priloga G2).

Na konvencionalno obdelani parceli so tri parcele izstopale z veliko večjimi vrednostmi žvepla v tleh, kot ostale. Od teh treh parcel, sta bili dve NPK+KOMPOST in ena KOMPOST. Parcele ležijo ena poleg druge (priloga D). Med različnimi variantami gnojenja ni statistično značilnih razlik.

Med sonaravnim in konvencionalnim načinom obdelave, ni statistično značilnih razlik v količini sulfatnega žvepla v tleh (priloga E).

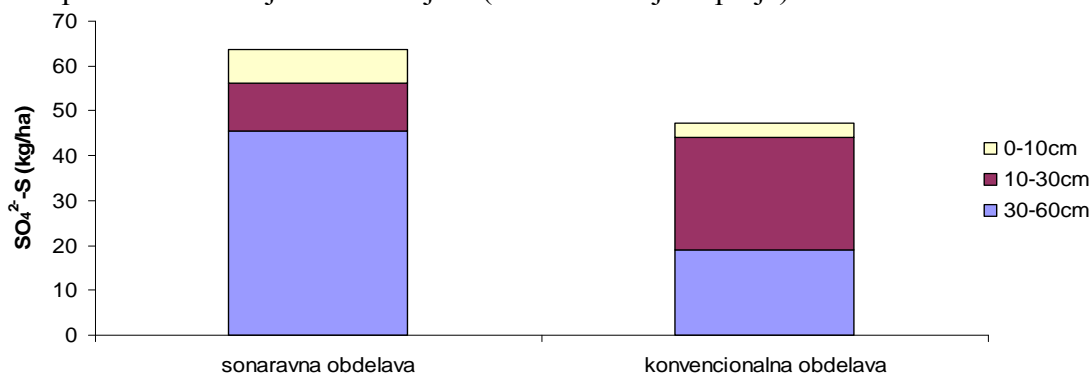
c. poskusna lokacija v Pijavi Gorici (Ljubljansko barje)



Slika 10: Povprečne vrednosti  $S_{\min}$  ( $SO_4\text{-S}$  v kg/ha) na šotnih in mineralnih tleh, v dveh globinah, na Ljubljanskem barju (Pijava Gorica).

Na šotnih tleh so količine sulfatnega-S zelo velike. Do globine 30 cm so povprečne količine 271 kg/ha, do globine 60 cm pa 458 kg/ha. Na mineralnih tleh so količine veliko manjše. Do globine 30 cm so povprečne količine sulfatnega-S 32 kg/ha, do 60 cm globine pa 87 kg/ha (priloga G3).

d. poskusna lokacija v Moškanjih (Dravsko-Ptujsko polje)

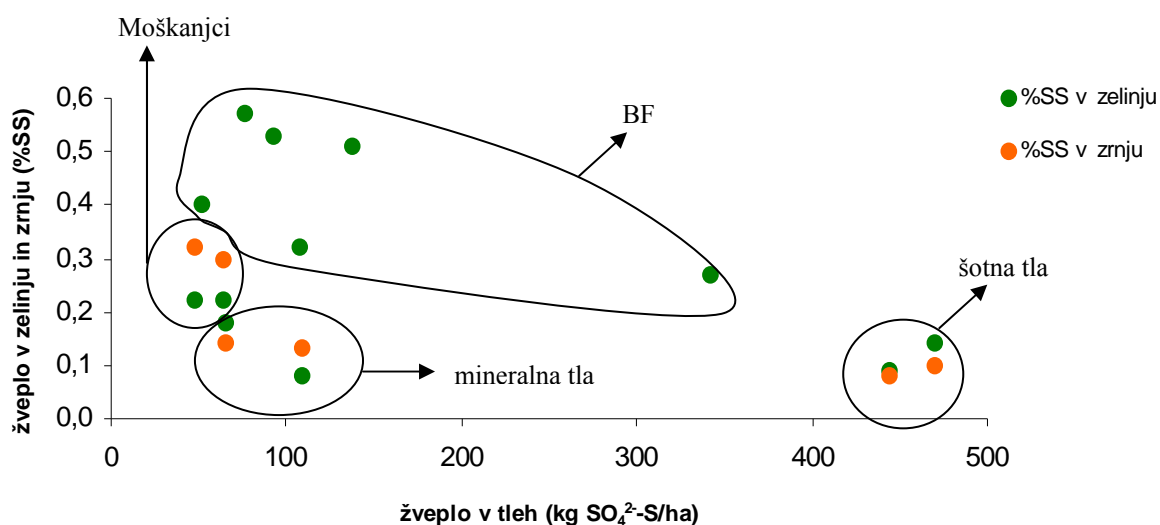


Slika 11: Povprečne vrednosti  $S_{\min}$  ( $SO_4\text{-S}$  v kg/ha) v tleh pri sonaravni in konvencionalni obdelavi tal, v treh globinah, na Dravsko-Ptujskem polju v Moškanjih.



Na sonaravno obdelanih tleh so količine sulfatnega-S nekoliko večje, kot na tleh s konvencionalno obdelavo. Do globine 10 cm se povprečne količine na sonaravno obdelani parceli 7 kg/ha, do globine 30 cm 18 kg/ha in do globine 60cm 64 kg/ha. Na konvencionalno obdelanih tleh so povprečne količine sulfatnega-S do globine 10 cm 3 kg/ha, do globine 30 cm 28 kg/ha in do globine 60cm 47 kg/ha (priloga G4).

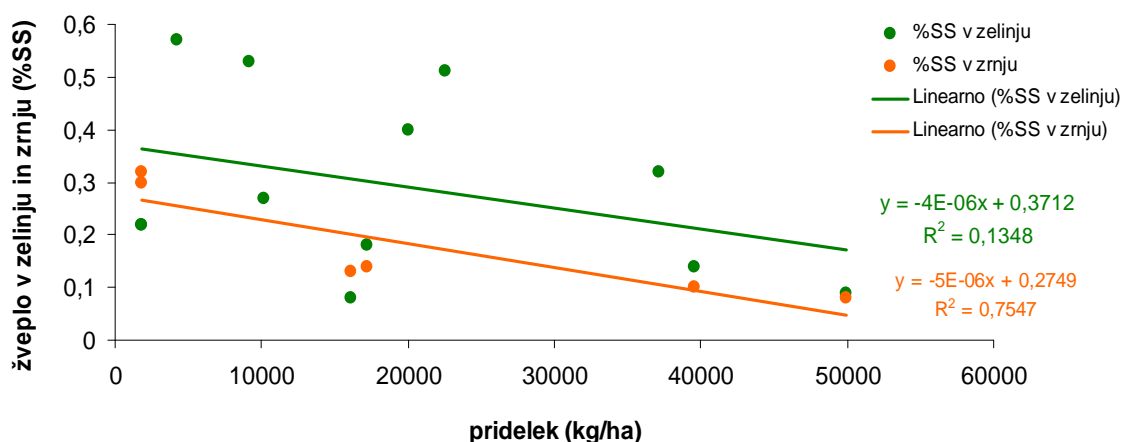
#### 4.3 ODVISNOST KONCENTRACIJE ŽVEPLA V NADZEMNIH DELIH RASTLIN OD KOLIČINE ŽVEPLA V TLEH



Slika 12: Količina žvepla (kg  $\text{SO}_4\text{-S/ha}$ ) v tleh do 60 cm globine, v povezavi s količino žvepla (%SS) v zelinju bele gorjušice in koruze, ter v zrnju koruze (priloga H).

Povezave med žveplom v rastlinah in žveplom v tleh nismo ugotovili (priloga B).

#### 4.4 ODVISNOST KONCENTRACIJE ŽVEPLA V NADZEMNIH DELIH RASTLINE OD KOLIČINE PRIDELKA



Slika 13: Pridelek (kg/ha) bele gorjušice in koruze, v povezavi s količino žvepla (%SS) v zelinju bele gorjušice in koruze, ter v zrnju koruze (priloga I).

Statistično značilne povezave med žveplom v tleh in žveplom v zelinju ni. Obstaja pa statistično značilna povezava med količino pridelka (kg/ha) in koncentracijo žvepla v zrnju koruze (%SS). Povezava je negativna, kar pomeni da večji ko je pridelek, manjša je koncentracija žvepla v zrnju koruze ( $r^2=75,5\%$ ) (priloga B).

#### 4.5 PREHRANJENOST RASTLIN Z ŽVEPLOM

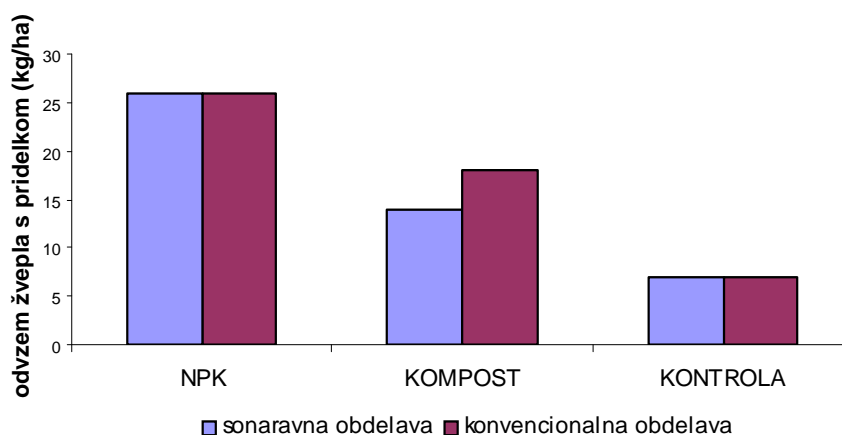
Preglednica 9: količine žvepla (%SS) v rastlinskih delih bele gorjušice in koruze na laboratorijskem polju BF, na obeh poskusnih lokacijah na Pijavi Gorici in na poskusnem polju v Moškanjcih.

			Žveplo v zelinju (% SS)	Žveplo v zrnju (% SS)
Biotehniška Fakulteta (bela gorjušica)	Sonaravna obdelava	NPK	0,51	/
		KOMPOST	0,53	/
		KONTROLA	0,57	/
	Konvencionalna obdelava	NPK	0,32	/
		KOMPOST	0,40	/
		KONTROLA	0,27	/
Pijava Gorica (kоруza)	Šotna tla	NPK+KAN	0,09	0,08
		KONTROLA	0,14	0,10
	Mineralna tla	NPK+KAN	0,08	0,13
		KONTROLA	0,18	0,14
Moškanjci (kоруza)	SON	0,22	0,30	
	KON	0,22	0,32	

Količina žvepla so v zelinju bele gorjušice na sonaravno obdelanem zemljišču BF večje, kot na konvencionalno obdelanem zemljišču. Na sonaravno obdelanem zemljišču so največje količine na negnojnih parcelah, najmanjše na parcelah NPK. Na konvencionalno obdelanem zemljišču so največje količine žvepla na parcelah KOMPOST, najnižje na parcelah KONTROLA.

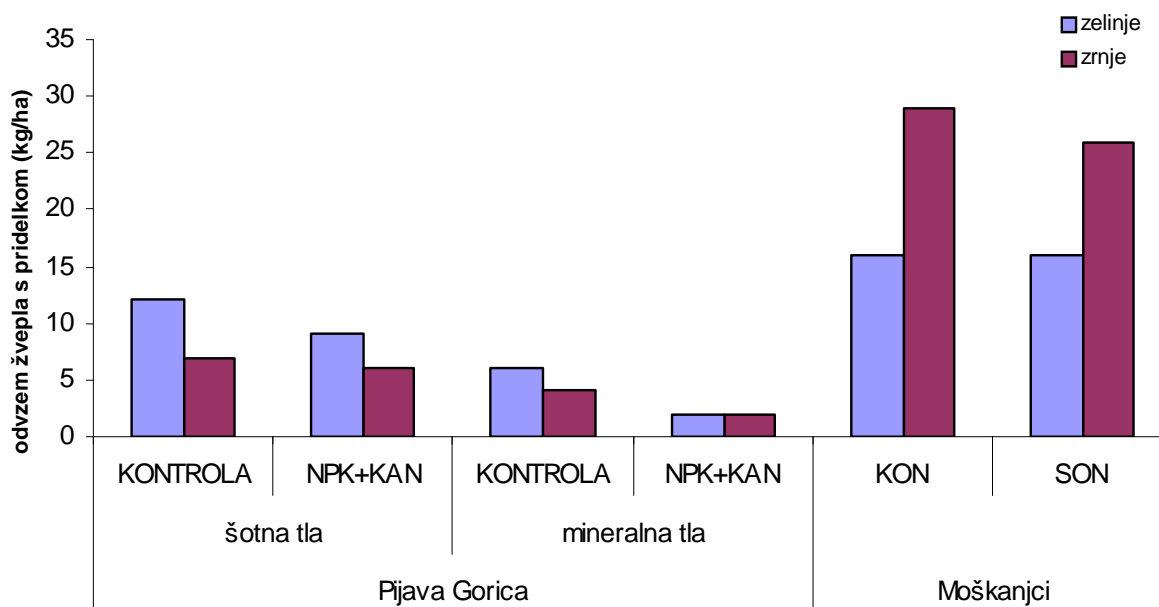
Na šotnih tleh so v zelinju kоруze vrednosti žvepla večje, kot v zrnju kоруze. Največje količine žvepla so tako v zelinju kоруze, kot v zrnju kоруze na poskusni lokaciji v Moškanjcih, na mineralnih tleh so vrednosti že nižje in na šotnih tleh najnižje.

