

UNIVERZA V LJUBLJANI
BIOTEHNIŠKA FAKULTETA
ODDELEK ZA AGRONOMIJO

Matej ŠIFRER

**VPLIV GNOJENJA POLJŠČIN Z ORGANSKIMI
GNOJILI IN MINERALNIM DUŠIKOM V POSKUSIH
IOSDV RAKIČAN IN JABLE NA SPREMEMBO
KISLOSTI TAL**

DIPLOMSKO DELO

Univerzitetni študij

Ljubljana, 2007

UNIVERZA V LJUBLJANI
BIOTEHNIŠKA FAKULTETA
ODDELEK ZA AGRONOMIJO

Matej ŠIFRER

**VPLIV GNOJENJA POLJŠČIN Z ORGANSKIMI GNOJILI IN
MINERALNIM DUŠIKOM V POSKUSIH IOSDV RAKIČAN IN
JABLE NA SPREMEMBO KISLOSTI TAL**

DIPLOMSKO DELO
Univerzitetni študij

**IMPACT OF ORGANIC FERTILIZATION AND MINERAL
NITROGEN IN IOSDV TRIALS AT IOSDV RAKIČAN AND
JABLE ON THE SOIL pH**

GRADUATION THESIS
University studies

Ljubljana, 2007

Diplomsko delo je zaključek univerzitetnega študija agronomije. Opravljeno je bilo na Katedri za poljedelstvo in sonaravno kmetijstvo Oddelka za agronomijo Biotehniške fakultete Univerze v Ljubljani. Poskus je bil izveden na trajnih poskusih IOSDV Jable in Rakičan.

Študijska komisija Oddelka za agronomijo je za mentorja diplomskega dela imenovala prof. dr. Antona Tajnška.

Komisija za oceno in zagovor:

Predsednik: akad. prof. dr. Ivan KREFT
Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za agronomijo

Član: prof. dr. Anton TAJNŠEK
Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za agronomijo

Članica: prof. dr. Katarina KOŠMELJ
Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za agronomijo

Datum zagovora:

Naloga je rezultat lastnega raziskovalnega dela. Podpisani se strinjam z objavo svoje diplomske naloge v polnem tekstu na spletni strani Digitalne knjižnice Biotehniške fakultete. Izjavljam, da je naloga, ki sem jo oddal v elektronski obliki, identična tiskani verziji.

Matej Šifrer

KLJUČNA DOKUMENTACIJSKA INFORMACIJA

ŠD	Dn
DK	UDK, 633.1:631.86:631.415.2(043.2)
KG	poljščine/žita/organska gnojila/mineralni dušik/kislost tal/trajni poljski poskusi/gnojilni poskusi/Jable/Rakičan
KK	AGRIS F01/F04/P33
AV	ŠIFRER, Matej
SA	TAJNŠEK, Anton (mentor)
KZ	SI-1111 Ljubljana, Jamnikarjeva 101
ZA	Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddeleke za agronomijo
LI	2007
IN	VPLIV GNOJENJA POLJŠČIN Z ORGANSKIMI GNOJILI IN MINERALNIM DUŠIKOM V POSKUSIH IOSDV RAKIČAN IN IOSDV JABLE NA SPREMEMBO KISLOSTI TAL (pH VREDNOST)
TD	Diplomsko delo (univerzitetni študij)
OP	X, 34, [6] str., 14 pregl., 4 sl., 4 pril., 35 vir.
IJ	sl
JI	sl/en
AI	Z raziskavo smo želeli ugotoviti, kakšen je vpliv različnih oblik gnojenja z organskimi gnojili: gospodarjenje s hlevskim gnojem (sistem B), slamo (sistem C), brez organskega gnojenja (sistem A) in mineralnim dušikom (0, 73, 147 in 220 kg N.ha ⁻¹ .a ⁻¹) na pH vrednost tal. Poskus je bil opravljen v okviru trajnih poljskih poskusov IOSDV Jable in Rakičan. Vzorce smo odvzeli na globinah 0-30 cm, 30-60 cm ter 60-90 cm na vseh parcelah (30 parcel na vsaki lokaciji, velikost parcele je 30 m ²) po žetvi pšenice na poljini A julija 2006. pH vrednost smo merili po metodi s CaCl z elektronskim pH-metrom. Rezultati so pokazali, da se pH vrednost povečuje z globino na obeh lokacijah. Statistično značilne razlike so na vseh globinah na poskusu IOSDV Jable, medtem ko so statistično značilne razlike v Rakičanu le med zgornjo in spodnjo globino. Prav tako so v Jablah statistično značilne razlike med obravnavanji na parceli AN0 (brez organskega in mineralnega gnojenja-kontrola), BN3 (gnojenja s hlevskim in največjim odmerkom mineralnega N) ter BN2 (gnojenja s hlevskim gnojem in srednje velikim odmerkom), CN3 (gnojenja s slamo in največjim odmerkom N). V Rakičanu teh razlik nismo ugotovili. Na nobeni lokaciji ni interakcije med globino in obravnavanji (organska snov, stopnje gnojenja z N).

KEY WORDS DOCUMENTATION

DN	Dn
DC	UDC, 633.1:631.86:631.415.2(043.2)
CX	creals/grain crops/barley/maize/wheat/oats/organic fertilizers/nitrogen fertilizers/soil acidity/soil pH/ long term field experiments/Slovenia
CC	AGRIS F01/F04/P33
AU	ŠIFRER, Matej
AA	TAJNŠEK, Anton (supervisor)
PP	SI-1000 Ljubljana, Jamnikarjeva 101
PB	University of Ljubljana, Biotechnical Faculty, Department of Agronomy
PY	2007
PI	X, 34, [6] p., 14 tab., 4 fig., 4 ann., 35 ref.
DT	Graduation Thesis (University studies)
NO	IMPACT OF ORGANIC FERTILIZATION AND MINERAL NITROGEN IN IOSDV TRIALS AT JABLE AND IOSDV RAKIČAN ON THE SOIL pH
LA	sl
AL	sl/en
AB	The aim of the investigation was to find out the impact of different ways of fertilization with organic fertilizers (management with farmyard manure, straw, no organic fertilization) and mineral nitrogen (0, 73, 147 and 220 kg.ha ⁻¹ N in the average of the field crop rotation) on soil pH. The investigation was done within the long-term field experiments IOSDV Jable and IOSDV Rakičan. Soil samples were taken in depths: 0-30 cm, 30-60 cm and 60-90 cm at all plots (30 plots at both locations, the size of plots was 30 m ²) after wheat harvest in July 2006. pH was detected by the CaCl method with electronic pH-meter. Results showed that pH is increased by the depth at both locations. It was also confirmed that at Jable there are statistically significant differences among the parcels with no organic and mineral N fertilization (AN0), parcels with farmyard manure fertilization and the highest rate of mineral N (BN3) and parcels with farmyard manure fertilization and middle high mineral N rate (BN2), straw fertilization and the highest mineral N rate (CN3). At Rakičan these differences could not be confirmed. At both locations there was no interaction between the soil depth and variants (organic fertilization, mineral N rate).

KAZALO VSEBINE

	str.
Ključna dokumentacijska informacija	III
Key words documentation	IV
Kazalo vsebine	V
Kazalo preglednic	VII
Kazalo slik	VIII
Kazalo prilog	IX
Okrajšave in simboli	X
1 UVOD	1
1.1 POVOD ZA DELO	1
1.2 NAMEN DELA IN DELOVNA HIPOTEZA	2
2 PREGLED OBJAV	3
2.1 REAKCIJA (pH) TAL	3
2.1.1 Izračun pH vrednosti	3
2.1.2 Vzroki znižanja pH tal	3
2.1.3 Razdelitev pH območij	4
2.1.4 Indikatorske rastline	5
2.1.5 Adsorpcijski kompleks	6
2.1.6 Vrste kislosti	6
2.1.6.1 Aktivna kislost	6
2.1.6.2 Potencialna kislost	7
2.1.6.3 Hidrolitska kislost	7
2.1.7 Načini merjenja pH vrednosti	7
2.2 ORGANSKA SNOV	7
2.2.1 Hlevski gnoj	8
2.2.2 Slama, žetveni in koreninski ostanki	8
2.2.3 Podorine	9
2.3 DUŠIK	9
2.3.1 KAN-kalcijev amonijev nitrat	9
3 MATERIALI IN METODA DELA	11
3.1 ZASNOVA POSKUSOV V RAKIČANU IN NA JABLAH	11
3.1.1 IOSDV Rakičan	14
3.1.1.1 Klima in vremenske razmere v Rakičanu	14
3.1.1.2 Tla	15
3.1.2 IOSDV Jable	17
3.1.2.1 Klima in vremenske razmere v Jablah	17
3.1.2.2 Tla	19
3.2 MERJENJE pH VREDNOSTI	21
3.2.1 Jemanje vzorcev	21
3.2.2 Priprava kalcijevega klorida	21
3.2.3 Kalibracija pH metra	21
3.2.4 Statistična analiza	22
4 REZULTATI	23
4.1 pH VREDNOSTI PO OBRAVNAVANJIH	23

4.2	pH VREDNOST PO GLOBINAH	26
5	RAZPRAVA IN SKLEPI	27
5.1	RAZPRAVA	27
5.2	SKLEPI	30
6	POVZETEK	31
7	VIRI	32
	ZAHVALA	
	PRILOGE	

KAZALO PREGLEDNIC

	str.
Preglednica 1: Razporeditev tal po kislosti (Scheffer in Schachtschabel, 1982)	4
Preglednica 2: Indikatorske rastline (Zupan in sod., 2002)	5
Preglednica 3: Gospodarjenje in gnojenje z N (kg/ha) v IOSDV Rakičan in IOSDV Jable (Tajnšek, 2003)	13
Preglednica 4: z mineralnim N posameznim poljščinam v IOSDV Rakičan in IOSDV Jable (Tajnšek, 2003)	13
Preglednica 5: Klimatski podatki za IOSDV Rakičan (1993-2006) (Tajnšek, 2006)	14
Preglednica 6: Kemične in fizikalne lastnosti lokacije IOSDV Rakičan leta 1993 (Tajnšek, 2003)	16
Preglednica 7: Klimatski podatki za IOSDV Jable (Meteorološka postaja Brnik, 1993-2006) (Tajnšek, 2006)	18
Preglednica 8: Kemične in fizikalne lastnosti lokacije Jable v letu 1993 (Tajnšek, 2003)	19
Preglednica 9: Odkloni pH vrednosti pri kalibraciji pH metra	21
Preglednica 10: Analiza variance po obravnavanjih in globini na lokaciji Jable	23
Preglednica 11: Naraščanje pH vrednosti po globinah glede na obravnavanje v IOSDV Jable	24
Preglednica 12: Analiza variance po obravnavanjih in globini v IOSDV Rakičan	25
Preglednica 13: Naraščanje pH vrednosti po globinah glede na obravnavanje v Rakičanu	26
Preglednica 14: Statistična tabela homogenosti skupin po Duncanu s 5 odstotnim tveganjem (IOSD Jable in IOSDV Rakičan, 2006).	26

KAZALO SLIK

	str.
Slika 1: Dostopnost rastlinskih hranil glede na pH vrednost (Leskošek, 1993)	6
Slika 2: Načrt poskusa IOSDV Jable, leto pridelave 2005/2006 (Tajnšek, 2003)	12
Slika 3: Povprečne pH vrednosti na Jablah po obravnavanjih ter statistično značilne razlike med njimi (2006)	24
Slika 4: Povprečna pH vrednost po obravnavanjih v Rakičanu (2006)	25

KAZALO PRILOG

Priloga A: Izmerjene pH vrednosti

Priloga A1: Izmerjene pH vrednosti v Rakičanu

Priloga A2: Izmerjene pH vrednosti v Jablah

Priloga B: Preglednica homogenosti skupin po obravnavanjih na Jablah po Duncanu s 5 odstotnim tveganjem

Priloga C: Statistična tabela homogenosti skupin po Duncanu s 5 odstotnim tveganjem

Priloga C1: Homogenost skupin po Duncanu s 5 odstotnim tveganjem v Jablah

Priloga C2: Homogenost skupin po Duncanu s 5 odstotnim tveganjem v Rakičanu

Priloga D: Obravnavanja v poskusu IOSDV Jable in Rakičan

OKRAJŠAVE IN SIMBOLI

sod.	sodelavci
itd.	in tako dalje
me	miliiekivalenti
N	dušik
GVŽ	glava velike živine
log	logaritem z osnovo 10
ha	hektar
t/ha	ton na hektar
dt/t	deciton na tono
dt/m ³	deciton na kubični meter
cm	centimeter
dt	decitona
kg/ha	kilogramov na hektar
m ²	kvadratni meter
km	kilometer
mm	milimeter
°C	stopinj celzija
IOSDV	Internationale organische Stickstoff - Dauerdüngungsversuche

1 UVOD

1.1 POVOD ZA DELO

Tla pod kmetijskimi zemljišči so neprecenljiva dobrina celotnega človeštva, nikakor ne le ene generacije, ene nacije, skupine ali posameznika (Hadžić in sod., 1993). Zato te dobrine ne smemo zlorabljati, rabiti jo moramo racionalno, ozirajoč se na trajnostni koncept zmerno intenzivne rabe.