#### 4.6 ODVZEM ŽVEPLA S PRIDELKOM



Slika 14: Odvzem žvepla (kg S/ha) s pridelkom bele gorjušice, na laboratorijskem polju Biotehniške fakultete.

Na laboratorijskem polju Biotehniške fakultete so odvzemi žvepla pri sonaravni in konvencionalni obdelavi na parcelah NPK in KONTROLA enaki, le na parcelah KOMPOST so količine nekoliko večje pri konvencionalni obdelavi. Največji odvzemi so na parcelah NPK (26 kg S/ha), najmanjši na parcelah KONTROLA-7 kg S/ha (priloga J).

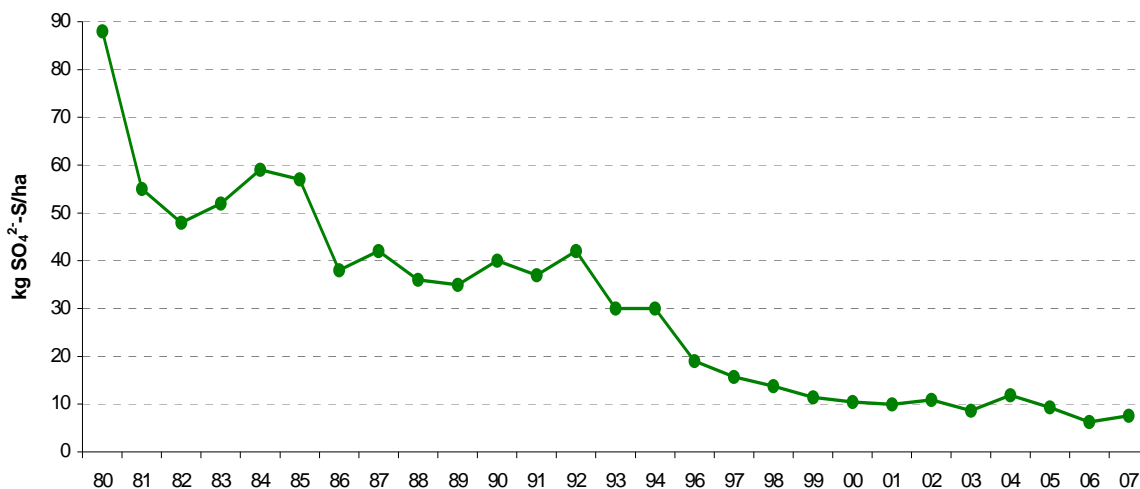


Slika 15: Odvzem žvepla (kg S/ha) s pridelkom koruze na lokacijah na Pijavi Gorici in v Moškanjcih.

Na Pijavi Gorici so zeleni deli koruze iz tal odvzeli več žvepla kot zrnje, v Moškanjcih je ravno obratno. Na šotnih tleh je odvzem žvepla večji, kot na mineralnih tleh. Če primerjamo način gnojenja, je večji odvzem na negnojenih parcelah. V Moškanjcih so odvzemi večji od drugih pokusnih lokacij. Glede na obdelavo tal (sonaravna in konvencionalna) v Moškanjcih ni značilnih razlik v odvzemu (priloga J).

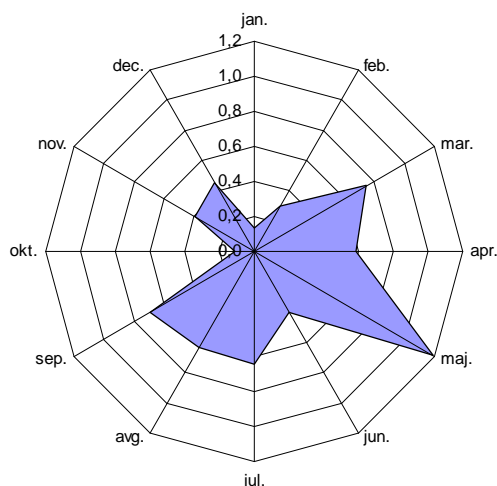
#### 4.7 KOLIČINA ŽVEPLA V PADAVINAH V SLOVENIJI

Podatke o koncentracijah žvepla v padavinah smo pridobili od Agencije Republike Slovenije za okolje.

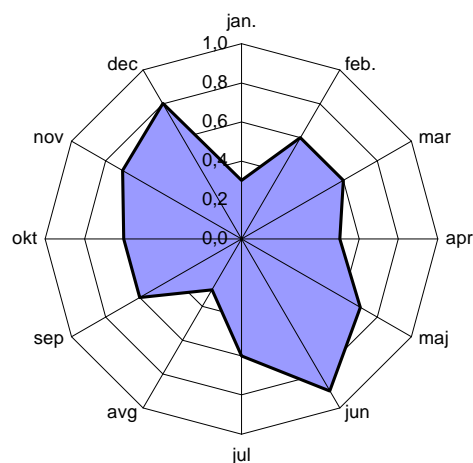


Slika 16: Depozit žvepla (kg SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>-S/ha) s padavinami v Ljubljani od leta 1980 do leta 2007 (Meteorološki podatki, 2009).

Podatki za merilno postajo Ljubljana-Bežigrad kažejo, da se je količina žvepla, ki pride v tla s padavinami, od leta 1980 do leta 2007, zelo zmanjšala. Od leta 1980, ko je s padavinami padlo še okoli 88 kg SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>-S/ha, do leta 2007, ko je s padavinami padlo le še okoli 8 kg SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>-S/ha, se je mokri depozit žvepla v Ljubljani zmanjšal za 11-krat (priloga K1).

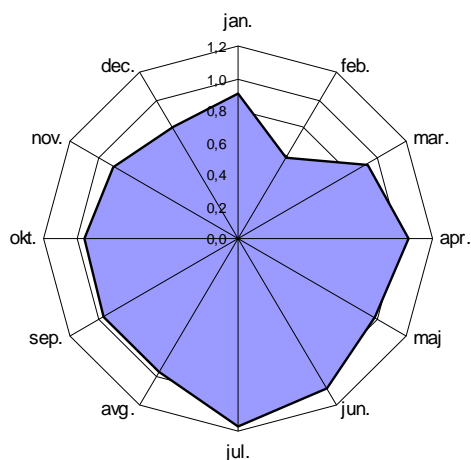


Slika 17: Mesečni depozit žvepla (kg SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>-S/ha) s padavinami v Ljubljani leta 2006 (Meteorološki podatki, 2009).

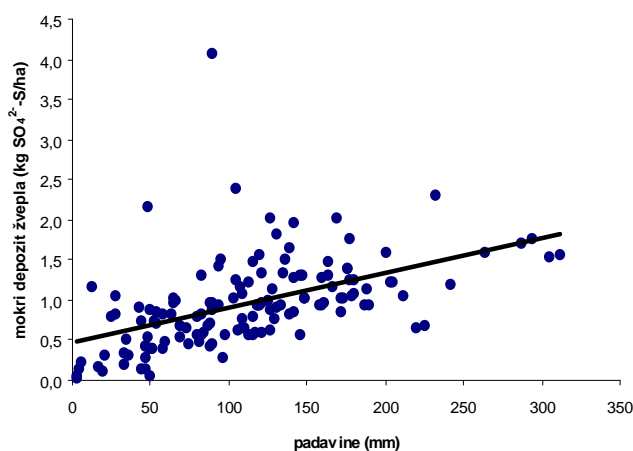


Slika 18: Povprečne mesečne koncentracije žvepla (mg SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>-S/l) v padavinah, ki so padle v Ljubljani leta 2006 (Meteorološki podatki, 2009).

V Ljubljani je leta 2006 največ žvepla s padavinami padlo meseca maja, najmanj oktobra in januarja. V celem letu 2006 je padlo približno 6 kg  $\text{SO}_4^{2-}$ -S/ha (priloga K2).

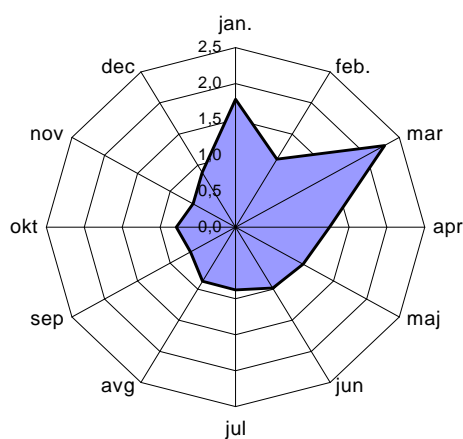


Slika 19: Povprečni mesečni depoziti žvepla (kg  $\text{SO}_4$ -S/ha) s padavinami v Ljubljani od leta 1996 do leta 2007 (Meteorološki podatki, 2009).

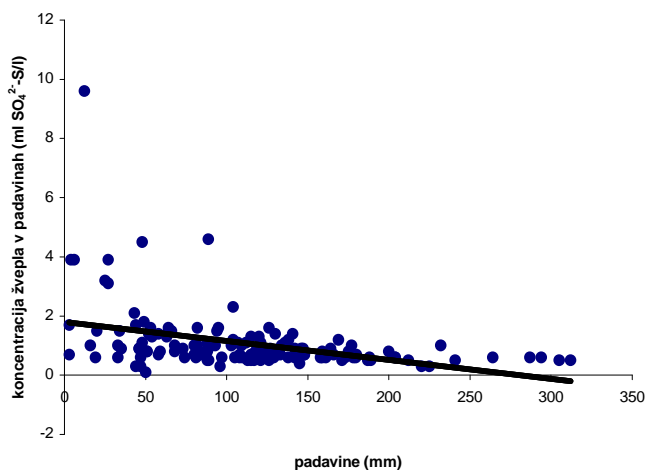


Slika 20: Korelacija med mesečnimi depoziti žvepla (kg  $\text{SO}_4$ -S/ha) s padavinami, ter mesečnimi količinami padavin (mm) v Ljubljani od leta 1996 do leta 2007 (Meteorološki podatki, 2009).

Če primerjamo povprečne mesečne količine žvepla, ki padejo s padavinami med letom 1996 in letom 2007, so največje vrednosti v spomladanskih in poletnih mesecih. Julija je povprečna vrednost največje (1,2 kg  $\text{SO}_4^{2-}$ -S/ha), najmanjša pa v februarju (0,6 kg  $\text{SO}_4^{2-}$ -S/ha).



Slika 21: Povprečne mesečne koncentracije žvepla (mg  $\text{SO}_4^{2-}$ -S/l) v padavinah, ki so padle v Ljubljani od leta 1996 do leta 2007 (Meteorološki podatki, 2009).



Slika 22: Korelacija med mesečnimi koncentracijami žvepla (mg  $\text{SO}_4^{2-}$ -S/l), ki pride v tla s padavinami, ter mesečnimi količinami padavin (mm) v Ljubljani od leta 1996 do leta 2007 (Meteorološki podatki, 2009).

Največja povprečna mesečna koncentracija žvepla med letom 1996 in letom 2007 je pozimi. Največja povprečna mesečna koncentracija žvepla je marca (2,3 mg  $\text{SO}_4^{2-}$ -S/l),

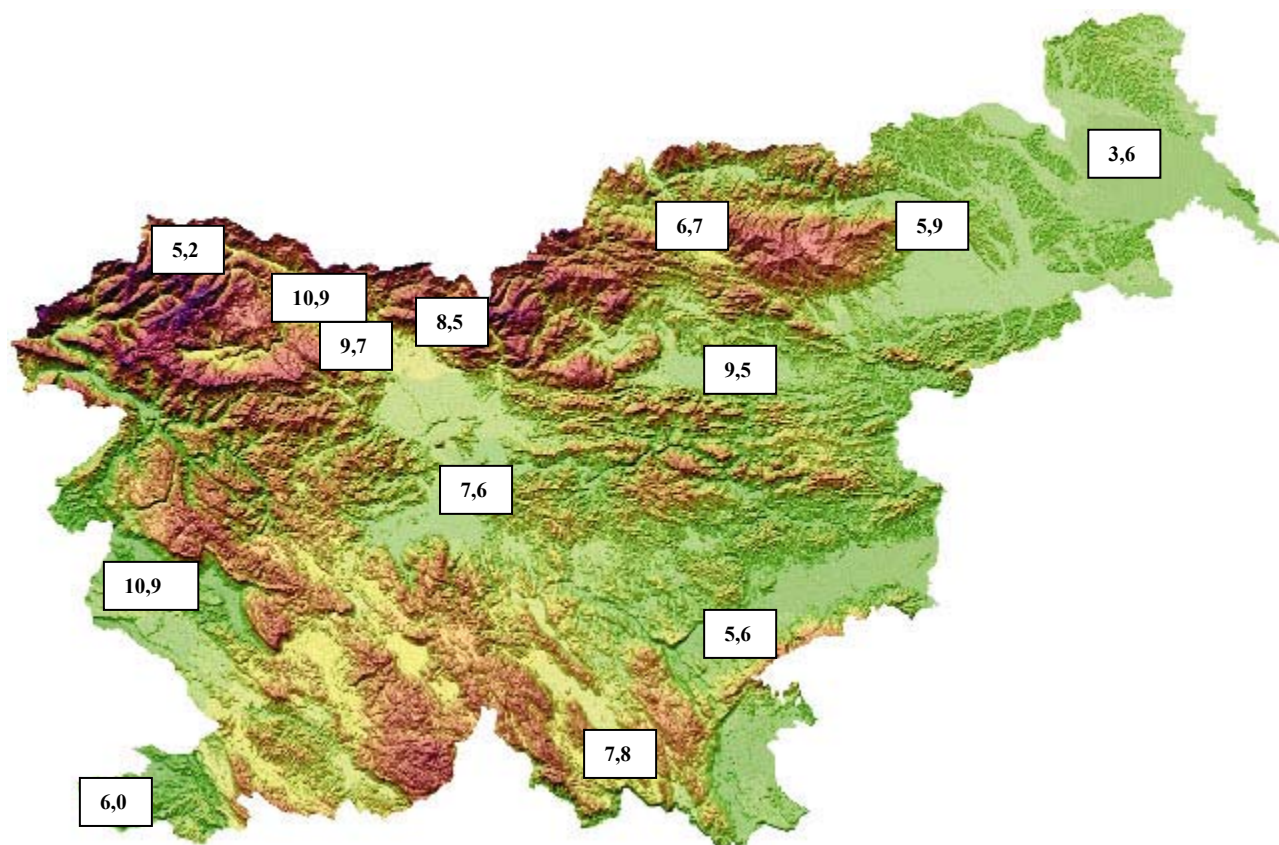
najmanjša septembra in novembra (0,7 mg SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>-S/l).

Po podatkih ki smo jih za zadnja leta dobila od ARSO, pade v Sloveniji od 3,5 kg SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>-S/ha do 11 kg SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>-S/ha letno.

Količina žvepla v padavinah leta 2007 je v Iskrbi 7,8 kg SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>-S/ha, v Rakičanu 3,6 kg SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>-S/ha, ter v Ratečah 5,2 kg SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>-S/ha. Količina žvepla v Biljah, leta 2004 je 10,9 kg SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>-S/ha, v Mariboru 5,9 kg SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>-S/ha in v Šmartnem pri Slovenj Gradcu 6,7 kg SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>-S/ha. Leta 2003 je bila količina žvepla v Novem mestu 5,6 kg SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>-S/ha, na Bledu leta 2002 9,7 kg SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>-S/ha.

Količina žvepla v padavinah se je od leta 1980 zmanjšala. Kot smo navedli že zgoraj, se je v Ljubljani količina žvepla od leta 1980 do leta 2007 (8 kg SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>-S/ha) zmanjšala za 11-krat. V Portorožu je bil leta 1980 depozit žvepla 36 kg SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>-S/ha, leta 2004 le še 6 kg SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>-S/ha, kar je 6-krat manj. Na Jesenicah je bil leta 1981 mokri depozit žvepla okoli 50 kg SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>-S/ha, leta 2002 11 kg SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>-S/ha. V Celju se je mokri depozit žvepla od leta 1980 (75 kg SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>-S/ha) do leta 2002 (9,5 kg SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>-S/ha) zmanjšal za 8-krat, na Jezerskem, kjer je leta 1980 znašala količina žvepla skoraj 60 kg SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>-S/ha, leta 2002 pa 8,5 kg SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>-S/ha, za 7-krat.

Podatki za merilno postajo Ljubljana-Bežigrad kažejo, da se je količina žvepla, ki pade s padavinami, med letoma 1980 in 2007, vsako leto v povprečju zmanjšala za 3 kg S/ha. V Portorožu se je količina žvepla od leta 1980 do leta 2004 povprečno zmanjševala za 1,3 kg S/ha letno. Na Jesenicah se je količina žvepla od leta 1981 do leta 2002 povprečno zmanjšala za 1,9 kg S/ha na leto. V Celju se je mokri depozit žvepla med letoma 1980 in 2002, letno povprečno zmanjšal za 3 kg S/ha. Količina žvepla se je med letoma 1980 in 2002 na Jezerskem letno zmanjšala za povprečno 2,3 kg S/ha.



Slika 23: Letni depozit žvepla s padavinami v obdobju 2002 in 2007 v Sloveniji (Meteorološki podatki, 2009).

## 5 RAZPRAVA IN SKLEPI

### 5.1 RAZPRAVA

#### 5.1.1 Pridelki

Pri primerjavi pridelkov na parcelah BF glede na obdelavo tal se vidijo bistvene razlike med sonaravno in konvencionalno obdelavo. Pridelki so pri konvencionalni obdelavi tal večji tudi do 76 %. Največji pridelki so bili na parcelah NPK, nato na parcelah NPK+KOMPOST, nato KOMPOST in najmanjše na negnojenih parcelah.

Pridelki v Pijavi Gorici so na šotnih tleh od 60 % do 65 % večji kot na mineralnih tleh. Pridelki so večji na gnojenih parcelah (NPK+KAN).

Razlike med količinami pridelkov pri sonaravni in konvencionalni obdelavi tal v Moškanjcih niso velike. Pridelki na konvencionalno obdelanem zemljišču so za 3 % večji.

Tako na laboratorijskem polju, kot v Moškanjcih so pridelki večji pri konvencionalni obdelavi. S konvencionalno obdelavo tal izboljšamo strukturo tal, zračno vodni režim je ugodnejši in hranila so bolj enakomerno razporejena po celotni globini rasti korenin. Na BF so razlike med tema dvema obdelavama večje, kot v Moškanjcih, kar bi lahko pripisali različnemu tipu tal, ter bolj intenzivnemu gnojenju z NPK v Moškanjcih.

#### 5.1.2 Količina žvepla v tleh

Poljščina, ki ima zelo velike potrebe po žveplu (50-80 kg S/ha) je oljna ogrščica (Koch in sod., 2000). Količina žvepla bi na vseh poskusnih lokacijah zadoščala za njeno pridelavo, razen na konvencionalno obdelanem zemljišču v Moškanjcih, kjer je do 60 cm globine povprečno 47 kg  $S_{min}$ /ha. Ker smo na tej lokaciji imeli koruzo, ki potrebuje od 10 kg S/ha do 15 kg S/ha, je žvepla v tleh zadosti, če pa bi imeli na tej njivi oljno ogrščico, je možnost, da bi bilo potrebno gnojiti z žveplom večja. Da smo v Moškanjcih izmerili najmanjše količine žvepla v tleh, je lahko posledica manjših količin žvepla, ki padejo s padavinami (sl. 23).

Na šotnih tleh so količine  $S_{min}$  zelo velike. Do globine 60 cm je na poskusni lokacija na Pijavi Gorici (šotna tla) tudi do 470 kg  $S_{min}$ /ha.

Šotna tla nizkega barja vsebuje preko 40 % mineralnih snovi, ki jih je naplavila voda. Voda lahko naplavi tudi železne in žveplove spojine (Rumbak, 2000).

Količina žvepla z globino narašča, ker je sulfatni ion v tleh zelo mobilni in se hitro premešča v globlje predele tal (Zorn in Heß, 2009). Največje količine žvepla so na globini od 30 cm do 60 cm. Izjema so globoka, mineralizirana šotna tla Ljubljanskega barja



(Pijava Gorica), kjer so večje količine sulfatnega-S v zgornjem delu tal od 0 cm do 30 cm. Zorn in Heß (2009) ugotavljata, da se žveplo, ki se pozimi v takšnih tleh izpere v nižje predele tal, spomladi zaradi kapilarnega dviga ponovno premesti v višje predele tal in je ponovno na voljo rastlinam.

Vrednosti  $S_{\min}$  v tleh zelo variirajo, največja odstopanja smo dobili na zemljišču BF na konvencionalnem obdelanem zemljišču, kjer so bile vrednosti na treh parcelah tudi do 15-krat višje (priloga D). Rühlmann in von Wulffen (2001), sta ugotovila, da so vrednosti  $S_{\min}$ , tudi na videz homogenem zemljišču, zelo različne.

### 5.1.3 Količina žvepla v rastlini

Po podatkih Koch in sod. (2000) je zadostna prehranjenost z žveplom pri ozimni oljni ogrščici 0,55 % SS. Ker za belo gorjušico tega podatka nimamo, smo vzeli podatek za oljno ogrščico in vidimo, da so vrednosti žvepla v zelinju na sonaravno obdelanem zemljišču BF, na parcelah KONTROLA zadostne, na parcelah NPK in KOMPOST pa malo pod mejo. Na konvencionalno obdelanem zemljišču BF prehranjenost rastlin z žveplom ni zadostna.

Pri koruzi so po podatkih Stewart in sod. (1983) vsebnosti žvepla manjše, v zelinju 0,17 % SS in v zrnju 0,12 % SS. Na Pijavi Gorici so vrednosti žvepla na šotnih tleh, tako v zelinju, kot v zrnju premajhne, kljub temu, da je sulfatnega-S v teh tleh zelo veliko. Na mineralnih tleh so vrednosti v zrnju dovolj velike, v zelinju pa le na parcelah KONTROLA.

V Moškanjcih so vrednosti v zelinju in zrnju zelo velike, kar kaže na primerno preskrbljenost koruze z žveplom, tako pri sonaravni, kot konvencionalni obdelavi tal.

Močan vpliv na potrebe po žveplu ima tip tal, potrebe posamezne rastline po žveplu, vremenske razmere, pomanjkanje žvepla v tleh v preteklih letih in vsebnost mineralnega dušika v tleh ( $N_{\min}$ ) (Koch in sod., 2000).

### 5.1.4 Odvzem žvepla s pridelkom

Na Pijavi Gorici so zeleni deli koruze iz tal odvzeli več žvepla kot zrnje. Na šotnih tleh je odvzem žvepla večji, kot na mineralnih tleh. V Moškanjcih je bilo ravno obratno – odvzem S z zrnjem je bil večji kot z zelinjem. Med sonaravno in konvencionalno obdelavo tal tako na laboratorijskem polju BF, kot tudi v Moškanjcih ni značilnih razlik. Največji odvzem žvepla s pridelkom je bil v Moškanjcih. Na laboratorijskem polju BF je dobro vidno, da se s povečanjem pridelka bele gorjušice, poveča tudi odvzem žvepla iz tal.

### **5.1.5 Odvisnost koncentracije žvepla v nadzemnih delih rastline od količine žvepla v tleh**

Za rezultate poskusov na vseh štirih lokacijah, smo naredili regresijsko analizo (priloga B) in ugotovili, da med koncentracijo žvepla v zelinju in količino žvepla v tleh ni statistično značilne povezave, prav tako kot ne med koncentracijo žvepla v zrnju koruze in količino žvepla v tleh. Zato lahko rečemo, da povezave med žveplom v nadzemnih delih rastline in žveplom v tleh ni. Do enakih zaključkov so prišli tudi Koch in sod. (2000).