Tla so definirana kot »živa plast zemeljske skorje na stičišču litosfere, hidrosfere in atmosfere, s puferskim in kapilarnim sistemom in sposobnostjo zadrževanja vode in zraka ter s sposobnostjo nujenja rastnih razmer za mikroorganizme in rastline« (Koerschens in sod., 1990). Tla predstavljajo ponavadi le 50 - 300 cm debelo plast zemeljskega površja. Gre za zelo občutljivo, tanko in krhko plast zunanje zemeljske skorje. V preteklosti in tudi še danes se je človek premalo zaveda, da je njegov obstoj najbolj odvisen od te plasti in od dejavnikov okolja, ki vplivajo na tla – še posebno od njegove dejavnosti. Parametri rodovitnosti tal se spreminjajo počasi, zato jih težko zaznamo. Vzroki za zmanjšanje rodovitnosti tal so številni, zaradi nekaterih prihaja do nepopravljive škode, pri drugih je škoda popravljiva.

Eden najpomembnejših kazalnikov trajnostne rabe zemljišč je ohranjanje humusa v tleh. Njegovo zmanjšanje namreč negativno vpliva na večino kemičnih in fizikalnih lastnosti tal, če ga je preveč, pa njegova mineralizacija preveč onesnažuje okolje.

Med pomembnimi kazalniki rodnosti tal je tudi pH vrednost. Ta kazalnik ima zelo pomembno vlogo pri pridelovanju poljščin, saj je za vsako poljščino določeno optimalno območje pH vrednosti za njeno rast in razvoj. Pri prenizki oziroma previsoki pH vrednosti je otežen sprejem določenih hranil, ker ti elementi nastopajo v tleh v različnih oblikah, kar je odvisno od pH tal. To privede do znakov pomanjkanja hranil pri rastlinah, znižanja hektarskih pridelkov in nazadnje do neekonomičnosti pridelave. Ker kmetje ne dajejo vedno dovolj pogosto zemlje v analizo, ne morejo vedeti pravega vzroka za slabšo rast rastlin. Eden od vzrokov je lahko tudi prenizek ali previsok pH. Slabšo rast nato želijo popraviti s povečanim odmerkom gnojil. To pa lahko privede do onesnaževanja okolja ter zmanjšanja pridelkov.

Prav tako se v Sloveniji kmetije vedno bolj specializirajo, bodisi v živinorejo, bodisi v poljedelstvo. Tako se srečujemo s presežki organskih gnojil pri živinoreji ter s pomanjkanjem organskih gnojil pri poljedelstvu. To pa lahko privede do nižje vsebnosti humusa v tleh, s tem pa se spremenijo fizikalno-kemične in biotične lastnosti.

1.2 NAMEN RAZISKAVE

V diplomski nalogi smo proučevali dolgoročni vpliv gnojenja z organskimi gnojili (gnoj, stranski pridelek in podorina) in mineralnim dušikom na kislost tal (pH vrednost) v dveh statičnih trajnih IOSDV poskusih v Jablah in Rakičanu, kjer se v triletnem kolobarju vrstijo kuruza, pšenica ter ječmen v Rakičanu in oves v Jablah (Tajnshek, 2003). Poskus poteka od leta 1993. Vsako leto so bile posejane vse tri poljščine. Tako smo merili pH vrednost glede na gnojenje z organskimi gnojili (A: brez organskega gnojenja; B: hlevski gnoj – 1

GVŽ/ha; C: stranski pridelek s podorom oljne redkve) ter gnojenje z mineralnim dušikom (v povprečju kolobarja 0 kg.ha⁻¹ N, 73 kg.ha⁻¹ N, 147 kg.ha⁻¹ N in 220 kg.ha⁻¹ N).

1.3 DELOVNA HIPOTEZA

Domnevali smo, da se, odvisno od sistema gospodarjenja (hlevski gnoj, zaoravanje stranskih pridelkov) in gnojenja s stopnjevanimi odmerki dušika (N0, N1, N2, N3), pH vrednost spreminja pod vplivom dolgoletne nege in oskrbe posevkov. Najmanjši pH (=navečja kislost tal) smo pričakovali v sistemih gospodarjenja s hlevskim gnojem in odvozom slame in koruznice, storžev in zrnja (simulacija pridelovanja silažne koruze).

Domnevali smo, da se zaradi prebitka vodikovih ionov po oksidaciji NH₄⁺ v nitrate, medtem ko se le-ti izgublajo (izpiranje, odvzem z rastlinami itd.) kislost tal pomembno povečuje (manjša pH-vrednost) s stopnjevanjem gnojenja z mineralnim dušikom.

Domnevali smo, da z globino pH-vrednost narašča zaradi izpiranja kationov.

2 PREGLED DOSEDANJIH OBJAV

2.1 REAKCIJA (pH) TAL

Koncept pH vrednosti je uvedel danski kemik S. P. L. Sorensen leta 1909. Ime pH izhaja iz latinskega izraza *ponus hydrogenii* (The term..., 2007).

2.1.1 Izračun pH vrednosti

Reakcijo tal določa koncentracija disociiranih vodikovih ionov. Izražamo pa jo s pH vrednostjo.

Izračunamo jo kot negativni logaritem števila vodikovih ionov (1).

$$pH = -\log [H^+] \quad \dots(1)$$

Reakcija tal je ena bistvenih lastnosti tal, ki vpliva na fizikalno kemične procese v tleh in na fiziološke procese v rastlinah. Je najbolj splošna karakteristika tal, ki vpliva na celo vrsto procesov in je produkt le teh.

Reakcija tal je posledica številnih dejavnikov in procesov, ki se odvijajo v tleh. Talni pH je rezultat ravnotežja med talnimi minerali, ioni v talni vodni raztopini in kationske izmenjave med talno raztopino in adsorpcijskim kompleksom. Najpomembnejša dejavnika, ki vplivata na pH v tleh, sta vsebnost bazičnih kationov v matični podlagi in proces pedogeneze. Poleg matične podlage vplivajo na razvoj pH talne raztopine tudi drugi dejavniki: vsebnost organske snovi v tleh, vpliv rastlinskih korenin in talne favne ter seveda človekovi posegi v tla (gnojenje, obdelava).

2.1.2 Vzroki znižanja pH tal

Pri razkrajanju organske snovi se sproščajo različne organske in anorganske kisline (oksalna, mlečna, fulvokisline, ogljikove kisline...). Pri tem nastanejo kisle (COOH) skupine.

V industrijskih območjih so v preteklosti prihajale v tla velike količine žveplove kisline, vendar je tega sedaj manj zaradi uporabe čistilnih naprav. Žveplova kislina nastaja tudi v tleh z oksidacijo sulfidov, ki se sprostijo pri preperevanju matične podlage.

Rastline pri sprejemu bazičnih kationov kot hranil izločajo v tla vodikove ione (izmenjava kationov med rastlino in talno raztopino). Oddaja H^+ je namreč pomembna zaradi izmenjave z bazami Ca^{2+} , Mg^{2+} , K^+ , Fe^{3+} ...

S pridelkom odnašamo tudi Ca in Mg iz tal. Vsaka tona pšenice odvzame iz tal 25-35 kg N, 8-15 kg P_2O_5 , 20-25 kg K_2O , 4-8 kg CaO in 2-5 kg MgO (Leskošek 1993). Ta izguba Ca^{2+} in Mg^{2+} še pospešuje zakisanje tal, kar se kaže pri intenzivni rastlinski pridelavi in če je ne nadomestimo z gnojenjem.

Pomemben vzrok talne kislosti je tudi izpiranje baz kot posledica humidne klime. To velja za Ca^{2+} in Mg^{2+} . Letne izgube znašajo $200 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$ CaO v Severovzhodni Sloveniji in do

800 kg.ha⁻¹ CaO v Zahodni Sloveniji (Leskošek, 1993). V tleh, ki so izpostavljena močnemu izpiranju baz, se dogaja, da je pH vrednost zgornjega sloja najnižja. Ker so baze izprane v globlje horizonte, z globino pH vrednost narašča.

Reakcijo tal znižuje CO₂, ki nastaja z dihanjem talne favne. Zato je delež CO₂ v talni atmosferi mnogo večji kot v ozračju. CO₂ se topi v vodi in nastane ogljikova kislina, ki disociira:



Vodikovi ioni nastanejo tudi pri oksidaciji spojin dvovalentnega Fe in Mn.

Vir vodikovih ionov so tudi različna fiziološko kislila (amonijev fosfat, urea). Koncentracija vodikovih ionov v talni raztopini se povečuje zaradi nitrifikacije.



Prav tako se reakcija tal spreminja med letom. Letna nihanja nastopijo zaradi različne količine disociiranih ionov v talni raztopini, spreminja se biološka aktivnost pa tudi rizosfera z izločki CO₂ in organskih kislin. pH vrednost je najvišja spomladi pred začetkom rastle dobe, nato pada do jeseni in se spet dviga do spomladi. Tekom rastle dobe se hranila porabljajo, pospešeno je dihanje tal, več je izločenega CO₂, izmenljivih baz je vse manj, na njihovo mesto pa prihaja H⁺. Tako v tleh ostajajo kislinski radikali Cl⁻, CO₂⁻⁴, HCO⁻³. To velja za negnojena tla, na gnojenjih se kljub močnemu odvzemu deleži hranil povečujejo zaradi intenzivne sekundarne substitucije s H⁺ ioni. V času mirovanja pa poteka proces v obratni smeri, H⁺ je na izmenjevalcih izpodrinjen z bazami, nevezani H ioni se izperejo v podtalje.

2.1.3 Razdelitev pH območij

Različni avtorji so različno razdelili pH vrednosti v območja. Največkrat se uporablja razdelitev, ki je podana v preglednici 1.

Preglednica 1: Razporeditev tal po kislosti (Scheffer in Schachtschabel, 1982)

Tla	pH območje	Tla	pH območje
Nevtralna	7,0		
Rahlo kislila	6,0-6,9	Rahlo bazična	7,1-8,0
Kislila	5,0-5,9	Bazična	8,1-9,0
Močno kislila	4,0-4,9	Močno bazična	9,1-10,0
Zelo močno kislila	3,0-3,9	Zelo močno bazična	10,1-11,0
Ekstremno kislila	<3,0	Ekstremno bazična	>11,0

V praksi štejemo k nevtralnim tlem vsa tla, ki so v območju pH vrednosti 6,5 do 7,5. Optimalen pH ni enak za vse tipe tal. Za lahka tla in tla, ki so bogata s humusom, je ugodnejša nižja pH vrednost (Leskošek, 1993).

2.1.4 Indikatorske rastline

V naravi lahko sklepamo na reakcijo tal že po združbi rastlin, ki na nekem rastišču uspevajo. Vsaka rastlinska vrsta najbolje uspeva v določenem pH območju vrednosti. Za številne rastlinske vrste je najugodnejša pH vrednost 6,0-7,0 oziroma v organskih tleh 5,5-6,0.