### **5.1.6 Odvisnost koncentracije žvepla v nadzemnih delih rastline od količine pridelka**

Regresijska analiza ni pokazala statistično značilne povezave med koncentracijo žvepla v zelinju in količino pridelka. Drugače je pri primerjavi koncentracije žvepla v zrnju koruze in količino pridelka, kjer se je pokazala statistično značilna povezava. Večji ko so pridelki, manjša je koncentracija žvepla v zrnju koruze. Količina žvepla bi bila lahko manjša zaradi razredčitvenega učinka, kar pomeni, da ko se povečuje masa pridelka, se zmanjšuje koncentracija elementa v tkivu.

Prevelike količine žvepla (pri žitu preko 40 kg/ha, pri ogrščici preko 60 kg/ha) le redko privedejo tudi do večjih pridelkov. Obstaja pa možnost, da bo zaradi prevelike količine žvepla, zmanjšan odvoz dušika iz tal (von Wulffen, 2009).

Uravnotežena prehrana z N in S sta zato odločilni za pridelek, učinkovitost izkoriščanja hranil in varovanje okolja (izpiranje, kopičenje nitratov v rastlinskem tkivu...) (Leskošek in Mihelič, 2002). Če so količine žvepla v tleh velike, se poveča potreba po dušiku.

### **5.1.7 Količine žvepla v padavinah v Sloveniji**

Na ARSO od leta 2003 vzorčijo padavine z avtomatskim vzorčevalnikom, ki vzorčuje le mokro usedlino (kapljice in padavine), zato podatkov o količini žvepla v prašnih usedlinah nimamo.

Linser je leta 1964 zapisal, da rastline lahko sprejmejo tudi do 70 % žvepla preko listov kot SO<sub>2</sub> iz atmosfere (Bergman, 1992). Ker pa se je v zadnjih letih depozit žvepla močno zmanjšal, je odstotek žvepla, ki ga rastline dobijo kot SO<sub>2</sub> preko listov, verjetno veliko manjši, kot pred leti.

Koncentracije SO<sub>2</sub> se v Sloveniji z leti zmanjšujejo. Povprečne letne koncentracije SO<sub>2</sub> so bile v Ljubljani leta 1992 51 µg/m<sup>3</sup>, leta 2006 4 µg/m<sup>3</sup> (Kakovost zraka..., 2007).

Če razpoložljive podatke o količinah žvepla (Meteorološki podatki, 2009) združimo in jih vzamemo kot podatek za celotno Slovenijo, pade med 4 kg S/ha in 11 kg S/ha letno.

Količina žvepla v padavinah se je med leti 1980 in 2000 zmanjševala za 1,3 kg S/ha do 3

kg S/ha letno. V Ljubljani je količina žvepla v padavinah 11-krat manjša, kot leta 1980.

Če primerjamo povprečne mesečne količine žvepla, ki padejo s padavinami med letom 1996 in letom 2007, so največje vrednosti v spomladanskih in poletnih mesecih. To lahko pripišemo razporeditvi padavin med letom. Več ko je padavin, večje so količine žvepla, ki prispejo v tla s padavinami.

Največja povprečna mesečna koncentracija žvepla med letom 1996 in letom 2007 je pozimi. Manjša je količina padavin, večja je koncentracija žvepla v padavinah.

## 5.2 SKLEPI

Količine žvepla v padavinah so bistveno manjše kot pred leti.

Po naših raziskavah, ni na nobeni od poskusnih lokacij izrazitega pomanjkanja žvepla v tleh. V Moškanjcih so količine sulfatnega S v tleh nekoliko manjše in obstaja možnost, da so za pridelavo nekaterih poljščin prenizke. Največje količine žvepla smo ugotovili na šotnih tleh Ljubljanskega barja.

Količina žvepla z globino narašča na vseh lokacijah, z izjemo šotnih tal, kjer so večje količine v zgornjem sloju tal do 30 cm globine.

Vrednosti  $S_{\min}$  v tleh zelo variirajo.

Največji odvzem žvepla s pridelkom je bil v Moškanjcih, kjer smo imeli posejano koruzo. Na BF se je s povečanim pridelkom bele gorjušice, povečal tudi odvzem žvepla iz tal.

Zadostno preskrbljenost koruze z žveplom so analize pokazale v Moškanjcih in na Pijavi Gorici na mineralnih tleh na negnojnih parcelah. V rastlinskih vzorcih bele gorjušice smo izmerili dovolj veliko količino žvepla le na sonaravno obdelanem zemljišču, ki ni bilo gnojeno.

Statistične analize niso pokazale povezave med koncentracijo žvepla v nadzemnih delih rastline in količino žvepla v tleh.

Med koncentracijo žvepla v zelinju in količino pridelka ni statistično značilne povezave. Negativna zveza obstaja med koncentracijo žvepla v zrnju in količino pridelka.

Da bi splošno stanje preskrbljenosti tal in poljščin z žveplom bolje ocenili, bi morali talne in rastlinske vzorce odvzeti na večih lokacijah po Sloveniji, kjer bi rasla glede S bolj zahtevna rastlina, kot je oljna ogrščica.

## 6 POVZETEK

Na dveh večletnih in dveh enoletnih poljskih poskusih smo ugotavljali razlike v vsebnosti žvepla v tleh in v rastlini, glede na različno prakso gnojenja in različna načina obdelave tal (sonaravna in konvencionalna obdelava). Leta 2006 smo postavili poskuse na laboratorijskem polju BF v Ljubljani, kjer so srednje globoka, težke meljasto-glinaste-illovnate (MGI) do meljasto-glinaste (MG) teksture, na dveh lokacijah v Pijavi Gorici, na globokih, šotnih tleh Ljubljanskega barja in na oglejenih evtričnih mineralnih tleh ter v Moškanjcih, na distrično rjavih tleh z ilovnato teksturo. Praksa gnojenja je na BF in v Moškanjcih že od leta 2000 enaka.

Glede na razpoložljive podatke, so količine žvepla v padavinah bistveno manjše kot pred leti. Zadnja leta pade s padavinami med 4 kg S/ha in 11 kg S/ha na leto. Pri tem moramo upoštevati, da podatkov o količini žvepla v prašnih usedlinah nimamo. Zmanjšale so se tudi emisije SO<sub>2</sub>.

Domnevali smo, da je preskrba poljščin z žveplom v Sloveniji ponekod že pomanjkljiva. Količina sulfatnega žvepla v tleh na vseh poskusnih lokacijah zadošča za potrebe kmetijskih rastlin, razen na konvencionalno obdelanem zemljišču v Moškanjcih. Na tej lokaciji obstaja možnost, da je količina S v tleh, za nekatere glede žvepla bolj zahtevne rastline, kot je oljna ogrščica, premajhna. Talne vzorce smo pobrali aprila, ko je temperatura tal še vedno nizka in mineralizacija S zelo počasna. Z analizo vzorcev pobranih v kasnejših mesecih bi lahko dobili večje vrednosti S<sub>min</sub> v tleh.

Povezave med količino sulfatnega žvepla (= S<sub>min</sub>) v tleh in količino skupnega žvepla v rastlini, nismo ugotovili. V šotnih tleh Ljubljanskega barja, kjer je sulfatnega žvepla veliko, smo celo opazili pomanjkanje žvepla v rastlinah. Tudi na laboratorijskem polju BF v Ljubljani je bil odvzem žvepla s pridelki bele gorjušice sorazmerno majhen, kljub zadostni vsebnosti sulfatnega-S v tleh. Obratno je bilo v Moškanjcih. Kljub najmanjši vsebnosti sulfatnega-S v tleh, je bilo v rastlinah žvepla sorazmerno veliko. Na tej lokaciji je bil tudi največji odvzem žvepla s pridelkom. Pri beli gorjušici na BF se je odvzem žvepla iz tal povečal, če se je povečal pridelek.

Velike količine žvepla na šotnih tleh lahko pripišemo veliki količini organske snovi v takšnih tleh in večji sorptivni sposobnosti.

Količina sulfatnega žvepla z globino tal na vseh lokacijah narašča (izpiranje), z izjemo globokih šotnih tal Ljubljanskega barja (Pijava Gorica), kjer so večje količine sulfatnega-S v zgornjem sloju tal.

Povezave med količino pridelka in količino žvepla v zelinju nismo ugotovili. Med količino pridelka (kg/ha) in količino žvepla v zrnju koruze (%SS) obstaja statistično značilna negativna zveza ( $r^2=75,5\%$ ). To pomeni, da večji ko je pridelek, manjša je količina žvepla v zrnju.

V hipotezi smo predpostavili, da je količina odvzetega žvepla s pridelki poljščin odvisna od vsebnosti mineralnega žvepla v tleh pred setvijo ( $S_{\min}$ ). To trditev lahko zavrzemo, saj te povezave nismo dobili.

## 7 VIRI

- ASTM D 4239:2004 A-Method B. Sulphur in the analysis sample of coal and coke using high temperature tube furnace combustion method. 2004
- Bergman W. 1992. Nutritional disorders of plants-development, visual and analytical diagnosis. Stuttgart, New York, Gustav Fischer Verlag Jena: 741 str.
- Čeh B. 1996. Vpliv in pomen za kmetijstvo relevantnih kemičnih elementov v padavinah v Sloveniji. Diplomsko naloga. Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Odd. za agronomijo: 60 str.
- Čeh B. 1997. Depoziti žvepla in kalcija s padavinami v Sloveniji. *Sodobno kmetijstvo*, 30, 5: 232-236
- Die Nmin/Smin-Analyse. Landwirtschaftliches Labor Dr. Janssen (8. feb. 2009).  
[http://www.labor-dr-janssen.de/Nmin\\_Smin.htm](http://www.labor-dr-janssen.de/Nmin_Smin.htm) (18. feb. 2009)
- Hein H., Müller H., Witte. I. Water and environmental analysis with the UV/VIS spectrometer Lambda 2. 2nd edition. Überlingen. Perkin- Elmer GmbH,: 112 str.
- Kakovost zraka v Sloveniji v letu 2006. 2007. Ljubljana, ARSO-Agencija Republike Slovenije za okolje: 106 str.  
<http://www.arso.gov.si/zrak/kakovost%20zraka/poročila%20in%20publikacije/LETNO2006.pdf> (16. okt. 2008)
- Koch H.-J., Baumgärtel G., Claassen N., Hege U., Heyn J., Link A., Orlovius K., Pasda G., Suntheim L. 2000. Schwefelversorgung von Kulturpflanzen-Bedarfsprognose und Düngung. Verband Deutscher Landwirtschaftlicher Untersuchungs-und Forschungsanstalten (VDLUFA). Darmstadt: 8 str.  
<http://www.vdlufa.de/joomla/Dokumente/Standpunkte/03-schwefel.pdf> (19. mar. 2009)
- Leskošek M., Mihelič R. 2002. Žveplo kot gnojilo. *Sodobno kmetijstvo*, 35, 11-12: 488 - 492
- Lobnik F. 2003. Pedologija - gradivo za pedagoški namen. Ljubljana, Biotehniška fakulteta, Oddelek za agronomijo, Center za pedologijo in varstvo okolja: CD-ROM
- Mengel K., Kirkby E. A., Kosegarten 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)
- Milevoj L. 2006. Škodljivci na pridelku bele gorjušice. Ljubljana, Biotehniška fakulteta, Oddelek za agronomijo (osebni vir, september 2006)

- Roschke M. in sod. 2000. Rahmenempfehlungen zur Düngung 2000 im Land Brandenburg. Ministerium für Landwirtschaft Umweltschutz und Raumordnung des Landes Brandenburg. 30. sep. 2000.  
<http://www.mluv.brandenburg.de/cms/media.php/2331/duengbro.pdf> (22. feb. 2009)
- Rumbak R. 2000. Osnove zdraviliškega zdravljenja – balneologija in balneoterapija (zbornik predavanj). Radenci [http://www.termegiz.si/dokumenti%5C1%5C2%5C2006%5Czbornik\\_predavanj\\_Radenci\\_845\\_1878.pdf](http://www.termegiz.si/dokumenti%5C1%5C2%5C2006%5Czbornik_predavanj_Radenci_845_1878.pdf) (7. maj 2009)
- Rühlmann O., von Wulffen U. 2001. Grundlagen für die Schwefeldüngung-Hinweise zur Bestimmung des Bedarfs und zur Schwefeldüngung. Landwirtschaftliche untersuchunges und forschungsanstalt des landes Sachsen-Anhalt-LUFA.  
[http://www.lsa-st23.sachsen-anhalt.de/lhg/formblatt/praxisinfo5\\_01.pdf](http://www.lsa-st23.sachsen-anhalt.de/lhg/formblatt/praxisinfo5_01.pdf) (12. feb. 2009)
- Scherer H.W. 2001. Sulphur in crop production-invited paper. Europ Journal of Agronomy 14: 81-111
- SIST ISO 10304-1. Kakovost vode - Določevanje raztopljenih fluoridnih, kloridnih, nitratnih, ortofosfatnih, bromidnih, nitratnih in sulfatnih ionov z uporabo ionske kromatografije - 1.del: Metoda za malo obremenjene vode. 2007
- SIST ISO 10390. Kakovost tal-ugotavljanje pH. 1996: 5 str.
- SIST ISO 10694. Soil quality-determination of organic and total carbon after dry combustion. (elemental analysis). 1995: 8 str.
- SIST ISO 13878. Soil quality-determination of total nitrogen content after dry combustion (incineration at 900°C in the CN analyser and defining with the tcd detector). 1995: 5 str.
- SIST ISO 14255. Soil quality - Determination of nitrate nitrogen, ammonium nitrogen and total soluble nitrogen in air-dry soils using calcium chloride solution as extractant. 1998
- SIST EN 14212. Zunanji zrak - Določevanje žveplovega dioksida - Ultravijolična fluorescenčna metoda. 2005
- Stewart J. W. B., Cole C. V., Maynard D. G. 1983. Interactions of Biogeochemical Cycles in Grassland Ecosystems V: The Major Biogeochemical Cycles and Their Interactions-SCOPE 21. Bolin B., Cook R. B. (ed.). Chennai.  
<http://www.icsu-scope.org/downloadpubs/scope21/chapter08.html>
- 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/kompndijekologi2004.pdf](http://web.bf.uni-lj.si/zt/mikro//homepage/kompndijekologi2004.pdf) (11. nov. 2008)

- Sušin J., Kmecl V. 2000. Navodila za uporabo RQ-flexa. Ljubljana, Kmetijski inštitut Slovenije: 14 str.
- Tabatabai M. A. 1992. Methods of measurement of sulphur in soils, plant materials and waters. V: Sulphur cycling on the continents: Wetlands, Terrestrial ecosystems, and associated water bodies-SCOPE 48. Howarth, R.W., Stewart, J.W.B., Ivanov, M.V. (eds.). Wiley, U.K., 376 str.  
<http://www.icsu-scope.org/downloadpubs/scope48/appendix.html> (5. dec. 2005)
- Taube F., Gierus M. 2005. Potrebuje travnik žveplo. Kmetovalec, 73, 12: 6
- von Wulffen U. Erste Auswertung der Smin-Untersuchungen im Frühjahr 2000. LUFA Sachsen-Anhalt [http://www1.mlu.sachsen-anhalt.de/llg/acker\\_pflanzenbau/duengung/2000/smin00\\_3.pdf](http://www1.mlu.sachsen-anhalt.de/llg/acker_pflanzenbau/duengung/2000/smin00_3.pdf) (12. feb. 2009)
- Yash P. A., Altaf A. 2003. Sulphur in plants. Kluwer Academic Publishers  
[http://www.amazon.com/gp/reader/1402012470/ref=sib\\_dp\\_pt#](http://www.amazon.com/gp/reader/1402012470/ref=sib_dp_pt#) (20. okt. 2008)
- Zorn W., Heß H. 2009. Müssen wir bald Schwefel geben. Thüringer Landesanstalt für Landwirtschaft, Jena  
[http://www.bvg-rain.de/pdf/dlg\\_mitteilung\\_s\\_duengung.pdf](http://www.bvg-rain.de/pdf/dlg_mitteilung_s_duengung.pdf) (12. feb. 2009)



## **ZAHVALA**

Ob zaključku svojega študija se zahvaljujem somentorju doc. dr. Roku Miheliču za strokovno vodenje in pomoč pri izdelavi diplomske naloge.

Istočasno bi se zahvalila tudi mentorju prof. dr. Francu Lobniku za nasvete in strokovni pregled diplomske naloge.

Zahvalila bi se še prof. dr. Dominiku Vodniku in prof. dr. Francu Batiču za končni pregled diplomskega dela.

Zahvala tudi prof. dr. Lei Milevoj, ki mi je na pomoč priskočila s svojim znanjem.

Zahvalila bi se tudi gospe Andreji Hodnik za vsestransko svetovanje in pomoč pri laboratorijskem delu.

Ob koncu bi se zahvalila svoji družini in vsem prijateljem, ki so me ob delu vzpodbujali, predvsem kolegici Mateji Zajc, ki mi je bila v veliko pomoč in podporo pri delu na terenu in v laboratoriju, ter mi v času študija stala ob strani.

## PRILOGA A

Statistične analize količin pridelkov (celotna nadzemna biomasa) (kg/ha)

**Priloga A1:** Statistične analize količin pridelkov (celotna nadzemna biomasa) (kg/ha) na poskusni lokaciji na laboratorijskem polju Biotehniške fakultete v Ljubljani.

Dvosmerna analiza variance (ANOVA za slučajne bloke) za pridelek bele gorjušice (kg/ha) na sonaravno obdelanih tleh, pri različnih variantah gnojenja, na laboratorijskem polju Biotehniške fakultete.

vir variabilnosti	VKO	SP	SKO	F	p-vrednost
med bloki	13561700	2	6780830	1,84	0,2386
med obravnavanji	734460000	3	244820000	66,33	0,0001
znotraj obravnavanj	22145000	6	3690830		
skupaj	770167000	11			

Ker je p-vrednost pri obravnavanjih manjša od 0,05, lahko s tveganjem manjšim od 5% trdimo, da povprečni pridelki na parcelo po obravnavanjih niso enaki. Te variante gnojenja imajo statistično značilen vpliv na pridelek bele gorjušice. Med bloki ni statistično značilnih razlik.

LSD test (95% interval zaupanja) za pridelek bele gorjušice (kg/ha) na sonaravno obdelanih tleh, pri različnih variantah gnojenja, na laboratorijskem polju Biotehniške fakultete.

obravnavanje	št. ponovitev	povprečje	homogenost obravnavanj
KONTROLA	3	4266,7	X
KOMPOST	3	9166,7	X
NPK+KOMPOST	3	21333,3	X
NPK	3	22566,7	X

LSD = 3977,82

S 95% intervalom zaupanja lahko trdimo, da je vsaka razlika, ki je večja od 3977,82, statistično značilna. Ni statistično značilne razlike med povprečnima pridelkoma bele gorjušice na parcelah NPK+KOMPOST ter NPK. Vse ostale razlike so statistično značilne.

Dvosmerna analiza variance (ANOVA za slučajne bloke) za pridelek bele gorjušice (kg/ha) na konvencionalno obdelanih tleh, pri različnih variantah gnojenja, na laboratorijskem polju Biotehniške fakultete.

vir variabilnosti	VKO	SP	SKO	F	p-vrednost
med bloki	20901700	2	10450800	1,41	0,3157
med obravnavanji	1174470000	3	391490000	52,67	0,0001
znotraj obravnavanj	44598300	6	7433066		
skupaj	1239970000	11			

Ker je p-vrednost pri obravnavanjih manjša od 0,05, lahko s tveganjem manjšim od 5% trdimo, da povprečni pridelki na parcelo po obravnavanjih niso enaki. Te variante gnojenja imajo statistično značilen vpliv na pridelek bele gorjušice. Med bloki ni statistično značilnih razlik.

LSD test (95% interval zaupanja) za pridelok bele gorjušice (kg/ha) na konvencionalno obdelanih tleh, pri različnih variantah gnojenja, na laboratorijskem polju Biotehniške fakultete.

obravnavanje	št. ponovitev	povprečje	homogenost obravnavanj
KONTROLA	3	10166,7	X
KOMPOST	3	20033,3	X
NPK+KOMPOST	3	27500,0	X
NPK	3	37133,3	X

LSD = 5387,55

S 95% intervalom zaupanja lahko trdimo, da je vsaka razlika, ki je večja od 5387,55, statistično značilna. Vse razlike so statistično značilne.

LSD test (95% interval zaupanja) za pridelok bele gorjušice (kg/ha) pri različni obdelavi tal (sonaravna in konvencionalna obdelava tal), na laboratorijskem polju Biotehniške fakultete.

obravnavanje	št. ponovitev	povprečje	homogenost obravnavanj
sonaravna obdelava	12	14333,3	X
konvencionalna obdelava	12	23708,3	X

LSD = 8092,99

S 95% intervalom zaupanja lahko trdimo, da je vsaka razlika, ki je večja od 8092,99, statistično značilna. Razlika med sonaravno in konvencionalno obdelavo je statistično značilna.

**Priloga A2:** Statistične analize količin pridelkov (kg/ha) (celotna nadzemna biomasa) na poskusni lokaciji v Pijavi Gorici (Ljubljansko barje)-šotna tla.

Dvosmerna analiza variance (ANOVA za slučajne bloke) za pridelok koruze (kg/ha) na šotnih tleh, na gnojenih in negnojenih parcelah, na ljubljanskem barju (Pijava Gorica).

vir variabilnosti	VKO	SP	SKO	F	p-vrednost
med bloki	62092200	3	20697400	0,37	0,7796
med obravnavanji	216393000	1	216393000	3,91	0,1424
znotraj obravnavanj	165956000	3	55318800		
skupaj	444441000	7			

Ker je p-vrednost pri obravnavanjih večja od 0,05, lahko s tveganjem manjšim od 5% trdimo, da so povprečni pridelki na parcelo po obravnavanjih enaki. Gnojenje z NPK in KAN-om ob setvi nima statistično značilnega vpliva na pridelok koruze. Med bloki ni statistično značilnih razlik.

LSD test (95% interval zaupanja) za pridelok koruze (kg/ha) na šotnih tleh, na gnojenih in negnojenih parcelah, na ljubljanskem barju (Pijava Gorica).

obravnavanje	št. ponovitev	povprečje	homogenost obravnavanj
KONTROLA	4	39553,8	X
NPK+KAN	4	49955,5	X

LSD = 10667,0

S 95% intervalom zaupanja lahko trdimo, da je vsaka razlika, ki je večja od 10667,0, statistično značilna. Med povprečnimi pridelki koruze ni statistično značilnih razlik.

**Priloga A3:** Statistične analize količin pridelkov (kg/ha) (celotna nadzemna biomasa) na poskusni lokaciji na Pijavi Gorici (Ljubljansko barje)-mineralna tla.

Dvosmerna analiza variance (ANOVA za slučajne bloke) za pridelek koruze (kg/ha) na mineralnih tleh, na gnojnih in negojnih parcelah, na ljubljanskem barju (Pijava Gorica).

vir variabilnosti	VKO	SP	SKO	F	p-vrednost
med bloki	7825930	3	2608640	0,30	0,8225
med obravnavanji	2694680	1	2694680	0,31	0,6140
znotraj obravnavanj	25686300	3	8562100		
skupaj	36206900	7			

Ker je p-vrednost pri obravnavanjih večja od 0,05, lahko s tveganjem manjšim od 5% trdimo, da so povprečni pridelki na parcelo po obravnavanjih enaki. Gnojenje z NPK in KAN-om ob setvi nima statistično značilnega vpliva na pridelek koruze. Med bloki ni statistično značilnih razlik.

LSD test (95% interval zaupanja) za pridelek koruze (kg/ha) na mineralnih tleh, na gnojnih in negojnih parcelah, na ljubljanskem barju (Pijava Gorica).

obravnavanje	št. ponovitev	povprečje	homogenost obravnavanj
KONTROLA	4	16071,5	X
NPK+KAN	4	17232,3	X

LSD = 4089,13

S 95% intervalom zaupanja lahko trdimo, da je vsaka razlika, ki je večja od 4089,13, statistično značilna. Med povprečnimi pridelki koruze ni statistično značilnih razlik.

**Priloga A4:** Statistične analize količin pridelkov (kg/ha) (celotna nadzemna biomasa) na poskusni lokaciji v Moškanjcih (Dravsko-Ptujsko polje).