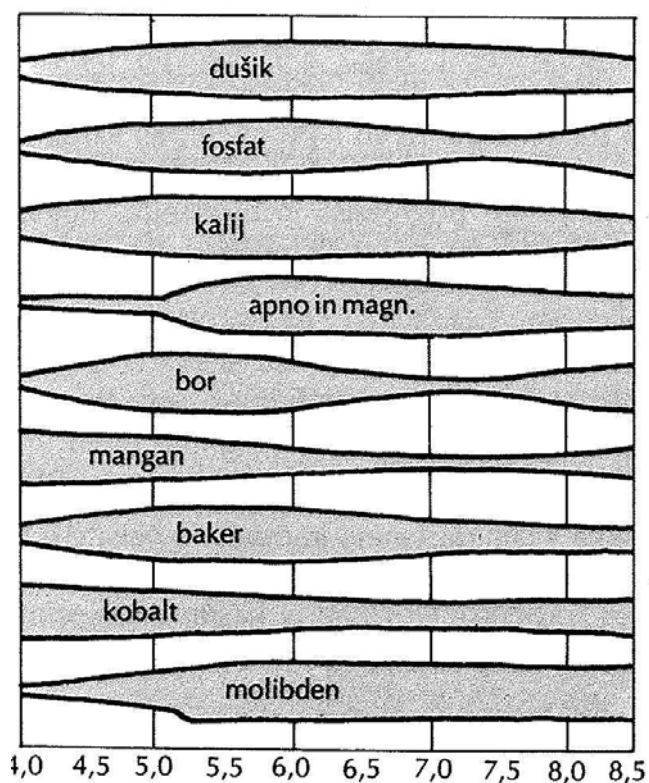
Preglednica 2: Indikatorske rastline (Tajnshek, 2005)

Acidofilne rastline	Bazifilne rastline
<p>Opozarjajo na pomanjkanje apna v tleh <i>Rumex acetosella</i>-mala kislica <i>Spergula arvensis</i>-njivski oklast <i>Viola tricolor</i>-divja vijolica <i>Trifolium arvense</i>-njivska detelja</p>	<p>Napovedovalci apna: Skupina ostrožnika <i>Dephinium consolida</i>-ostrožica <i>Melandrium noctiflora</i>-nočni slizek <i>Galium tricorntutum</i>-trirogljata lakota</p> <p>Skupina kolenke <i>Sherardia arvensis</i>-njivska rdečina <i>Avena fatua</i>-gluhi oves <i>Medicago lupulina</i>-hmeljna meteljka <i>Lithospermum arvense</i>-železnik <i>Lathyrus tuberosus</i>-gomoljasti grahor</p>
<p>Pleveli, ki najbolje uspevajo na kisljih tleh Združba kamilice: <i>Matricaria chamomilla</i>-prava kamilica</p> <p>Združba redkve: <i>Raphanus raphanistrum</i>-njivska redkev</p>	<p>Pleveli, ki najbolje uspevajo na apnenih tleh Skupina njivske gorjušice <i>Sinapsis arvensis</i>-njivska gorjušica <i>Papaver rhoeas</i>-poljski mak <i>Veronica persica</i>-perzijski jetičnik <i>Lamium purpureum</i>-škrlatnordeča mrtva kopriiva <i>Lamium amplexicule</i>-njivska mrtva kopriiva</p> <p>Skupina škrbinke ali mleča <i>Sonchus arvensis</i>-njivska škrbinka <i>Ranunculus arvensis</i>-njivska zlatica <i>Atriplex patula</i>-navadna loboda</p>
<p>Pleveli napovedovalci kisljih tal Skupina mešiča: <i>Scleranthus annuus</i>-enoletni mešič <i>Spergula arvensis</i>-nivski oklast <i>Rumex acetostella</i>-mala kislica</p> <p>Skupina zebrata: <i>Galeopsis tetrahit</i>-navadni zebrat <i>Stachys arvensis</i>-njivski čišljak <i>Lycopsis arvensis</i>-njivska zavratnica</p>	

Nekatere rastline in rastlinske združbe pa najdemo le na kisljih tleh (acidofilne) in druge le na bazičnih tleh (Preglednica 2). Združba značilnih skupin rastlin napoveduje kislost ali bazičnost nekega rastišča.

Kislost ima tudi velik vpliv na dostopnost hranil. Mnogi elementi nastopajo v tleh v različnih oblikah, kar je odvisno od pH tal. Rastline pa niso sposobne sprejemati vseh oblik hranil oziroma sprejemajo določene oblike lažje od drugih. Na primer fosfor je rastlinam najbolj dostopen v območju 6,0 do 7,0. V kisljih tleh fosfor reagira z železom in nastane netopen železov fosfat, v bazičnih tleh pa fosfor reagira s kalcijem in prav tako nastane

slabo topen kalcijev fosfat. V splošnem velja, da so vsa glavna hranila in Mo rastlinam najbolj dostopni v nevtralnem pH območju, elementi v sledovih pa bolj v kislem območju. V kislem območju lahko H^+ in Al^{3+} ioni izpodrinejo adsorpcijsko vezane Ca^{2+} , Na^+ , K^+ , Mg^{2+} in druge ione v raztopino, od koder se lahko izperejo.



Slika 1: Dostopnost rastlinskih hranil glede na pH vrednost (Leskošek, 1993: 117)

2.1.5 Adsorpcijski kompleks

V tleh se nahajajo koloidi z negativnim površinskim nabojem (glineni minerali). Njihov naboj se kompenzira z vezavo kationov iz talne raztopine (H^+ , K^+ , Na^+ , Ca^{2+} , Mg^{2+}). Koncentracija tako vezanih kationov je v ravnotežju s koncentracijo talne raztopine. Če se v talni raztopini poveča koncentracija določenega kationa, le ta izrine druge katione iz adsorpcijskega kompleksa, ki se vrnejo v talno raztopino.

2.1.6 Vrste kislosti

2.1.6.1 Aktivna kislost

Aktivna kislost zajema koncentracijo vodikovih ionov samo v talni raztopini in ne upošteva adsorpcijsko vezanih vodikovih ionov.

2.1.6.2 Potencialna kislost

Potencialna kislost zajema poleg vodikovih ionov v talni raztopini tudi adsorptivno vezane, ki jih določamo v talni raztopini po izmenjavi. Za izmenjavo se največkrat uporablja KCl. K^+ ioni izmenjajo H^+ ione, ki preidejo v talno raztopino. Izmenjavo lahko dosežemo tudi s $CaCl_2$ in $NaCl$. V zelo kislih tleh ($pH < 5$) prispevajo k potencialni kislosti tudi Al^{3+} ioni. Pri takih pogojih so namreč glineni minerali neobstojni in razpadajo. Iz kristalne rešetke se sproščajo Al^{3+} , ki se lahko adsorpcijsko vežejo in ponovno sproščajo v talno raztopino, kjer povzročajo disociacijo H^+ ionov. Aktivna kislost v zelo kislih tleh predstavlja le majhen del celokupne, večji del odpade na potencialno kislost.

2.1.6.3 Hidrolitska kislost

Hidrolitska kislost je potencialna kislost, ki jo določamo s pomočjo hidrolitsko alkalnih soli ($Ca(CH_3COO)_2$) in jo izražamo v me/100 g tal. S pomočjo hidrolitske kislosti se določa potreba po apnenju.

2.1.7 Načini merjenja pH vrednosti

pH lahko določimo kolorimetrično (uporaba pH indikatorjev) in elektrometrično. Indikatorji so šibke kisline oziroma baze, ki imajo v disociirani obliki drugačen absorpcijski spekter kot v nedisociirani. Barvni preskok se vrši pri določeni vrednosti pH. Spremembo barve lahko ugotovljamo kolorimetrično ali vizualno. Z indikatorji lahko določimo kislost tal od 0,2 do 0,5 enote natančno.

Električni pH meter je člen, sestavljen iz dveh polčlenov (elektrod): indikatorske, ki je prepustna za vodikove ione in referenčne, ki ima stalni potencial. Obe elektordi sta povezani z elektrolitskim ključem. Indikatorska elektroda je lahko vodikova, antimonova ali steklena, referenčna pa nasičena kalomelova, 0,1 N kalomelova ali srebrova. Ponavadi je indikatorska elektroda steklena, referenčna pa nasičena kalomelova. Elektrometrično lahko določimo pH na 0,1 enoto natančno.

2.2 ORGANSKA SNOV

Med organska gnojila prištevamo poleg gnojil živalskega izvora (hlevski gnoj, gnojnica, gnojevka) še rastlinske ostanke (žetveni in koreninski ostanki, podorine, kompost itd.). Približno 70-90% rastlinskih ostankov razkrojijo talne drobnoživke v procesu mineralizacije do preprostih kemičnih spojin (nitrati, fosfati, sulfati...). Ta hranila so enaka tistim iz mineralnih gnojil. 10-30% organskih rastlinskih ostankov, ki ne razpadejo povsem, ampak se po delnem razkroju spremeni v humus. Stopnja mineralizacije in humifikacije je odvisna predvsem od klimatskih razmer, zemljišča in C:N razmerja. Čim ožje je razmerje, tem večja je mineralizacija. Mineralizacijo pospešuje tudi obdelava tal. K zalogi humusa največ doprinesejo kompost, uležan hlevski gnoj ter žetveni ostanki, manj pa gnojevka ter podorine. Poraba humusa je tem večja, čim večji je delež okopavin v kolobarju (Tajnshek, 2005).

Organsko gnojenje izboljšuje strukturo tal, s čimer pospešuje nastajanje humusa in ohranja živico. Hkrati povečuje stabilnost strukturnih agregatov ter povečuje poroznost tal, s čimer

olajša obdelavo tal in izboljšuje ostale lastnosti tal, povečuje odpornost proti vetrni in vodni eroziji, izboljšuje gospodarjenje z vodo, predvsem povečuje koristno poljsko kapaciteto, v teh z veliko glin in melja olajša odtok odvečne vode. Humus veže 2-3 krat več vode kot glina, izboljšuje temperaturne lastnosti tal ter gospodarjenje s hranili, ker je potrebna manjša količina mineralnih gnojil.

2.2.1 Hlevski gnoj

Hlevski gnoj poleg nastilja (slama, listje itd.) sestavljata še živalsko blato in seč. Ena tona hlevskega gnoja vsebuje približno 75% vode, 5 kg N, 2,5 kg P₂O₅, 6 kg K₂O, 5 kg CaO, 2 kg MgO (Leskošek in Mihelič, 1998). Vendar je prednost hlevskega gnoja v primerjavi z mineralnimi gnojili v tem, da vsebuje mikroelemente, kot so: Mn, Cu, Co, B, Mo in Zn. Količina hranil v hlevskem gnoju je odvisna predvsem od deleža blata in seča, nege (pravilno skladiščenje, gnoj mora biti vedno vlažen), časa od razvoza gnoja in oranjem ter vrste hlevskega gnoja. Ob dobri negi so izgube iz hlevskega gnoja okrog 20%, pri slabi pa kar okrog 60%. Dušik se iz hlevskega gnoja izkoristi le 50-75% tako dobro kot iz mineralnih gnojil. Fosfor in kalij pa se iz hlevskega gnoja izkoriščata tako dobro kot iz mineralnih gnojil (Leskošek, 1988).

Gnojenje s hlevskim gnojem je odvisno od tega, koliko ga imamo na razpolago in koliko organske snovi se na leto mineralizira. Količino dušika, ki ga tlom damo v obliki organskih gnojil je z nitratno direktivo omejeno na 170 kg.ha⁻¹ N (Nitratna direktiva, 1996). Tako lahko damo okopavinam do 34 t.ha⁻¹ hlevskega gnoja na leto. Žitom ni priporočljivo gnojiti neposredno s hlevskim gnojem pred setvijo, ker žita potrebujejo uležano zemljo. Zato s hlevskim gnojem praviloma ne gnojimo direktno žit, ampak jih uporabimo v kolobarju pred okopavinami. Čas gnojenja s hlevskim gnojem je odvisen predvsem od vrste tal ter poljščine, kateri hlevski gnoj dajemo. Težjim tlom ga dajemo jeseni, lažjim pa spomladi.

2.2.2 Slama, žetveni in koreninski ostanki

Ob žetvi se poljščina sestoji iz glavnega pridelka (zrnje, gomolji itd) stranskega pridelka (slama, koruznica) in žetvenih ter koreninskih ostankov. Slama predstavlja stranski pridelek, ki ga po žetvi odpeljemo z njive ali zaorjemo. Žetveni in koreninski ostanki pa vedno ostanejo na njivi, zato jih po žetvi vdelaemo v tla (Tajnsšek, 2002). Ker je v Sloveniji vedno manj živinorejsko-poljedelskih kmetij, ostajajo stranski pridelki pogosto na njivah. Ko vso to organsko snov vdelaemo v tla, postane ta slama organsko gnojilo.