Enosmerna analiza variance (ANOVA za slučajne skupine) za pridelek koruze (kg/ha), pri različni obdelavi tal (konvencionalna obdelava in sonaravna obdelava) na Dravsko-Ptujskem polju v Moškanjcih.

vir variabilnosti	VKO	SP	SKO	F	p-vrednost
med obravnavanji	2070940	1	2070940	0,63	0,4708
znotraj obravnavanj	13084900	4	3271230		
skupaj	15155900	5			

Ker je p-vrednost pri obravnavanjih večja od 0,05, lahko s tveganjem manjšim od 5% trdimo, da so povprečni pridelki na parcelo po obravnavanjih enaki. Ti dve obdelavi tal nimata statistično značilnega vpliva na pridelek koruze.

LSD test (95% interval zaupanja) za pridelek koruze (kg/ha), pri različni obdelavi tal (konvencionalna obdelava in sonaravna obdelava) na Dravsko-Ptujskem polju v Moškanjcih.

obravnavanje	št. ponovitev	povprečje	homogenost obravnavanj
SON	3	41999,7	X
KON	3	43174,7	X

LSD = 4100,16

S 95% intervalom zaupanja lahko trdimo, da je vsaka razlika, ki je večja od 4100,16, statistično značilna. Med povprečnimi pridelki koruze ni statistično značilnih razlik.

## PRILOGA B

Odvisnost količine žvepla (%SS) v zrnju in zelinju koruze od količine pridelka (kg/ha), ter odvisnost količine žvepla (%SS) v zelinju in zelinju koruze od količine žvepla v tleh (kg/ha)

**Priloga B1:** Odvisnost količine žvepla (%SS) v zrnju koruze in količine pridelka (kg/ha).

Regresijska analiza – Linearni model:  $y = a + b \cdot x$

y = odvisna spremenljivka: količina žvepla v zrnju (%SS)

x = neodvisna spremenljivka: količina pridelka (kg/ha)

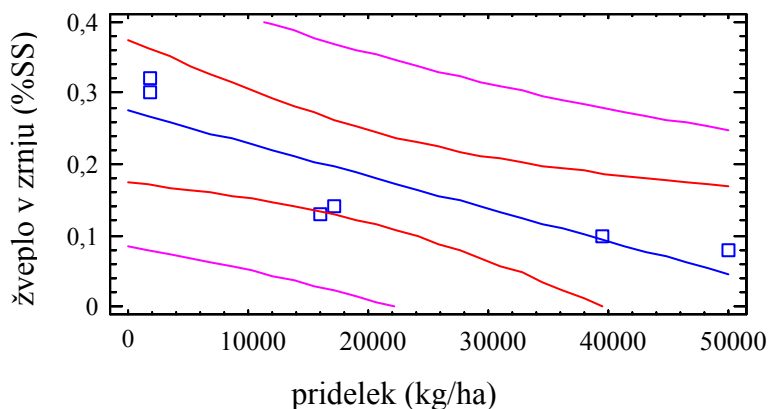
parameter	vrednost	standardna napaka	t-statistika	p-vrednost
a	0,274901	0,036262	7,5810	0,0016
b	-0,000005	0,000001	-3,5076	0,0247

koeficient korelacije = -0,87

koeficient determinacije ( $r^2$ ) = 75,5 %

enačba regresijskega modela:  $y = 0,274901 - 0,00000458276 \cdot x$

Ker je p-vrednost manjša od 0,05 to pomeni, da lahko s 95% intervalom zaupanja trdimo, da obstaja statistično značilno razmerje med količino žvepla v zrnju (%SS) in količino pridelka (kg/ha). Koeficient determinacije ( $r^2$ ) nam pove, da je 75,5% variabilnosti količin žvepla v zrnju pojasnjene s tem regresijskim modelom. Koeficient korelacije, ki je enak -0,87 kaže na negativen trend (negativna korelacija). To pomeni, da večji ko je pridelek, manjša je količina žvepla v zrnju.



### Priloga B2: Odvisnost količine žvepla (%SS) v zelinju in količine pridelka (kg/ha).

Regresijska analiza – Linearni model:  $y = a + b \cdot x$

y = odvisna spremenljivka: količina žvepla v zelinju (%SS)

x = neodvisna spremenljivka: količina pridelka (kg/ha)

parameter	vrednost	standardna napaka	t-statistika	p-vrednost
a	0,371187	0,0784656	4,73057	0,0008
b	-0,00000402254	0,00000322198	-1,24847	0,2403

koeficient korelacije = -0,37

koeficient determinacije ( $r^2$ ) = 13,5 %

Ker je p-vrednost večja od 0,10 to pomeni, da lahko s 90% intervalom zaupanja trdimo, da statistično značilno razmerje med količino žvepla v zrnju (%SS) in količino pridelka (kg/ha) ne obstaja. Koeficient determinacije ( $r^2$ ) nam pove, da je le 13,5% variabilnosti količin žvepla v zrnju pojasnjene s tem regresijskim modelom.

### Priloga B3: Odvisnost količine žvepla (%SS) v zelinju in količino žvepla v tleh (kg/ha).

Regresijska analiza – Linearni model:  $y = a + b \cdot x$

y = odvisna spremenljivka: količina žvepla v zelinju (%SS)

x = neodvisna spremenljivka: količina žvepla v tleh (kg/ha)

parameter	vrednost	standardna napaka	t-statistika	p-vrednost
a	0,374485	0,070277	5,3287	0,0003
b	-0,000479847	0,00031269	-1,53458	0,1559

koeficient korelacije = -0,44

koeficient determinacije ( $r^2$ ) = 19,1 %

Ker je p-vrednost večja od 0,10 to pomeni, da lahko s 90% intervalom zaupanja trdimo, da statistično značilno razmerje med količino žvepla v zelinju (%SS) in količino žvepla v tleh (kg/ha) ne obstaja. Koeficient determinacije ( $r^2$ ) nam pove, da je le 19,1 % variabilnosti količin žvepla v zrnju pojasnjene s tem regresijskim modelom.

### Priloga B4: Odvisnost količine žvepla (%SS) v zrnju in količine žvepla v tleh (kg/ha).

Regresijska analiza – Linearni model:  $y = a + b \cdot x$

y = odvisna spremenljivka: količina žvepla v zrnju (%SS)

x = neodvisna spremenljivka: količina žvepla v tleh (kg/ha)

parameter	vrednost	standardna napaka	t-statistika	p-vrednost
a	0,25168	0,0499872	5,0349	0,0073
b	-0,000366797	0,000184294	-1,99028	0,1174

koeficient korelacije = -0,71

koeficient determinacije ( $r^2$ ) = 49,8 %

Ker je p-vrednost večja od 0,10 to pomeni, da lahko s 90% intervalom zaupanja trdimo, da statistično značilno razmerje med količino žvepla v zelinju (%SS) in količino žvepla v tleh (kg/ha) ne obstaja. Koeficient determinacije ( $r^2$ ) nam pove, da je le 49,8 % variabilnosti količin žvepla v zrnju pojasnjene s tem regresijskim modelom.

## PRILOGA C

### Laboratorijske analize

**Priloga C1:** Rezultati določitve mineralnih oblik dušika ( $\text{NO}_3\text{-N}$  in  $\text{NH}_4\text{-N}$ ), reakcije tal (pH), skupnega ogljika in skupnega dušika, ter sulfata ( $\text{SO}_4^{2-}$ ) v talnih vzorcih in skupnega S v rastlinskih vzorcih na poskusni lokaciji na laboratorijskem polju Biotehniške fakultete v Ljubljani - konvencionalna obdelava.

Biotehniška fakulteta (Ljubljana) - konvencionalna obdelava tal										
	globina (cm)	$\text{NO}_3\text{-N}$ (kg/ha)	$\text{NH}_4\text{-N}$ (kg/ha)	TMN (kg/ha)	pH	N (%)	C (%)	C/N razmerje	ŽVEPLO v tleh $\text{SO}_4\text{-S}$ (kg/ha)	ŽVEPLO v rastlini (S v % SS)
NPK	0-10	9,9	8,5	18,4	6,7	0,194	2,507	12,91	24,8	0,32
		7,4	6,8	14,2	6,2	0,222	2,524	11,35	2,7	
		9,9	6,8	16,7	6,6	0,218	2,380	10,94	4,6	
	10-30	35,2	18,1	53,3	/	/	/	/	60,5	
		29,3	20,2	49,5	/	/	/	/	12,5	
		23,5	14,1	37,6	/	/	/	/	15,5	
	30-60	30,5	14,0	44,5	/	/	/	/	100,8	
		30,5	20,9	51,4	/	/	/	/	79,4	
		30,5	27,9	58,4	/	/	/	/	22,9	
NPK+KOMPOST	0-10	9,9	7,7	17,6	6,4	0,228	2,512	11,03	117,2	/
		7,4	6,8	14,2	6,5	0,235	2,559	10,90	124,1	
		9,9	6,8	16,7	6,6	0,215	2,453	11,44	5,4	
	10-30	23,5	16,1	39,6	/	/	/	/	289,4	
		23,5	18,1	41,6	/	/	/	/	285,4	
		29,3	14,1	43,4	/	/	/	/	11,3	
	30-60	30,5	3,5	34,0	/	/	/	/	503,8	
		30,5	14,0	44,5	/	/	/	/	513,8	
		20,3	14,0	34,3	/	/	/	/	19,5	
KOMPOST	0-10	7,4	6,8	14,2	6,3	0,230	2,477	11,70	3,9	0,40
		7,4	11,1	18,5	6,5	0,251	2,698	10,76	7,2	
		5,0	8,5	13,5	6,6	0,234	2,602	11,10	5,7	
	10-30	23,5	20,2	43,7	/	/	/	/	32,2	
		29,3	20,2	49,5	/	/	/	/	9,4	
		17,6	14,1	31,7	/	/	/	/	13,6	
	30-60	30,5	17,4	47,9	/	/	/	/	23,7	
		30,5	17,4	47,9	/	/	/	/	29,2	
		20,3	20,9	41,2	/	/	/	/	30,2	
KONTROLA	0-10	9,9	7,7	17,6	6,5	0,221	2,459	11,11	118,6	0,27
		9,9	7,7	17,6	6,6	0,198	2,256	11,40	5,9	
		7,4	7,7	15,1	6,1	0,211	2,350	11,16	8,5	
	10-30	17,6	12,1	29,7	/	/	/	/	287,7	
		29,3	14,1	43,4	/	/	/	/	10,4	
		17,6	16,1	33,7	/	/	/	/	16,1	
	30-60	30,5	14,0	44,5	/	/	/	/	515,0	
		30,5	17,4	47,9	/	/	/	/	23,1	
		30,5	20,9	51,4	/	/	/	/	40,5	

**Priloga C2:** Rezultati določitve mineralnih oblik dušika ( $\text{NO}_3\text{-N}$  in  $\text{NH}_4\text{-N}$ ), reakcije tal (pH), skupnega ogljika in skupnega dušika, ter sulfata ( $\text{SO}_4^{2-}$ ) v talnih vzorcih in sulfata v rastlinskih vzorcih na poskusni lokaciji na laboratorijskem polju Biotehniške fakultete v Ljubljani - sonaravna obdelava tal.

Biotehniška fakulteta (Ljubljana) - sonaravna obdelava tal										
	globina (cm)	$\text{NO}_3\text{-N}$ (kg/ha)	$\text{NH}_4\text{-N}$ (kg/ha)	TMN (kg/ha)	pH	N (%)	C (%)	C/N razmerje	ŽVEPLO v tleh $\text{SO}_4\text{-S}$ (kg/ha)	ŽVEPLO v rastlini (S v %SS)
NPK	0-10	12,4	9,4	21,8	6,7	0,217	2,547	11,72	15,1	0,51
		9,9	7,7	17,6	6,4	0,256	2,813	10,98	17,4	
		7,4	10,2	17,6	6,4	0,248	2,686	10,82	14,6	
	10-30	11,7	14,1	25,8	/	/	/	/	8,3	
		17,6	14,1	31,7	/	/	/	/	14,1	
		11,7	16,1	27,8	/	/	/	/	21,6	
	30-60	30,5	14,0	44,5	/	/	/	/	228,4	
		20,3	20,9	41,2	/	/	/	/	52,8	
		20,3	24,4	44,7	/	/	/	/	41,8	
NPK+KOMPOST	0-10	7,4	8,5	15,9	6,5	0,265	2,914	11,00	12,7	/
		9,9	9,4	19,3	6,6	0,258	2,829	10,98	22,2	
		12,4	10,2	22,6	6,5	0,290	3,369	11,63	18,7	
	10-30	23,5	14,1	37,6	/	/	/	/	17,4	
		17,6	12,1	29,7	/	/	/	/	34,3	
		11,7	16,1	27,8	/	/	/	/	20,9	
	30-60	20,3	17,4	37,7	/	/	/	/	29,7	
		10,2	20,9	31,1	/	/	/	/	93,1	
		20,3	24,4	44,7	/	/	/	/	62,5	
KOMPOST	0-10	7,4	6,8	14,2	6,4	0,278	2,958	10,66	12,5	0,53
		14,9	15,3	30,2	6,5	0,294	3,208	10,91	8,0	
		12,4	7,7	20,1	6,7	0,284	3,192	11,25	13,8	
	10-30	11,7	18,1	29,8	/	/	/	/	39,4	
		17,6	16,1	33,7	/	/	/	/	14,9	
		17,6	16,1	33,7	/	/	/	/	12,0	
	30-60	20,3	17,4	37,7	/	/	/	/	60,5	
		20,3	17,4	37,7	/	/	/	/	49,4	
		30,5	20,9	51,4	/	/	/	/	68,2	
KONTROLA	0-10	9,9	7,7	17,6	6,5	0,234	2,689	11,50	10,5	0,57
		14,9	9,4	24,3	6,7	0,215	2,487	11,57	18,7	
		9,9	8,5	18,4	6,6	0,235	2,555	10,88	10,8	
	10-30	11,7	10,1	21,8	/	/	/	/	1,6	
		11,7	14,1	25,8	/	/	/	/	26,3	
		11,7	16,1	27,8	/	/	/	/	41,0	
	30-60	30,5	20,9	51,4	/	/	/	/	41,8	
		60,9	17,4	78,3	/	/	/	/	40,2	
		20,3	20,9	41,2	/	/	/	/	38,0	



**Priloga C3:** Rezultati določitve mineralnih oblik dušika ( $\text{NO}_3\text{-N}$  in  $\text{NH}_4\text{-N}$ ), reakcije tal (pH), skupnega ogljika in skupnega dušika, ter sulfata ( $\text{SO}_4^{2-}$ ) v talnih vzorcih in sulfata v rastlinskih vzorcih na poskusni lokaciji na Pijavi Gorici (Ljubljansko barje) - šotna tla.

Pijava Gorica (Ljubljansko barje) - šotna tla											
	globina (cm)	$\text{NO}_3\text{-N}$ (kg/ha)	$\text{NH}_4\text{-N}$ (kg/ha)	TMN (kg/ha)	pH	N (%)	C (%)	C/N razmerje	ŽVEPLO v tleh $\text{SO}_4\text{-S}$ (kg/ha)	ŽVEPLO v rastlini (S v % SS)	
										zelnje	zrnje
NPK+KAN	0-30	81,3	23,3	104,5	6,0	1,4	18,4	12,9	283,4	0,09	0,08
	30-60	48,8	11,2	59,9					161,2		
KONTROLA	0-30	62,3	25,1	87,4	6,5	1,5	18,9	12,7	258,2	0,14	0,10
	30-60	43,3	14,9	58,2					212,3		

**Priloga C4:** Rezultati določitve mineralnih oblik dušika ( $\text{NO}_3\text{-N}$  in  $\text{NH}_4\text{-N}$ ), reakcije tal (pH), skupnega ogljika in skupnega dušika, ter sulfata ( $\text{SO}_4^{2-}$ ) v talnih vzorcih in sulfata v rastlinskih vzorcih na poskusni lokaciji na Pijavi Gorici (Ljubljansko barje) - mineralna tla.

Pijava Gorica (Ljubljansko barje) - mineralna tla											
	globina (cm)	$\text{NO}_3\text{-N}$ (kg/ha)	$\text{NH}_4\text{-N}$ (kg/ha)	TMN (kg/ha)	pH	N (%)	C (%)	C/N razmerje	ŽVEPLO v tleh $\text{SO}_4\text{-S}$ (kg/ha)	ŽVEPLO v rastlini (S v % SS)	
										zelnje	zrnje
NPK+KAN	0-30	33,9	16,3	50,1	6,5	0,4	4,2	11,5	42,0	0,08	0,13
	30-60	20,3	14,0	34,3					67,1		
KONTROLA	0-30	33,9	16,3	50,1	6,2	0,3	3,4	10,3	22,8	0,18	0,14
	30-60	20,3	14,0	34,3					42,0		

**Priloga C5:** Rezultati določitve skupnega ogljika in dušika, ter sulfata ( $\text{SO}_4^{2-}$ ) v talnih vzorcih in sulfata v rastlinskih vzorcih na poskusni lokaciji v Moškanjcih (Dravsko-Ptujsko polje) - konvencionalna obdelava tal.

Moškanjci (Dravsko-Ptujsko polje) - konvencionalna obdelava tal							
	globina (cm)	N (%)	C (%)	C/N razmerje	ŽVEPLO v tleh $\text{SO}_4\text{-S}$ (kg/ha)	ŽVEPLO v rastlini (S v % SS)	
						zelinje	zrnje
KON1	0-10	0,138	1,4	10,0	1,9	0,22	0,32
		0,151	1,5	9,7	4,3		
		0,165	1,6	9,8	3,0		
KON2	10-30	0,126	1,2	9,8	2,3		
		0,130	1,3	9,9	13,1		
		0,146	1,5	10,2	59,5		
KON3	30-60	0,063	0,6	8,9	26,9		
		0,074	0,7	9,5	22,0		
		0,111	1,1	10,0	8,5		

**Priloga C6:** Rezultati določitve skupnega ogljika in dušika, ter sulfata ( $\text{SO}_4^{2-}$ ) v talnih vzorcih in sulfata v rastlinskih vzorcih na poskusni lokaciji v Moškanjcih (Dravsko-Ptujsko polje) - sonaravna obdelava tal.

Moškanjci (Dravsko-Ptujsko polje) - sonaravna obdelava tal							
	globina (cm)	N (%)	C (%)	C/N razmerje	ŽVEPLO v tleh $\text{SO}_4\text{-S}$ (kg/ha)	ŽVEPLO v rastlini (S v % SS)	
						zelinje	zrnje
SON1	0-10	0,158	1,6	10,0	3,8	0,22	0,30
		0,169	1,7	9,9	10,1		
		0,191	2,0	10,4	8,3		
SON2	10-30	0,115	1,1	9,7	4,6		
		0,118	1,1	9,7	13,7		
		0,131	1,3	9,7	13,4		
SON3	30-60	0,079	0,7	9,2	58,5		
		0,065	0,6	9,1	36,5		
		0,073	0,7	9,7	41,8		

## PRILOGA D

Koncentracije žvepla (mg SO<sub>4</sub>-S/l) na treh globinah (0 cm-10 cm, 10 cm-30 cm in 30 cm-60 cm), na laboratorijskem polju Biotehniške fakultete v Ljubljani

Son - sonaravna obdelava (neorano)		Kon - konvencionalna obdelava (orano)	
NPK 4,2 (0cm-10cm) 1,0 (10cm-30cm) 15,4 (30cm-60cm)	KONTROLA 5,1 (0cm-10cm) 3,1 (10cm-30cm) 2,7 (30cm-60cm)	NPK 6,8 (0cm-10cm) 7,1 (10cm-30cm) 6,8 (30cm-60cm)	KONTROLA 1,6 (0cm-10cm) 1,2 (10cm-30cm) 1,6 (30cm-60cm)
NPK+KOMPOST 3,5 (0cm-10cm) 2,0 (10cm-30cm) 2,0 (30cm-60cm)	KOMPOST 3,4 (0cm-10cm) 4,6 (10cm-30cm) 4,1 (30cm-60cm)	NPK+KOMPOST 32,3 (0cm-10cm) 33,7 (10cm-30cm) 33,9 (30cm-60cm)	KOMPOST 1,1 (0cm-10cm) 3,8 (10cm-30cm) 1,6 (30cm-60cm)
KONTROLA 2,9 (0cm-10cm) 0,2 (10cm-30cm) 2,8 (30cm-60cm)	NPK 4,0 (0cm-10cm) 2,5 (10cm-30cm) 2,8 (30cm-60cm)	KONTROLA 32,7 (0cm-10cm) 33,5 (10cm-30cm) 34,7 (30cm-60cm)	NPK 1,3 (0cm-10cm) 1,8 (10cm-30cm) 1,5 (30cm-60cm)
NPK+KOMPOST 6,1 (0cm-10cm) 4,0 (10cm-30cm) 6,3 (30cm-60cm)	KOMPOST 2,2 (0cm-10cm) 1,7 (10cm-30cm) 3,3 (30cm-60cm)	NPK+KOMPOST 34,2 (0cm-10cm) 33,3 (10cm-30cm) 34,6 (30cm-60cm)	KOMPOST 2,0 (0cm-10cm) 1,1 (10cm-30cm) 2,0 (30cm-60cm)
NPK 4,8 (0cm-10cm) 1,6 (10cm-30cm) 3,6 (30cm-60cm)	KONTROLA 3,0 (0cm-10cm) 4,8 (10cm-30cm) 2,6 (30cm-60cm)	NPK 0,7 (0cm-10cm) 1,5 (10cm-30cm) 5,3 (30cm-60cm)	KONTROLA 2,4 (0cm-10cm) 1,9 (10cm-30cm) 2,7 (30cm-60cm)
NPK+KOMPOST 5,1 (0cm-10cm) 2,4 (10cm-30cm) 4,2 (30cm-60cm)	KOMPOST 3,8 (0cm-10cm) 1,4 (10cm-30cm) 4,6 (30cm-60cm)	NPK+KOMPOST 1,5 (0cm-10cm) 1,3 (10cm-30cm) 1,3 (30cm-60cm)	KOMPOST 1,6 (0cm-10cm) 1,6 (10cm-30cm) 2,0 (30cm-60cm)

## PRILOGA E

### Statistične analize količin (kg/ha) žvepla v tleh na poskusni lokaciji na laboratorijskem polju Biotehniške fakultete v Ljubljani

Enosmerna analiza variance (ANOVA ) količin žvepla (kg/ha) v sonaravno obdelanih tleh, pri različnih variantah gnojenja, na laboratorijskem polju Biotehniške fakultete.

vir variabilnosti	VKO	SP	SKO	F	p-vrednost
med obravnavanji	6128,2	3	2042,71	0,65	0,6034
znotraj obravnavanj	25039,7	8	3129,96		
skupaj	31167,8	11			

Ker je p-vrednost pri obravnavanjih večja od 0,05, lahko s tveganjem manjšim od 5% trdimo, da ni statistično značilnih razlik med količino žvepla v tleh med različnimi variantami gnojenja.

LSD test (95% interval zaupanja) za količino žvepla (kg/ha) v sonaravno obdelanih tleh, pri različnih variantah gnojenja, na laboratorijskem polju Biotehniške fakultete.

obravnavanje	št. ponovitev	povprečje	homogenost obravnavanj
KONTROLA	3	76,3	X
KOMPOST	3	92,9	X
NPK+KOMPOST	3	103,833	X
NPK	3	138,033	X

LSD = 105,338

S 95% intervalom zaupanja lahko trdimo, da je vsaka razlika, ki je večja od 3977,82, statistično značilna. Ni statistično značilnih razlik v količini žvepla v tleh, med različnimi variantami gnojenja.

Enosmerna analiza variance (ANOVA ) količin žvepla (kg/ha) v sonaravno obdelanih tleh, pri različnih variantah gnojenja, na laboratorijskem polju Biotehniške fakultete.

vir variabilnosti	VKO	SP	SKO	F	p-vrednost
med obravnavanji	610272,0	3	203424,0	1,58	0,2691
znotraj obravnavanj	1031550,0	8	128944,0		
skupaj	1641820,0	11			

Ker je p-vrednost pri obravnavanjih večja od 0,05, lahko s tveganjem manjšim od 5% trdimo, da ni statistično značilnih razlik med količino žvepla v tleh med različnimi variantami gnojenja.

Preglednica ? : LSD test (95% interval zaupanja) za količino žvepla (kg/ha) v sonaravno obdelanih tleh, pri različnih variantah gnojenja, na laboratorijskem polju Biotehniške fakultete.

obravnavanje	št. ponovitev	povprečje	homogenost obravnavanj
KOMPOST	3	51,7	X
NPK	3	107,9	X
KONTROLA	3	341,9	X
NPK+KOMPOST	3	623,3	X

LSD = 676,108

S 95% intervalom zaupanja lahko trdimo, da je vsaka razlika, ki je večja od 3977,82, statistično značilna. Ni statistično značilnih razlik v količini žvepla v tleh, med različnimi

variantami gnojenja.