Pri obdelavi strnišča, na katerem bomo slamo zaorali, je priporočljivo, da pred oranjem strnišče pognojimo s približno 50 kg N.ha⁻¹ (gnojnica, gnojevka), ker mikroorganizmi pri razgradnji slame porabijo veliko N (C:N razmerje je pri slami 100-200:1). Če tega ne upoštevamo, potem lahko naslednjemu dosevku primanjkuje N (dušična depresija) ali pa se razgradnja slame upočasni ali celo ustavi. Za dobro razgradnjo mora biti slama, koruznica in ostali žetveni ostanki primerno zdrobljeni oziroma zrezani-krajša kot 20 cm (Buchner, Sturm, 1996). Optimalno količino dušika težko določimo, saj je to odvisno od vrste tal ter klimatskih razmer. Na splošno velja, da za 10 dt slame ali koruznice potrebujemo 10 kg dušika (Boguslawski, 1981).

2.2.3 Podorine

Ker se pri nas kmetijske panoge vedno bolj specializirajo, oziroma živinoreja prehaja na rešetkasti sistem reje, je vse manj hlevskega gnoja. Ker je tvorba humusa iz gnojevke $0,07 \text{ dt.m}^{-3}$, (pri hlevskem gnoju $0,5 \text{ dt.t}^{-1}$), tudi gnojevka ne zadosti potreb tal po organski snovi. Prav tako pa tudi slama in koruznica v celoti ne zadostita potreb po organski snovi. Zato je to organsko snov treba nadomestiti, največkrat s setvijo dosevkov, ki jih bomo potem zaorali. Kot podorine lahko sejemo rastline, ki nam dajo veliko zelene mase, kot so oljna redkev (*Raphanus sativus* var. *oleifera*), repica (*Brassica rapa* ssp. *oleifera* D.C.), bela gorjušica (*Sinapsis alba*) itd. poleg pridobivanja zelene mase ter s tem povezane organske snovi, služijo podorine tudi za preprečevanje izpiranja ostankov hranil (predvsem dušika) glavnega posevka v podtalje, zmanjšujejo vodno ter vetrno erozijo ter s svojim koreninskim sistemom služijo za premeščanje težje dostopnih hranil iz globljih plasti v plitvejši sloj. Največkrat imajo ti dosevki ozko C:N razmerje in služijo kot dobro razgradljiva hrana za talne organizme. Podorine se na splošno dobro odzovejo na gnojenje z dušikom, saj ima to dober vpliv na naslednji posevek. Kakšna je ta količina dušika, je odvisno od posamezne podorine. Tako lahko pri posameznih posevkih z optimalno količino dušika dosežemo v prvem letu po setvi teh dosevkov boljši vpliv kot pri gnojenju s hlevskim gnojem. Brez mineralnega gnojenja pa podorine, kot je na primer oljna repica, kažejo zelo majhen vpliv na naslednjo poljščino. Eksperimentalne in praktične izkušnje kažejo, da je rezultat dosevkov odvisen predvsem od vremenskih razmer v tistem letu ter tipa tal.

2.3 DUŠIK

Dušika je največ v zraku, kjer ga je okrog 79%. Vendar ta dušik rastlinam razen metuljnicam ni neposredno dostopen. Metuljnice s pomočjo simbiotskih fiksatorjev dušika v nodulih na koreninah metuljnic dušik iz zraka spreminjajo v mineralni dušik, ki je dostopen rastlinam ter s tem izboljšujejo rodovitnost tal. V tleh je dušik večinoma v talni organski snovi (humusu), le majhen del se ga nahaja v mineralni obliki, talni raztopini ali pa kot izmenljivi dušik v talnem sorptivnem kompleksu, kjer je vezan v medlamelarnih režah mineralov glin. Veliko nevarnost za druge ekosisteme oziroma okolje predstavlja velika mobilnost dušika v tleh, še zlasti če ga je v tleh preveč. Zato se soočamo tudi v Sloveniji s kontaminacijo podtalnice z N, ker se dušik izpira v globlje plasti, ali pa s procesom denitrifikacije v anaerobnih razmerah v obliki plina izhlapi v ozračje.

2.3.1 KAN-kalcijev amonijev nitrat

Kalcijev amonijev nitrat je pri nas najbolj razširjeno gnojilo (v nadaljevanju: KAN). KAN vsebuje dve obliki dušika: amonijsko (NH_4^+) in nitratno (NO_3^-) in sicer vsakega polovico (14%). Vsebuje tudi spremljajoča hranila (CaCO_3 - 20% in MgCO_3 - 4%). Amonij se veže na talne delce (glina, humus, fini melj) takoj, ko se raztopi zrnca KAN-a. Potem ga voda ne more takoj sprati iz območja korenin. Rastline lahko amonij sprejemajo le v manjšem obsegu. Večino amonija morajo najprej nitritacijske in nitratacijske bakterije v tleh oksidirati v nitrat, da je dostopen rastlinam. To pomeni, da amonijski del KANa deluje sorazmerno počasi. Nitrat pa se hitro raztopi v talni vlagi, rastline ga lahko veliko in hitro vsrkajo. Problem pri nitratu nastane, če ga rastline ali mikroorganizmi ne porabijo, saj se

sicer, zlasti v razmerah, ko iz tal odteka gravitacijska voda (ob deževju, hitrem taljenju snega), hitro izpira v nižje horizonte, podtalnico ali reke. V tem primeru ostane v zgornjih talnih plasteh prebitek vodikovih ionov in tako se tla zakislujejo. KAN uporabljamo predvsem za dognojevanje med rastno dobo rastlini ter gnojenje ob setvi. Boljši izkoristek dosežemo, če ga plitvo vdelamo v tla.

3 MATERIAL IN METODE DELA

3.1 ZASNOVA POSKUSOV V RAKIČANU IN NA JABLAH

Zasnova poskusa IOSDV Rakičan je bila postavljena tako, da bi lahko preučili dejavnike rodovitnosti tal v odvisnosti od sistema gospodarjenja (gnojenje, kolobar, tehnološki ukrepi) v območju panonske klime – in da bi bili rezultati primerljivi z rezultati v IOSDV Jable, ki je na območju predalpske klime. Poskus omogoča okvirni vpogled v višino, kakovost in trajnostnost pridelkov poljščin v ekološkem, integriranem in konvencionalnem kmetovanju, ter tudi s poudarkom na trajnost glede bilance dušika, humusa in strukture tal.

V zasnovi trajnega statičnega poskusa treh sistemov gospodarjenja je bila poskusna parcela razdeljena na tri poljine (I, II, III) in vsaka od njih še na dve podpoljini (sistem gospodarjenja), na katerih so v triletnem kolobarju ‘koruza – ozimna pšenica – ozimni ječmen’ vsako leto v treh ponovitvah (velikost osnovne parcele 30 m²) posejane vse tri poljščine, s tem se v devetih letih v obliki latinskega kvadrata (3 x 3) na vsaki poljini trikrat ponovi triletni poljski kolobar.

Tako so vsako leto na koruzi, pšenici in ječmenu preučevani naslednji sistemi gnojenja oziroma gospodarjenja (priloga D):

- brez vsakega gnojenja z organskimi gnojili: prodaja slame in silažne koruze (gospodarjenje A);
- zaoravanje 300 dt.ha⁻¹ hlevskega gnoja pred koruzo, 1 GVŽ/ha-1 (gospodarjenje B);
- zaoravanje slame, koruznice in oljne redkve, posejane po žetvi ozimnega ječmena-brez živine (gospodarjenje C).

V prvem letu je bila na poljini I posejana pšenica, na poljini II koruza in na poljini III ječmen. V naslednjih letih so si kot kolobarni členi na vsaki poljini koruza, pšenica in ječmen v Rakičanu, v Jablah pa koruza, pšenica in oves, sledili tako, da so v treh letih zaključili rotacijo triletnega kolobarja. Shema poskusa je prikazana na sliki 2.

3. blok	CN3		BN2		BN2		CN3		BN2		CN3
	CN2		BN1		BN1		CN2		BN1		CN2
	CN1		BN0		BN0		CN1		BN0		CN1
	CN0		AN0		AN0		CN0		AN0		CN0
	AN3		BN3		BN3		AN3		BN3		AN3
2. blok	CN2		BN1		BN1		CN2		BN1		CN2
	CN1		BN0		BN0		CN1		BN0		CN1
	CN0		AN0		AN0		CN0		AN0		CN0
	AN3		BN3		BN3		AN3		BN3		AN3
	CN3		BN2		BN2		CN3		BN2		CN3
1. blok	AN3		AN0		AN0		AN3		AN0		AN3
	CN3		BN3		BN3		CN3		BN3		CN3
	CN2		BN2		BN2		CN2		BN2		CN2
	CN1		BN1		BN1		CN1		BN1		CN1
	CN0		BN0		BN0		CN0		BN0		CN0
	Pšenica Slama		Pšenica Gnoj		Oves Gnoj		Oves Slama		Koruza Gnoj		Koruza Slama

Slika 2: Načrt poskusa IOSDV Jable, leto pridelave 2005/2006 (Tajšek, 2003: 21)

Gnojenje z dušikom (N) v sistemih B in C je obravnavano v štirih stopnjah intenzivnosti (N0, N1, N2, N3), sistem A pa le v dveh stopnjah intenzivnosti (N0 in N3). Shematsko je razčlenitev poskusa prikazana v preglednici 3, podrobna razporeditev obrokov dušika pa v preglednici 4.

Gnojenje s fosforjem in kalijem je enotno za vse stopnje gnojenja z mineralnim dušikom (N0, N1, N2, N3): ($75 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1} \text{ P}_2\text{O}_5$ in $160 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1} \text{ K}_2\text{O}$).

Na posameznih parcelah poljine I je bil naslednji kolobar:

- | | | |
|----------|--|----------|
| 1. leto: | - Koruza, koruznica odstranjena, brez hlevskega gnoja; | sistem A |
| | - Koruza, 30 t ha^{-1} hlevskega gnoja, koruznica odstranjena; | sistem B |
| | - Koruza, koruznica podorana; | sistem C |
| 2. leto: | - Ozimna pšenica, pšenična slama odstranjena; | sistem A |
| | - Ozimna pšenica, slama odstranjena (prejšnje leto gnoj); | sistem B |
| | - Ozimna pšenica, slama podorana; | sistem C |

3. leto: - Ozimni ječmen, ječmenova slama odstranjena; sistem A
 - Ozimni ječmen, slama odstranjena (pred 2. letoma gnoj) sistem B
 - Ozimni ječmen, slama in podorana, oljna redkev podorana sistem C

Preglednica 3: Gospodarjenje in gnojenje z N (kg.ha⁻¹) v IOSDV Rakičan in IOSDV Jable (Tajnsšek, 2003: 20)

Gnojenje z mineralnim N	KORUZA	PŠENICA	JEČMEN
Sistem gospodarjenja A: <u>Brez organskega gnojenja</u>			
N0	0	0	0
N3	300	195	165
Sistem gospodarjenja B: <u>300 dt/ha gnoja pred koruzo</u>			
N0	0	0	0
N1	100	65	55
N2	200	130	110
N3	300	195	165
Sistem gospodarjenja C: <u>Slama/koruznica/podor oljne redkve</u>			
N0	Ječmenova slama	Koruznica:	Pšenična slama:
N1	+ 60 kg N/ha + podor oljne redkve: <u>Pognojeno koruzi</u>	<u>Pognojena pšenici</u>	<u>Pognojena ječmenu</u>
N2			
N3	V sistemu gospodarjenja C so pri vseh kolobarnih členih obroki N v stopnjah N1, N2 in N3 enaki kot v sistemu B		

Preglednica 4: Gnojenje z mineralnim N posameznim poljščinam v IOSDV Rakičan in IOSDV Jable (Tajnsšek, 2003: 20)

Poljščina	Stopnja N1 (kg N/ha)	Stopnja N2 (kg N/ha)	Stopnja N3 (kg N/ha)
Koruzna	100 (Meier 00)	100 (Meier 00) 100 (Meier 26)	150 (Meier 00) 150 (Meier 26)
Ozimna pšenica	65 (EC 21/22)	75 (EC 21/22) 55 (EC 31/32)	80 (EC 21/22) 80 (EC 31/32) 35 (EC 45/50)
Ozimni ječmen	55 (EC 21/22)	55 (EC 21/22) 55 (EC 31/32)	70 (EC 21/22) 70 (EC 31/32) 25 (EC 45/50)

3.1.1 IOSDV Rakičan

IOSDV Rakičan pri Murski Soboti (46°38'N, 14°11'E, 184 m nad morjem) je bil zasnovan jeseni leta 1992. Lokacija leži na jugozahodnem robu panonskega klimatskega območja. Poskusnemu mestu IOSDV Rakičan najbližje leži lokacija IOSDV Keszthely ob južni obali Blatnega jezera na Madžarskem (oddaljena 90 km, smer severovzhod). Jugozahodno od Rakičana leži druga najbližja lokacija poskusov IOSDV, in sicer okoli 190 km oddaljeni poskus IOSDV Jable pri Ljubljani. Le-ta je že pod vplivom predalpskega klimatskega območja. Naslednji najbližji lokaciji IOSDV poskusov sta v Linzu (predalpsko klimatsko območje) in Novem Sadu (panonsko klimatsko območje). Od vseh IOSDV poskusov je poskus v Rakičanu najbolj primerljiv z lokacijo v Keszthely-ju (Tajnsšek, 2000).