Enosmerna analiza variance (ANOVA ) količin žvepla (kg/ha), pri različnih obdelavah (sonaravno, konvencionalno), na laboratorijskem polju Biotehniške fakultete.

vir variabilnosti	VKO	SP	SKO	F	p-vrednost
med obravnavanji	191049,0	1	191049,0	2,51	0,1272
znotraj obravnavanj	1672990,0	22	76045,1		
skupaj	1864040,0	23			

Ker je p-vrednost pri obravnavanjih večja od 0,05, lahko s tveganjem manjšim od 5% trdimo, da ni statistično značilnih razlik med količino žvepla v tleh pri različnih obdelavah tal.

LSD test (95% interval zaupanja) za količino žvepla (kg/ha) pri različnih obdelavah (sonaravno, konvencionalno), na laboratorijskem polju Biotehniške fakultete.

obravnavanje	št. ponovitev	povprečje	homogenost obravnavanj
SON	12	102,767	X
KON	12	281,208	X

LSD = 233,476

S 95% intervalom zaupanja lahko trdimo, da je vsaka razlika, ki je večja od 3977,82, statistično značilna. Ni statistično značilnih razlik v količini žvepla v tleh pri različnih obdelavah tal.

## PRILOGA F

### Pridelki

Priloga F1: Pridelek bele gorjušice (*Sinapis alba*) v kg/ha pri sonaravni in konvencionalni obdelavi tal, ter različnem gnojenju na laboratorijskem polju Biotehniške fakultete.

Pridelek (kg/ha)					
	Ponovitev	NPK	NPK+KOMPOST	KOMPOST	KONTROLA
SON	1	23800	20800	9000	3400
	2	21000	24100	12100	5500
	3	22900	19100	6400	3900
	Povprečna vrednost	22567	21333	9167	4267
KON	1	37200	27100	17200	8600
	2	35000	25800	23800	7600
	3	39200	29600	19100	14300
	Povprečna vrednost	37133	27500	20033	10167

Priloga F2: Pridelek koruze (*Zea mays*) v kg/ha na gnojenih in negnojenih parcelah, na šotnih in mineralnih tleh, na Ljubljanskem barju (Pijava Gorica).

Blok	Pridelek (kg/ha)			
	Šotna tla		Mineralna tla	
	NPK+KAN	KONTROLA	NPK+KAN	KONTROLA
1	50893	40179	13393	18036
2	52321	44643	18750	17321
3	40179	41250	19643	14643
4	56429	32143	17143	14286
Povprečna vrednost	49956	39554	17232	16072

Priloga F3: Pridelek koruze (*Zea mays*) v kg/ha pri različni obdelavi tal (konvencionalna obdelava in sonaravna obdelava) na Dravsko-Ptujskem polju v Moškanjcih.

Ponovitve	Pridelek (kg/ha)	
	Sonaravna obdelava	Konvencionalna obdelava
1	40952	42381
2	40952	41905
3	44095	45238
Povprečna vrednost	42000	43175

## PRILOGA G

### Količina žvepla v tleh v različnih globinah

Priloga G1: Vrednosti  $S_{\min}$  ( $\text{SO}_4\text{-S}$  v kg/ha) v tleh pri sonaravni obdelavi tal, v treh globinah, na laboratorijskem polju Biotehniške fakultete.

Sonaravna obdelava	$S_{\min}$ ( $\text{SO}_4\text{-S}$ v kg/ha) v različni globini tal				
	0 cm-10 cm	10 cm-30 cm	0 cm-30 cm	30 cm-60 cm	0 cm-60 cm
Variante gnojenja					
NPK	15,1	8,3	23,4	228,4	251,8
	17,4	14,1	31,5	52,8	84,3
	14,6	21,6	36,2	41,8	78,0
Povprečna vrednost	15,7	14,7	30,4	107,7	138,1
NPK+KOMPOST	12,7	17,4	30,1	29,7	59,8
	22,2	34,3	56,5	93,1	149,6
	18,7	20,9	39,6	62,5	102,1
Povprečna vrednost	17,9	24,2	42,1	61,8	103,9
KOMPOST	12,5	39,4	51,9	60,5	112,4
	8,0	14,9	22,9	49,4	72,3
	13,8	12,0	25,8	68,2	94,0
Povprečna vrednost	11,4	22,1	33,5	59,1	92,6
KONTROLA	10,5	1,6	12,1	41,8	53,9
	18,7	26,3	45,0	40,2	85,2
	10,8	41,0	51,8	38,0	89,8
Povprečna vrednost	13,3	23,0	36,3	40,0	76,3

Priloga G2: Vrednosti  $S_{\min}$  ( $\text{SO}_4\text{-S}$  v kg/ha) v tleh pri konvencionalni obdelavi tal, v treh globinah, na laboratorijskem polju Biotehniške fakultete.

Konvencionalna obdelava	$S_{\min}$ ( $\text{SO}_4\text{-S}$ v kg/ha) v različni globini tal				
	0 cm-10 cm	10 cm-30 cm	0 cm-30 cm	30 cm-60 cm	0 cm-60 cm
Variante gnojenja					
NPK	24,8	60,5	85,3	100,8	186,1
	2,7	12,5	15,2	79,4	94,6
	4,6	15,5	20,1	22,9	43,0
Povprečna vrednost	10,7	29,5	40,2	67,7	107,9
NPK+KOMPOST	117,2	289,4	406,6	503,8	910,4
	124,1	285,4	409,5	513,8	923,3
	5,4	11,3	16,7	19,5	36,2
Povprečna vrednost	82,2	195,4	277,6	345,7	623,3
KOMPOST	3,9	32,2	36,1	23,7	59,8
	7,2	9,4	16,6	29,2	45,8
	5,7	13,6	19,3	30,2	49,5
Povprečna vrednost	5,6	18,4	24,0	27,7	51,7
KONTROLA	118,6	287,7	406,3	515,0	921,3
	5,9	10,4	16,3	23,1	39,4
	8,5	16,1	24,6	40,5	65,1
Povprečna vrednost	44,3	104,7	149,0	192,9	341,9

Priloga G3: Vrednosti  $S_{\min}$  ( $\text{SO}_4^{2-}\text{S}$  v kg/ha) v tleh, na šotnih in mineralnih tleh, v dveh globinah, na Ljubljanskem barju (Pijava Gorica).

Vrsta tal	$S_{\min}$ ( $\text{SO}_4\text{-S}$ v kg/ha) v različni globini tal		
	0 cm-30 cm	30 cm-60 cm	0 cm-60 cm
Šotna tla	258,2	212,3	470,5
	283,4	161,2	444,6
Povprečna vrednost	270,8	186,8	457,6
Mineralna tla	22,8	42,0	64,8
	42,0	67,1	109,1
Povprečna vrednost	32,4	54,6	87,0

Priloga G4: Vrednosti  $S_{\min}$  ( $\text{SO}_4\text{-S}$  v kg/ha) v tleh pri sonaravni in konvencionalni obdelavi tal, v treh globinah, na Dravsko-Ptujskem polju v Moškanjcih.

Obdelava tal	$S_{\min}$ ( $\text{SO}_4\text{-S}$ v kg/ha) v različni globini tal				
	0 cm-10 cm	10 cm-30 cm	0 cm-30 cm	30 cm-60 cm	0 cm-60 cm
Sonaravna	3,8	4,6	8,4	58,5	66,9
	10,1	13,7	23,8	36,5	60,3
	8,3	13,4	21,7	41,8	63,5
Povprečna vrednost	7,4	10,6	18,0	45,6	63,6
Konvencionalna	1,9	2,3	4,2	26,9	31,1
	4,3	13,1	17,4	22,0	39,4
	3,0	59,5	62,5	8,5	71,0
Povprečna vrednost	3,1	25,0	28,1	19,1	47,2



## PRILOGA H

Količina žvepla (kg SO<sub>4</sub>-S /ha) v tleh v različnih globinah in količina žvepla (% SS) v zelinju bele gorjušice (*Sinapis alba*) in koruze (*Zea mays*), ter v zrnju koruze.

		Žveplo v tleh (kg SO <sub>4</sub> -S /ha)					Žveplo (S) v nadzemni biomasi (% SS)	
		0 cm-10 cm	10 cm-30 cm	0 cm-30 cm	30 cm-60 cm	0 cm-60 cm	Zelinje	Zrnje
<b>Biotehniška fakulteta (bela gorjušica)</b>								
Sonaravna obdelava	NPK	15,7	14,7	30,4	107,7	138,1	0,51	/
	KOMPOST	11,4	22,1	33,5	59,4	92,9	0,53	/
	KONTROLA	13,3	23,0	36,3	40,0	76,3	0,57	/
Konvencionalna obdelava	NPK	10,7	29,5	40,2	67,7	107,9	0,32	/
	KOMPOST	5,6	18,4	24,0	27,7	51,7	0,40	/
	KONTROLA	44,3	104,7	149,0	192,9	341,9	0,27	/
<b>Pijava Gorica (kоруza)</b>								
Šotna tla	NPK+KAN	/	/	283,4	161,2	444,6	0,09	0,08
	KONTROLA	/	/	258,2	212,3	470,5	0,14	0,10
Mineralna tla	NPK+KAN	/	/	42,0	67,1	109,1	0,08	0,13
	KONTROLA	/	/	22,8	42,0	64,8	0,18	0,14
<b>Moškanjci (kоруza)</b>								
Sonaravna obdelava		7,4	10,6	18,0	45,6	63,6	0,22	0,30
Konvencionalna obdelava		3,1	25,0	28,1	19,1	47,2	0,22	0,32

## PRILOGA I

Pridelek (kg/ha) bele gorjušice (*Sinapis alba*) in koruze (*Zea mays*) in količina žvepla (S v % SS) v zelinju bele gorjušice in koruze, ter v zrnju koruze.

		Pridelek (kg/ha)	Odstotek žvepla v nadzemni biomasi (%SS)	
			Zelinje	Zrnje
<b>Biotehniška fakulteta (bela gorjušica)</b>				
Sonaravna obdelava	NPK	22567	0,51	/
	KOMPOST	9167	0,53	/
	KONTROLA	4267	0,57	/
Konvencionalna obdelava	NPK	37133	0,32	/
	KOMPOST	20033	0,40	/
	KONTROLA	10167	0,27	/
<b>Pijava Gorica (kоруza)</b>				
Šotna tla	NPK+KAN	49956	0,09	0,08
	KONTROLA	39554	0,14	0,1
Mineralna tla	NPK+KAN	16072	0,08	0,13
	KONTROLA	17232	0,18	0,14
<b>Moškanjci (kоруza)</b>				
Sonaravna obdelava		1815	0,22	0,30
Konvencionalna obdelava		1803	0,22	0,32

## PRILOGA J

Odvzem žvepla (kg S/ha)s pridelkom bele gorjušice (*Sinapis alba*) in koruze (*Zea mays*).

Odvzem žvepla (kg S/ha) s pridelkom			Zelinje	Zrnje	Skupni odvzem
Biotehniška Fakulteta (bela gorjušica)	Sonaravna obdelava	NPK	26	/	26
		KOMPOST	14	/	14
		KONTROLA	7	/	7
	Konvencionalna obdelava	NPK	26	/	26
		KOMPOST	18	/	18
		KONTROLA	7	/	7
Pijava Gorica (koruza)	Šotna tla	KONTROLA	12	7	19
		NPK+KAN	9	6	15
	Mineralna tla	KONTROLA	6	4	10
		NPK+KAN	2	2	4
Moškanjci (koruza)		KON	16	29	45
		SON	16	26	42

## PRILOGA K

### Količina žvepla v padavinah v Sloveniji

Priloga K1: Depozit žvepla (kg SO<sub>4</sub>-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 <sub>4</sub> -S/ha)	88	55	48	52	59	57	38	42	36
	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1996	1997	1998
(kg SO <sub>4</sub> -S/ha)	35	40	37	42	30	30	19	16	14
	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007
(kg SO <sub>4</sub> -S/ha)	11	11	10	11	9	12	9	6	8

Priloga K2: Mesečni depozit žvepla (kg SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>-S/ha) s padavinami v Ljubljani leta 2006 (Meteorološki podatki, 2009).

LJUBLJANA 2006	jan.	feb.	mar.	apr.	maj	jun.	jul.	avg.	sept.	okt.	nov.	dec.
(kg SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> -S/ha)	0,1	0,3	0,7	0,6	1,2	0,4	0,6	0,6	0,7	0,1	0,4	0,5