3.1.1.1 Klima in vremenske razmere v Rakičanu

Iz preglednice 5 je razvidno, da se je v zadnjih desetletjih količina letnih padavin zmanjšala za približno 7%, s tendenco vse večje oscilacije padavin med leti. Povprečna letna temperatura se je v obdobju poteka poskusa v primerjavi z dolgoletnim povprečjem povečala za okoli 0,6 °C. V zadnjih treh letih so bile temperature in padavine dokaj zmerne.

Preglednica 5: Klimatski podatki za IOSDV Rakičan (1993-2006) (Tajnsšek, 2006: 9)

MURSKA SOBOTA 1951-94

Mesec	Jan	Feb	Mar	Apr	Maj	Jun	Jul	Avg	Sep	Okt	Nov	Dec	Povpr
[°C]	-2	0,5	5	9,8	14,6	17,8	19,5	18,6	14,9	9,4	4,2	-0,5	9,3
[mm]	34	36	47	58	71	98	100	100	76	70	73	47	810
1993													
Mesec	Jan	Feb	Mar	Apr	Maj	Jun	Jul	Avg	Sep	Okt	Nov	Dec	Leto
[°C]	-0,1	-0,5	4,7	10,5	17,4	19,3	20,0	19,8	14,9	11,8	1,4	0,3	10,0
[mm]	5	2	16	32	39	66	50	86	93	103	88	89	669
1994													
Mesec	Jan	Feb	Mar	Apr	Maj	Jun	Jul	Avg	Sep	Okt	Nov	Dec	Leto
[°C]	3,2	2,3	9,2	10,2	15,2	19,0	20,9	21,1	17,3	8,1	6,7	0,7	11,2
[mm]	17	27	28	122	62	117	89	194	76	141	51	58	982
1995													
Mesec	Jan	Feb	Mar	Apr	Maj	Jun	Jul	Avg	Sep	Okt	Nov	Dec	Leto
[°C]	0,2	4,7	5,1	11,0	15,0	17,4	21,9	18,6	14,1	10,5	6,4	0,1	10,4
[mm]	32	99	122	34	99	114	63	104	151	1	43	60	922
1996													
Mesec	Jan	Feb	Mar	Apr	Maj	Jun	Jul	Avg	Sep	Okt	Nov	Dec	Leto
[°C]	-2,1	-3,5	2,0	10,5	16,2	19,1	18,4	19,0	12,4	10,7	7,2	-2,4	9,0
[mm]	70	42	14	108	108	136	136	89	156	71	53	43	1026
1997													
Mesec	Jan	Feb	Mar	Apr	Maj	Jun	Jul	Avg	Sep	Okt	Nov	Dec	Leto
[°C]	-2,5	2,5	5,2	7,6	16,3	19,1	19,3	19,4	14,8	7,5	5,2	1,6	9,7
[mm]	42	8	15	25	71	114	127	95	36	16	67	74	690

Se nadaljuje

Nadaljevanje

1998

Mesec	Jan	Feb	Mar	Apr	Maj	Jun	Jul	Avg	Sep	Okt	Nov	Dec	Leto
[°C]	1,6	4,2	4,4	11,3	15,1	19,4	20,3	20,1	15,0	11,2	2,6	-4,1	10,1
[mm]	5	0	39	61	38	82	120	105	157	82	122	29	840

1999

Mesec	Jan	Feb	Mar	Apr	Maj	Jun	Jul	Avg	Sep	Okt	Nov	Dec	Leto
[°C]	-1,2	0,3	7,5	11,4	15,9	18,5	20,7	19,0	17,3	10,8	2,5	-0,2	10,2
[mm]	16	38	55	59	148	94	67	89	21	59	57	70	775

2000

Mesec	Jan	Feb	Mar	Apr	Maj	Jun	Jul	Avg	Sep	Okt	Nov	Dec	Leto
[°C]	-3,5	3,7	6,5	13,7	16,9	20,3	19,4	22,0	15,4	12,3	8,3	2,5	11,5
[mm]	5	20	41	37	58	46	88	13	90	89	90	74	651

2001

Mesec	Jan	Feb	Mar	Apr	Maj	Jun	Jul	Avg	Sep	Okt	Nov	Dec	Leto
[°C]	1,3	3,6	8,5	9,5	17,2	17,7	21,1	21,5	13,8	13,2	2,8	-4,2	10,5
[mm]	38	1	73	68	32	101	35	17	181	23	33	21	623

2002

Mesec	Jan	Feb	Mar	Apr	Maj	Jun	Jul	Avg	Sep	Okt	Nov	Dec	Leto
[°C]	-0,6	5,0	7,1	9,8	17,6	20,6	21,4	19,9	14,4	10,7	8,4	0,4	11,2
[mm]	9	29	20	91	82	85	121	85	46	88	31	66	753

2003

Mesec	Jan	Feb	Mar	Apr	Maj	Jun	Jul	Avg	Sep	Okt	Nov	Dec	Leto
[°C]	-3,3	-3,1	5,4	9,5	18,0	23,0	22,1	24,0	14,6	8,0	7,1	0,2	10,5
[mm]	32	18	2	32	41	29	74	48	98	97	29	25	525

2004

Mesec	Jan	Feb	Mar	Apr	Maj	Jun	Jul	Avg	Sep	Okt	Nov	Dec	Leto
[°C]	-1,6	1,3	4,3	10,7	13,5	18,0	19,9	19,9	14,5	11,9	4,6	0,3	9,8
[mm]	48	31	77	66	68	155	36	98	62	99	39	26	805

2005

Mesec	Jan	Feb	Mar	Apr	Maj	Jun	Jul	Avg	Sep	Okt	Nov	Dec	Leto
[°C]	-0,9	-3,3	3,1	10,9	15,9	19,0	20,3	18,0	15,9	10,7	3,6	-0,3	9,4
[mm]	9	48	31	68	60	84	144	218	76	3	61	66	868

2006

Mesec	Jan	Feb	Mar	Apr	Maj	Jun	Jul	Avg	Sep	Okt	Nov	Dec	Leto
[°C]	-5,1	-0,4	4,2	11,2	14,9	19,3	22,3	17,5	16,3	12,2	6,8	2,4	10,1
[mm]	41	23	44	103	168	103	67	184	38	23	40	18	852

Ker znaša v Rakičanu v poletnih mesecih - zaradi visokih temperatur - potencialna evaporacija 5-7 mm, sklepamo, da je voda najpomembnejši omejitveni dejavnik za pridelovanje pšenice in koruze, medtem ko ozimni ječmen dozori še pred glavno poletno sušo.

3.1.1.2 Tla

Lokacijo IOSDV Rakičan pedološko opredeljuje nastanek tal na temelju aluvijalni rečnih naplavin rek Mura in Ledava. Takšna tla so torej nastala v postglacialnem obdobju na ilovnatem pesku iz mečanic karbonatnih in silikatnih kamenin imenovanih rek (FAO klasifikacija: Eutric Fluvisol (FLe)). Po slovenski klasifikaciji spadajo med izprana rjava tla. Kemične in fizikalne lastnosti tal so prikazane v preglednici 6. pH vrednost je v Rakičanu leta 1993 znašala 7,04.

Preglednica 6: Kemične in fizikalne lastnosti lokacije IOSDV Rakičan leta 1993 (Tajnshek, 2003: 11)

<i>Vrsta tal: ilovnat pesek (apnenci in silikati)</i>		<i>FAO klasifikacija: Eutric Fluvisol (ELe)</i>
<i>Kemijske lastnosti tal:</i>		
Vsebnost C _{org}	0,926%	
Vsebnost N _{org}	0,098%	
Razmerje C/N	9,5	
pH - vrednost	7,04	
Fosfor (P _{CAL})	13,9 mg / 100 g tal	
Kalij (K _{CAL})	17,4 mg / 100 g tal	
Magnezij (Mg _{CaCl2})	8,7 mg / 100 g tal	
Izmenjalna kapaciteta	18,3 mval 100 g tal	
<i>Fizikalne lastnosti tal</i>		
Glina	<2,0 μm	14,67%
Fini melj	6,3-2,0 μm	5,68%
Srednji melj	20-6,3 μm	7,80%
Grobi melj	63-20 μm	17,72%
Fini pesek	200-63 μm	38,11%
Srednji pesek	630-200 μm	15,31%
Grobi pesek	2000-630 μm	0,62%
Specifična gostota		2,70 g / cm ³
Gostota talnega sloja		1,61 g / cm ³
Poljska kapaciteta tal za vodo (PK) do 135 cm		21,7 V%
Točka permanentnega venenja (KPK) do 135 cm		9,3 V%

Opis pedološke jame do globine 135 cm je naslednji (Tajnshek, 2003):

Ap, 0-22 cm, temnorjav ilovnat pesek, fino mrvičaste strukture, slabo humozen (<2%), se hitro osuši, suhe konzistence. Dobro prekoreninjen. Poljska kapaciteta za vodo (PK) 33,8%V (70 mm).

A1, 22-37 cm, svetlo rjavi meljasti pesek pod ornico, humusa <1%; glinastih delcev manj, ker so izprani v nižje horizonte. Prekoreninjenost manjša. PK je 30,3%V (45 mm).

Bt, 37-62 cm, intenzivno rjave do rdečerjave barve, meljasta ilovica, obogatena z izpranimi glinastimi delci. Posamezne korenine, humus v sledovih (<0,7%) PK, je 30,5%V (76 mm).

Bv, 62-89 cm, intenzivno rjav ilovnat melj, marmoriran sloj, do višine 80 cm pod površjem tal tudi sredi največje poletne suše vlažna konzistenca. V spodnjem delu horizonta posamezni skeletni vložki do debeline 2,5 cm. Redke korenine, humusa (<0,5%), PK je 32,7%V (88 mm).

Cv, 89-135 cm+, pretežno prodnat skelet, vlažne konzistence, rjavosive barve. Humusa ni, korenine izjemoma. V zimskem obdobju se podtalnica dviga do tega horizonta. PK je 4%V (20 mm).

Do globine 135 cm znaša koristna poljska kapaciteta za vodo (KPK) okoli 190 mm. Odvisno od letnega časa leži raven podtalnice 2 - 3 m pod površino tal.

Tla ležijo na za njivsko pridelavo ugodnem območju; vsekakor pa se pojavljajo pogosta nihanja količine letnih padavin in temperatur, temu sorazmerno nihajo tudi pridelki poljščin med posameznimi leti. Glavne poljščine širšega območja Rakičana so koruza, pšenica in ječmen.

3.1.2 IOSDV Jable

IOSDV Jable (46°8'N, 14°34'E, 305 m nad morjem) je bil postavljen 1992. Jable ležijo 10 km severovzhodno od Ljubljane, v predalpskem območju ljubljanske kotline, južno od Karavank in Kamniško-Savinjski Alp. Poskus je bil postavljen kot dvojček v paru s severovzhodno okoli 190 km oddaljenim IOSDV poskusom v Rakičanu. Enaka zasnova obeh poskusov omogoča študijo vpliva klime in agrotehničnih ukrepov na pridelek in kakovost poljščin kakor tudi vpliv različnih agrotehničnih ukrepov na spremembo nekaterih talnih lastnosti.

3.1.2.1 Klima in vremenske razmere v Jablah

Vremenske razmere za IOSDV Jable, prikazane v preglednici 8, se nanašajo na podatke v 10 km oddaljeni hidrometeorološki postaji Brnik.

Kot je razvidno iz preglednice 8, je znašala dolgoletna (1951-1994) povprečna letna količina padavin 1348 mm in srednja letna temperatura v istem obdobju 8,4°C. V primerjavi z dolgoletnim povprečjem pa je bila v obdobju 1993-2002 povprečna letna temperatura za 0,9°C višja (9,3°C). Isto velja za padavine. Količina le-teh se je, v primerjavi z dolgoletnim povprečjem, v Jablah zmanjšala bolj kot v Rakičanu in sicer za 114 mm letno (za 8,5%). Največje zmanjšanje je bilo v mesecih februar in marec, medtem ko se je v septembru količina padavin celo povečala. Bolj kot poletni padavinski maksimum (junij) postaja izrazit jesenski padavinski maksimum, le-ta lahko privede do poplav in kot posledice prevlažnih tal, kar otežuje kakovostno pripravo setvišča za ozimine. Ne glede na to so v zadnjem obdobju tudi v Jablah posamezni meseci ali kar celotni letni časi, ko je padavin občutno premalo. Ker imajo strnine plitev in šopast koreninski sistem, suša tudi v Jablah zmanjšuje pridelek. Ob suši se namreč vrhnji sloj ilovnato meljastih tal zaskorji in zaradi izsuševanja razpoka, čeprav je v globini pod 15 cm lahko zemlja že vlažna.

Za zmanjšanje pridelka koruze pa je zaradi visokih poletnih temperatur neugoden kateri koli mesec od maja do avgusta, če je padavin premalo. Vendar pa si na lokaciji IOSDV Jable koruza zaradi globokega koreninskega sistema lahko zagotovi zadovoljivo količino vode iz globljih plasti oglejenih tal, zato so pridelki koruze praviloma visoki (nad 9 t/ha), četudi je leto sušno.

Preglednica 7: Klimatski podatki za IOSDV Jable (Meteor. postaja Brnik, 1993-2006) (Tajnšek, 2006: 17).

Dolgoletno povprečje po mesecih 1951-1994													
Mesec	Jan.	Feb.	Mar.	April	Maj	Junij	Julij	Avg.	Sep.	Okt.	Nov.	Dec.	Povprečje
[°C]	-2,2	-0,3	3,7	8,2	13,4	16,7	18,8	18,0	14,1	8,7	3,3	-1,1	8,4
[mm]	67	75	94	105	105	148	124	130	124	132	147	97	1348
Povprečje klimatskih podatkov za obdobje 1993-2006													
1993													
Mesec	Jan	Feb	Mar	Apr	Maj	Jun	Jul	Avg	Sep	Okt	Nov	Dec	Leto
[°C]	-0,3	0,1	4,2	10,0	16,4	18,5	18,2	18,9	13,2	10,2	1,5	0,3	9,3
[mm]	0	1	34	52	25	107	72	54	147	252	106	94	944
1994													
Mesec	Jan	Feb	Mar	Apr	Maj	Jun	Jul	Avg	Sep	Okt	Nov	Dec	Leto
[°C]	2,0	1,1	7,9	8,3	13,4	17,6	20,3	30,1	15,3	7,5	6,3	0,6	10,0
[mm]	62	70	33	99	82	75	90	148	73	122	44	66	964
1995													
Mesec	Jan	Feb	Mar	Apr	Maj	Jun	Jul	Avg	Sep	Okt	Nov	Dec	Leto
[°C]	-1,1	2,1	3,4	8,9	13,1	15,3	20,4	17,3	12,6	10,1	3,8	0,1	8,8
[mm]	65	108	81	26	102	184	76	210	299	4	79	101	1335
1996													
Mesec	Jan	Feb	Mar	Apr	Maj	Jun	Jul	Avg	Sep	Okt	Nov	Dec	Leto
[°C]	-1,9	-2,8	1,0	8,6	14,4	18,1	17,4	17,8	12,1	9,3	6,2	-2,4	8,2
[mm]	82	108	14	110	123	142	139	179	104	160	201	73	1435
1997													
Mesec	Jan	Feb	Mar	Apr	Maj	Jun	Jul	Avg	Sep	Okt	Nov	Dec	Leto
[°C]	-1,6	0,9	5,0	6,7	14,2	17,2	18,3	18,3	14,4	7,8	4,0	1,0	8,9
[mm]	110	21	17	60	74	158	110	99	87	19	198	190	1143
1998													
Mesec	Jan	Feb	Mar	Apr	Maj	Jun	Jul	Avg	Sep	Okt	Nov	Dec	Leto
[°C]	1,1	2,4	3,7	9,5	13,9	19,0	19,8	19,9	14,2	9,8	2,2	-5,0	9,2
[mm]	28	3	49	143	37	86	261	123	175	282	122	37	1346
1999													
Mesec	Jan	Feb	Mar	Apr	Maj	Jun	Jul	Avg	Sep	Okt	Nov	Dec	Leto
[°C]	-1,5	-1,8	5,2	9,6	14,8	17,3	19,2	18,6	16,1	10,3	1,4	-1,5	9,0
[mm]	49	96	73	126	143	200	183	126	61	82	104	148	1391
2000													
Mesec	Jan	Feb	Mar	Apr	Maj	Jun	Jul	Avg	Sep	Okt	Nov	Dec	Leto
[°C]	-3,6	2,3	5,0	11,4	14,9	18,4	19,4	19,3	14,3	11,2	7,2	3,1	10,2
[mm]	6	10	136	52	137	118	144	52	96	169	383	136	1439
2001													
Mesec	Jan	Feb	Mar	Apr	Maj	Jun	Jul	Avg	Sep	Okt	Nov	Dec	Leto
[°C]	2,1	2,0	6,8	7,9	15,2	16,6	19,4	20,2	12,1	12,0	1,9	-4,3	9,3
[mm]	153	19	218	107	78	101	90	16	220	78	57	34	1171
2002													
Mesec	Jan	Feb	Mar	Apr	Maj	Jun	Jul	Avg	Sep	Okt	Nov	Dec	Leto
[°C]	-3,6	2,4	6,1	8,5	15,0	19,2	19,4	18,4	13,1	9,8	7,9	1,6	9,8
[mm]	17	70	29	121	96	152	86	187	104	144	135	36	1177
2003													
Mesec	Jan	Feb	Mar	Apr	Maj	Jun	Jul	Avg	Sep	Okt	Nov	Dec	Leto
[°C]	-1,4	-3,2	4,6	8,6	15,9	21,6	20,7	22,2	13,4	7,4	6,6	0,2	9,7
[mm]	89	38	1	77	53	57	56	98	89	183	167	103	1011

Se nadaljuje

Nadaljevanje

2004

Mesec	Jan	Feb	Mar	Apr	Maj	Jun	Jul	Avg	Sep	Okt	Nov	Dec	Leto
[°C]	-1,5	0,3	2,2	9,0	12,2	16,9	18,6	18,6	13,8	11,5	3,9	0,0	8,8
[mm]	88	117	97	132	135	180	132	177	110	219	83	150	1620

2005

Mesec	Jan	Feb	Mar	Apr	Maj	Jun	Jul	Avg	Sep	Okt	Nov	Dec	Leto
[°C]	-2,4	-3,2	2,5	8,8	14,6	18,3	19,3	17,1	15,0	10,2	3,9	-2,6	8,5
[mm]	1	49	62	135	84	92	224	282	183	107	147	141	1507

2006

Mesec	Jan	Feb	Mar	Apr	Maj	Jun	Jul	Avg	Sep	Okt	Nov	Dec	Leto
[°C]	-4,5	-1,9	2,1	9,4	13,6	18,7	21,5	16,3	15,7	11,0	6,3	2,6	9,2
[mm]	49	59	122	122	143	73	55	179	73	54	49	86	1064

3.1.2.2 Tla

Tla v IOSDV Jable so globoka, težka hidromorfna (FAO klasifikacija: *umbric Planosols (Plu)*) iz silikatnih in apnenčevih kamenin.

Preglednica 8: Kemične in fizikalne lastnosti lokacije Jable v letu 1993 (Tajnšek, 2003: 16)

<i>Vrsta tal: ilovnati melj (silikat in dolomit)</i>	<i>FAO klasifikacija: umbric Planosols (Plu)</i>	
<i>Kemijske lastnosti tal</i>		
Vsebnost C _{org}	1,432%	
Vsebnost N _{org}	0,169%	
Razmerje C/N	8,5	
pH - vrednost	5,4	
Fosfor (P)	6,2 mg / 100 g tal	
Kalij (K)	12,7 mg / 100 g tal	
Magnezij (Mg)	14,3 mg / 100 g tal	
Izmenjalna kapaciteta	23,6 mval 100 g tal	
<i>Fizikalne lastnosti</i>		
Glina	<2,0 µm	16,77%
Fini melj	6,3-2,0 µm	13,43%
Srednji melj	20-6,3 µm	17,47%
Grobi melj	63-20 µm	24,63%
Fini pesek	200-63 µm	23,22%
Srednji pesek	630-200 µm	3,98%
Grobi pesek	2000-630 µm	0,51%
Specifična gostota	2,60 g / cm ³	
Gostota talne plasti	1,55 g / cm ³	
Poljska kapaciteta za vodo (PK) do 140 cm	36,3 V%	
Točka permanentnega venenja (KPK) do 140 cm	14,1 V%	

Tip tal je psevdoglej-glej, globok, zmeren. Vrsta tal je ilovnati melj. Ob zasnovi poskusa (1992/93) smo po ponovitvah blokov odvzeli vzorce tal do globine 30 cm za analizo fizikalnih in kemijskih lastnosti tal (preglednica 8). pH vrednost je na Jablah znašala leta 1993 5,4.

Opravljen je bil opis pedološke jame do globine 140 cm (Tajšek, 2003). Tla sestavljajo naslednje kombinacije horizontov:

Ap, 0-30 cm, temno rjava (10YR3/3) ilovica; oreškaste strukture, dobro izražena in srednje obstojna, konzistence je dobro drobljive. Je srednje humozen, korenine so srednje goste.

Abv1, 30-47 cm, rumeno rjava (10YR5/6), ilovnat melj, drobno poliedrične strukture, ki je srednje izražena in slabo obstojna. Po konzistenci je horizont gost, zbit in teže drobljiv. Po vsebnosti vlage je svež. Je slabo humozen, organska snov je razporejena po rovih korenin. Korenine se pojavljajo posamezno.

ABv2, 47-65 cm, rumeno rjavi (10YR5/8) ilovnati melj, drobno poliedrične strukture, ki je srednje izražena in slabo obstojna. Je goste in drobljive konzistence. Horizont je svež do vlažen. Organska snov se pojavlja le po rovih korenin, korenine so posamezne.

Bg, 65-82 cm, olivno rjava (2,5Y4/4) in močno rjava (7,5YR5/7) marmorirana meljasta ilovica z večjim deležem melja, drobno poliedrične strukture, ki je slabo izražena in slabo obstojna. Zemlja je gosta in drobljiva. Horizont je vlažen, izjemoma se pojavlja organska snov v rovih in posamezne korenine. Marmoracija je slabo izražena.

Ab, 82-96 cm, temno rumeno rjava (10YR4/4) glinasta ilovica do glina, drobno poliedrične strukture, ki je slabo izražena in slabo obstojna. Konzistence je goste in gnetljive. Horizont je vlažen, izjemoma se pojavljajo posamezne korenine. V zgornjem delu horizonta (v globini 82-87 cm) vsebuje do 15% skeleta, velikosti do 2 cm. Je rahlo marmoriran, vsebuje slabo izražene Mn prevleke.

G1, 96-108 cm, svetlo olivno rjava (2,5Y5/4) meljasto glinasta ilovica, nestrukturna, gosta in gnetljiva. Horizont je vlažen, pojavlja se zelo slabo izražena marmoracija. Posamezne korenine.

G2, 108-118 cm, svetlo olivno rjava (2,5Y5/4) meljasto glinasta ilovica, nestrukturna, gosta in gnetljiva. Horizont je zelo gost in teže gnetljiv. Je vlažen do moker, pojavlja se srednje izražena marmoracija. Posamezne korenine. Redek skelet.

G3, 118-140+ cm, svetlo olivno rjava (2,5Y5/4) glina do glinasta ilovica, lističasta. Gladina podtalnice je na globini 2,5-3 m. Ob dolgotrajnejšem deževju se gladina podtalnice zaradi premajhne odtočne sposobnosti vodnih kanalov in slabe propustnost tal za krajši čas (1-2 dneva) dvigne do površja tal.

Posplošeno lahko pedoklimatske razmere rastišča ocenimo kot ugodna zlasti za pridelovanje koruze in pšenice.

3.2 MERJENJE pH VREDNOSTI

V poljedelskem laboratoriju Katedre za poljedelstvo in sonaravno kmetijstvo smo določili pH vrednosti vzorcev tal iz vseh osnovnih parcel IOSDV Jable in Rakičan. pH vrednosti smo ugotavljali po metodi s kalcijevim kloridom (Hoffmann, 1991).

3.2.1 Jemanje in priprava vzorcev

Vzorci tal smo odvzeli iz vseh parcel na Jablah (30 parcel) ter Rakičanu (30 parcel) takoj po žetvi pšenice leta 2006. Na Jablah je bilo to na poljini I, v Rakičanu pa na poljini III. Vzorce smo jemali s sondo za jemanje vzorcev za Nmin metodo. Na vsaki parceli smo vzeli po dva podvzorca, globine od 0-30 cm, 30-60 cm ter 60-90 cm. Tako smo dobili 90 vzorcev.

Nato je sledilo sušenje vzorcev do zračno suhih. Nato smo vzorce presejali na sito 2 mm (večje grudice smo strli v tarilnici). Ko so bili vzorci pripravljeni, smo natehtali od vsakega vzorca po 10 g ter jih dali v čašo ter prelili s 25 ml CaCl_2 . Vzorce smo pustili nekaj časa stati, nato smo jih v 30 minutah nekajkrat premešali.

3.2.2 Priprava kalcijevega klorida

V 1l deionizirane H_2O raztopimo 1,47g $\text{CaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$. Preverimo pH vrednost, ki mora biti med 5.0 in 6.5. Po potrebi uravnavamo pH vrednost s $\text{Ca}(\text{OH})_2$ oziroma s HCl .

3.2.3 Kalibracija pH metra

Za meritev smo uporabili namizni pH meter znamke Eutech CyberScan pH 510. To je mikroprocesorsko voden merilnik z uporabo tehnologije ASIC (Application Specific Integrated Circuit-tiskano vezje za specifično uporabo). Eutech CyberScan pH 510 lahko meri pH, koncentracijo ionov in temperaturo.

Eutech CyberScan pH 510 omogoča večtočkovno kalibracijo, kar precej izboljša natančnost meritev v celem merilnem območju. Tritočkovna kalibracija omogoča fleksibilnost kalibracij z USA standardi. Za kalibracijo pH metra smo uporabili pufre proizvajalca Merck. Uporabili smo tri USA standardne raztopine z vrednostmi: pH 7,00, pH 10,01 in pH 4,01. Najprej smo izvedli kalibracijo temperature tako, da smo temperaturno tipalo pomočili v raztopino z znano temperaturo, dokler se temperatura ne stabilizira. Nato je sledila kalibracija pH metra. Najprej s standardno raztopino s pH vrednostjo 7,00, nato še z vrednostjo 10,01 ter 4,01.

Dovoljeni odkloni pri umeritvi so podana v preglednici 9.

Preglednica 9: Odkloni pH vrednosti pri kalibraciji pH metra

Pufer	pH
4,01	+/-1,00
7,00	+/-1,50
10,01	+/-1,00

Nato so sledile meritve vzorcev. Meritev je potekala tako, da smo med merjenjem raztopino mešali. Meritev je potekala, dokler se pH vrednost ni ustalila. Vsako meritev smo ponovili trikrat ter nato upoštevali povprečje teh treh meritev.

3.2.4 Statistična analiza

Rezultate smo statistično iz vrednotili (analiza variance, kot dvofaktorski poskus) s programom »Statgraphich Plus for Windows 4.0«, grafično pa smo jih predstavili s programom »MS Office Excel 2003«.

V dvofaktorskem poskusu v bločni zasnovi s tremi ponovitvami (slika 2), je bil prvi faktor obravnavanje v 10 variantah), drugi faktor pa je bil globina vzorčenja (tri globine).

Poskus je bil izveden v treh blokih. Vrednotili smo pH vrednost.

Za testiranje razlik med obravnavanji smo uporabili Duncanov test pri 5% tveganju trditve ($p=0,05$).

Obrazložitev obravnavanj v poskusih IOSDV Jable in Rakičan je podana v prilogi D.

4 REZULTATI

4.1 pH VREDNOST PO OBRAVNAVANJIH

Po pričakovanju med obravnavanji in globino vzorčenja na nobeni lokaciji ni bilo statistično značilne interakcije (Preglednici 10 in 12).

Iz priloge A2 je razvidno, da se na Jablah z globino pH vrednost povečuje v vseh variantah. Ob vzorčenju, spomladi leta 2006, se je pH vrednost znašala v naslednjih razponih: v globini 0 - 30 cm v razponu 5,72 - 5,93, v globini 30-60 cm 5,88 - 6,14 in v globini 60-90 cm je bila 6,08 - 6,26. Podobno povečevanje vrednosti pH (=zmanjševanje kislosti tal), sorazmerno s povečevanjem globine tal, smo ugotovili tudi na lokaciji v Rakičanu. Tu je v vrhnji plasti pH vrednost znašala 5,81 - 6,25, v srednji plasti 6,05 - 6,28 ter v globini 60-90 cm od 6,01 - 6,41 (priloga A 1).

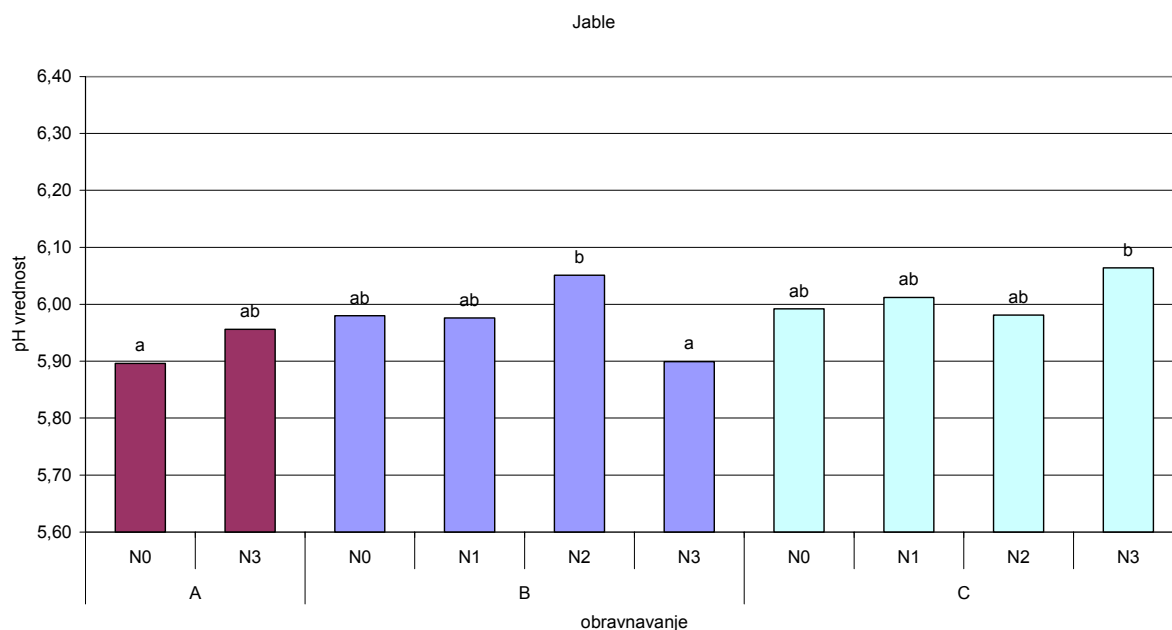
Z ANOVA za dvofaktorski poskus (obravnavanje, globina) smo izračunali vpliv obravnavanja (10 gnojilnih variant) in globine (tri globine) na pH vrednost. Rezultati so pokazali, da na lokaciji Jable obstajajo statistično značilne razlike (preglednica 10) med obravnavanji ($p=0,03$) in med globinami ($p=0,000$). Za to lokacijo so na sliki 3 prikazane povprečne pH vrednosti po vseh treh globinah in njihova statistična značilnost v medsebojni primerjavi (glej prilogo B). Razvidno je, da je v primerjavi z drugimi obravnavanji, pH vrednost največja v gnojilnih variantah BN2 (=gnoj + 147 kg N.ha⁻¹.a⁻¹) in CN3 (slama + 220 kg N.ha⁻¹.a⁻¹), pri katerih je kislost značilno manjša kot v kontroli AN0 (=brez vsakega gnojenja) in gnojilni varianti BN3 (= gnoj, 220 kg N.ha⁻¹.a⁻¹). V ostalih variantah gnojenja oziroma gospodarjenja (=obravnavanja) se povprečne pH vrednosti vseh treh globin niso značilno razlikovale.

Preglednica 10: Analiza variance po obravnavanjih in globini na lokaciji IOSDV Jable (2006).

Analysis of Variance for PH JABLE - Type III Sums of Squares

Source	Sum of Squares	Df	Mean Square	F-Ratio	P-Value
MAIN EFFECTS					
A:BLOK	0,391369	2	0,195685		
B:OBRAVNAVANJE	0,246535	9	0,0273928	2,21	0,0344
C:GLOBINA	1,48919	2	0,744595	59,97	0,0000
INTERACTIONS					
BC	0,182077	18	0,0101154	0,81	0,6759
RESIDUAL	0,720183	58	0,012417		
TOTAL (CORRECTED)					
	3,02935	89			

All F-ratios are based on the residual mean square error.



Legenda: Gospodarjenje: A: brez organskih gnojil; B: z gnojem; C: s slamo.

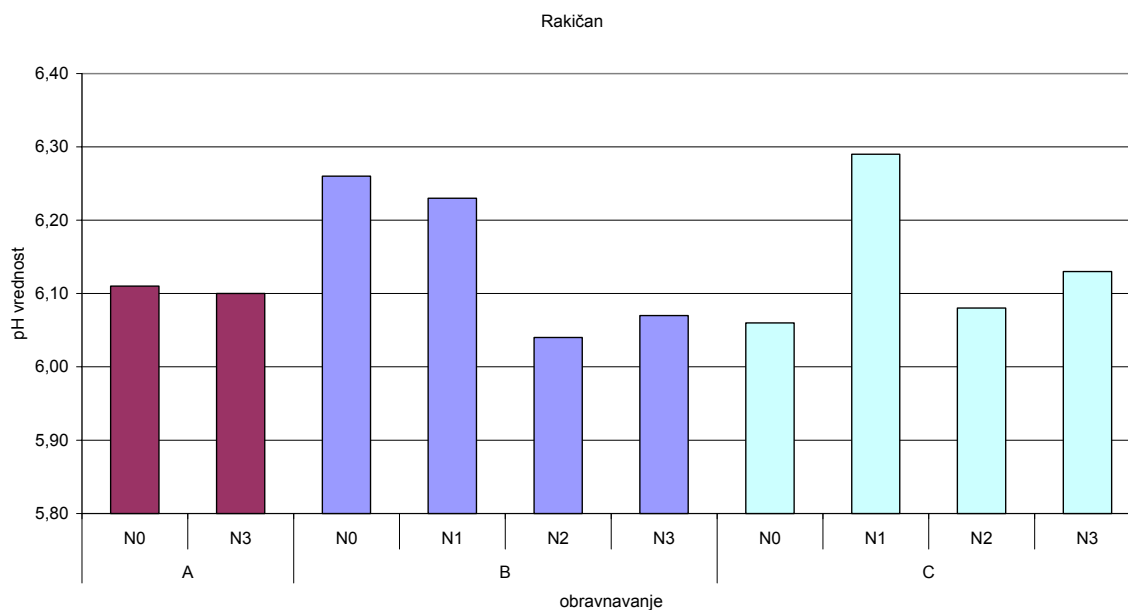
Gnojenje z mineralnim dušikom: N0: brez N-min; N1: 73 kg N/ha; N2: 147 kg N/ha; N3: 220 kg N/ha.

Slika 3: Povprečne pH vrednosti na Jablah po obravnavanjih (2006). Različne črke na grafu označujejo statistično značilno razliko (Duncan, $p \leq 0,05$).

Preglednica 11: Naraščanje pH vrednosti po globinah glede na obravnavanje v IOSDV Jable (2006).

Obravnavanje	Globina [cm]			Povprečje in rang
	0-30	30-60	60-90	
AN0	5,72	5,88	6,08	5,90 (9)
AN3	5,87	5,90	6,10	5,96 (8)
BN0	5,90	5,95	6,09	5,98 (5)
BN1	5,84	5,96	6,13	5,98 (5)
BN2	5,86	6,11	6,18	6,05 (2)
BN3	5,73	5,88	6,09	5,90 (9)
CN0	5,88	5,97	6,13	5,99 (4)
CN1	5,74	6,09	6,16	6,00 (3)
CN2	5,81	6,00	6,13	5,98 (5)
CN3	5,93	6,14	6,26	6,11 (1)

Iz preglednice 12 je razvidno, da se pH vrednost v Rakičanu ne razlikuje statistično značilno med obravnavanji ($p=0,52$). Z globino pa pH vrednost statistično značilno narašča ($p=0,0059$) (preglednica 12), vendar so statistično značilne razlike le med zgornjo in spodnjo globino (preglednica 14). Za to lokacijo so na sliki 4 prikazane povprečne pH vrednosti vseh treh globin. Pri tem se izkaže, da so razlike pH vrednosti med posameznimi obravnavanji v absolutnih vrednostih večje kot v Jablah, vendar zaradi večje napake poskusa (večja heterogenost zemljišča) niso statistično značilne.



Legenda: Gospodarjenje: A: brez organskih gnojil; B: z gnojem; C: s slamo.

Gnojenje z mineralnim dušikom: N0: brez N-min; N1: 73 kg N/ha; N2: 147 kg N/ha; N3: 220 kg N/ha.

Slika 4: Povprečna pH vrednost po obravnavanjih v Rakičanu (2006).

Preglednica 12: Analiza variance po obravnavanjih in globini v IOSDV Rakičan (2006)

Analysis of Variance for PH RAKICAN - Type III Sums of Squares

Source	Sum of Squares	Df	Mean Square	F-Ratio	P-Value
MAIN EFFECTS					
A:BLOK	3,63617	2	1,81808		
B:OBRAVNAVANJE	0,629892	9	0,069988	0,91	0,5239
C:GLOBINA	0,864356	2	0,432178	5,61	0,0059
INTERACTIONS					
BC	0,430308	18	0,023906	0,31	0,9960
RESIDUAL	4,4664	58	0,0770069		
TOTAL (CORRECTED)	10,0271	89			

All F-ratios are based on the residual mean square error.

Preglednica 13: Naraščanje pH vrednosti po globinah glede na obravnavanje v Rakičanu

Obravnavanje	Globina [cm]			Povprečje in rang
	0-30	30-60	60-90	
AN0	6,03	6,10	6,21	6,11 (5)
AN3	6,04	6,08	6,20	6,10 (6)
BN0	6,11	6,24	6,41	6,26 (2)
BN1	6,04	6,28	6,35	6,23 (3)
BN2	5,81	6,06	6,26	6,04 (10)
BN3	5,81	6,16	6,26	6,07 (9)
CN0	6,11	6,06	6,01	6,06 (8)
CN1	6,25	6,25	6,38	6,29 (1)
CN2	5,98	6,05	6,21	6,08 (7)
CN3	5,96	6,15	6,26	6,13 (4)

4.2 pH VREDNOST PO GLOBINAH

Iz preglednic 10, 11 in 14 izhaja, da se z naraščanjem globine na lokaciji Jable talna pH vrednost povečuje. Vse globine se med seboj značilno razlikujejo (preglednica 14). Povprečna pH vrednost na Jablah v globini 0-30 cm je znašala 5,82, v globini 30-60 cm je znašala 5,98 ter v globini 60-90 cm 6,14.

Iz preglednic 12, 13 in 14 je razvidno, da, tako kot v Jablah, tudi v Rakičanu pH vrednost z globino narašča, saj znaša v povprečju obravnav v globini 0-30 cm 6,02, v sloju tal z globino 30-60 cm je 6,14 in v globini 60-90 cm pa znaša 6,26. Lokacija Rakičan se od lokacije Jable razlikuje po dejstvu, da je bila statistično značilna razlika le med globinama 0-30 cm in 60-90 cm, medtem ko se v sloju tal, globine 30-60 cm, pH vrednost ni razlikovala od pH vrednosti v ostalih dveh globinah.

Preglednica 14: Statistična tabela homogenosti skupin po Duncanu s 5 odstotnim tveganjem (IOSD Jable in IOSDV Rakičan, 2006).

Globina [cm]	IOSDV Jable		IOSDV Rakičan	
	pH vrednost obravnavanj	Značilnost razlik (p=0,05)	pH vrednost obravnavanj	Značilnost razlik (p=0,05)
0-30	5,82	<i>a</i>	6,02	<i>a</i>
30-60	5,99	<i>b</i>	6,14	<i>ab</i>
60-90	6,14	<i>c</i>	6,26	<i>b</i>

5 RAZPRAVA IN SKLEPI

5.1 RAZPRAVA

V razmerah obilnih padavin so tla izpostavljena zakisavanju, ki ga povzroča dež, saj ima le-ta pH vrednost praviloma izpod 5,6 (Rowell, 1997). Na zakisavanje tal pa lahko vplivajo tudi agrotehnični ukrepi. Namen raziskave je bil, ugotoviti, če, in kako, različna obravnavanja (glede na gnojenje z organskimi gnojili ter mineralnim dušikom) vplivajo na pH vrednost tal do globine 90 cm.

Rezultati raziskave dopuščajo sklep, da so na Jablah v pogledu teksture in kemične sestave teksturnih delcev (peska, melja, glina) tla sorazmerno bolj izenačena kot v Rakičanu, saj je pH vrednost različna predvsem glede na varianto gnojenja (=obravnavanja). Takšen sklep nakazujejo tudi podatki, ki so prikazani v prilogi A2 in preglednici 10.

Temu ni tako na lokaciji Rakičan. Tu so dobljene pH vrednosti na nekaterih osnovnih parcelicah v tretji ponovitvi poskusa (peščena tla) znatno nižje kot na skoraj vseh osnovnih parcelicah prvih dveh ponovitev, v katerih zaradi večjega deleža glina in finega melja izpiranje ni tako izrazito (Priloga A1 in preglednica 13). Iz preglednice 12 izhaja, da je vpliv bloka na pH vrednost visok ($F_{izr} = 23,61$). Tako je iz slike 4 razvidna sicer večja razlika med nekaterimi gnojilnimi obravnavanji kot na Jablah, vendar zaradi heterogenosti zemljišča te razlike niso v dovolj veliki meri posledica različnih obravnavanj, da bi bile značilne. Vpliv obravnavanj je torej prekrit z vplivom heterogenosti zemljišča, posledično na lokaciji Rakičan vpliv načina gnojenja na pH vrednost v tleh ni bil dokazan (preglednica 12).

Domneva, da je v variantah s hlevskim gnojem pH vrednost najmanjša, ni bila potrjena (sliki 3 in 4). Rezultati pa so pokazali, da je v okviru preučevanih gnojilnih variant po preteku 13 let od zasnove trajnih poskusov na objektu IOSDV Jable vpliv agrotehničnih ukrepov na pH vrednost dokazljiv (preglednica 10). Če gledamo celovito, je bila leta 2006 v globini 0-30 cm pH vrednost v vseh obravnavanjih višja (preglednica 11) kot ob zasnovi poskusa leta 1993 (preglednica 7). Vzrok lahko iščemo v dejstvu, da je bil v obravnavanem obdobju poskus trikrat kalcificiran, in sicer je bilo vsakič pred setvijo koruze pognojena $900 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1} \text{ Ca(OH)}_2$ (vsebnost CaO je 70%). Ker pa so bile vse parcele pognojene na enak način in z enako količino Ca(OH)_2 , sodimo, da je kalcifikacija – pod pogojem, da ni interakcije - nepomembno vplivala na medsebojno razmerje pH vrednosti med osnovnimi parcelami v poskusu. V primerjavi z rezultati meritev, ki so bile opravljene leta 1993 (pH vrednost je bila 5,4), je bila namreč pH vrednost večja v vseh variantah gnojenja (preglednica 11, globina 0-30 cm). Iz slike 3 je razvidno, da je bila pH vrednost v variantah BN2 in CN3 značilno višja kot v varianti brez gnojenja (AN0) in varianti s hlevskim gnojem in največjim odmerkom mineralnega dušika (BN3). Razlika do ostalih variant gnojenja je bila neznčilna.

Zastavlja se vprašanje, kateri dejavniki so vzrok, da so bila tla najmanj kislila (najvišji pH) v tleh z variantama BN2 in CN3. Iz literature (Tajnšek, 2006) je razvidno, da so na IOSDV Jable najvišji pridelki ravno v variantah gnojenja BN2 in CN3. To dejstvo lahko pomaga razjasniti, kaj je vzrok za najvišji pH v teh dveh variantah gnojenja na lokaciji IOSDV Jable.

V vseh variantah s hlevskim gnojem je količina pognojene gnoja enaka ($1 \text{ GV}\check{Z} = 100 \text{ dt}\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{a}^{-1}$), zato je v sistemu s hlevskim gnojem vzrok za najvišjo pH vrednost v varianti BN2 treba iskati v gnojenju z mineralnim dušikom in visokem pridelku poljščin v tej gnojilni varianti - kot odzivu rastlin na to gnojenje. Mineralni dušik je bil vse obdobje gnojen v obliki KAN oziroma v amonijsko nitratni obliki, s kemijsko formulo CaNH_4NO_3 . To gnojilo vsebuje 13,5% N v amonijski obliki, ki deluje počasi, 13,5% N v nitratni obliki, ki deluje hitro, gnojilo pa vsebuje še 20% CaCO_3 . Karbonatni kalcij deluje alkalično, vendar ne v zadostni meri, da bi preprečeval zakisavanje tal. Po podatkih Fincka namreč 1 kg N iz KAN povzroča »izgubo« 1,1 kg CaCO_3 (Finck, 1991), zato karbonat iz KAN ne zadošča za popolno nevtralizacijo vodikovih ionov. To vlogo lahko prevzamejo hitro rastoče poljščine.

Znano namreč je, da se amonijska oblika dušika veže na talni adsorpcijski kompleks in da se pod vplivom nitritacijskih in nitratacijskih bakterij, ki delujejo v aerobnih razmerah, postopoma oksidira v nitrat. V tem procesu se sproščajo prosti vodikovi ioni (H^+) po naslednjem postopku: $\text{NH}_4\text{NO}_3 + 2\text{O}_2 \rightarrow 2 \text{NO}_3^- 2\text{H}^+ + \text{H}_2\text{O}$. Sproščeni vodikovi ioni povečujejo kislost tal, še zlasti če rastline ne sprejmejo nitrata takoj, se le-ta ob dežju izpere (Rowell, 1997). Če pa rastlina sprejme NO_3^- takoj, za ohranitev električne nevtralnosti izloči OH^- ione, s katerimi nevtralizira proste vodikove ione. Pogoj za zmanjšanje zakisavanja tal je torej hitra in bujna rast poljščin v kolobarju. V danem poskusu je bil v varianti BN2 odmerek dušika $147 \text{ kg N}\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{a}^{-1}$, dodatno hranila v hlevskem gnoju, ravno pravšnji, da so poljščine hitro rasle in dale najvišji pridelek. Sklepamo lahko, da je bil v tej gnojilni varianti sistema s hlevskim gnojem izkoristek dušika iz KAN najvišji, poleg tega pa je globok koreninski sistem ulovil katione (Ca^{2+} , Mg^{2+} , Na^+ itd) iz nižjih talnih plasti in jih premestil v zgornje rastlinske organe, kjer so se v variantah brez slame vrnil v ornico po podoru žetvenih in koreninskih ostankov. Ti kationi so dodatno nevtralizirali vodikove ione in s tem zmanjševali zakisavanje. Gnojilna varianta BN3, z $220 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{a}^{-1}$ N, je bila, ob dodatni količini dušika iz hlevskega gnoja, preobilna, da bi lahko poljščine sprejele vse količine dušika. Posledično se je nitratni dušik iz mineralnih gnojil in iz hlevskega gnoja (po nitrifikaciji) izpral, in po zgoraj opisanem postopku je prišlo do zakisavanja tal. V gnojilni varianti BN0 rastline niso bile gnojene z mineralnim dušikom, mineralizirani dušik iz hlevskega gnoja pa se je sproščal šele po otoplitvi v poznih spomladanskih mesecih (maj, junij), ko je bil optimalni rok za prehrano teh posevkov z dušikom že mimo, po oksidaciji amonija v nitrate se je le-ta neizkoriščen izpral v odcedne vode. V gnojilni varianti BN1 je bil proces zakisavanja podoben, odmerek $67 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{a}^{-1}$ vsekakor ni zadoščal za bujno rast poljščin v kolobarju, zato je prišlo do zakisavanja.

Na podoben način lahko pojasnimo rezultate v sistemu z podorom slame, kjer je bila največja pH vrednost v varianti z največjim pridelkom (CN3). Tu pa je treba omeniti še, da se v varianti CN3, s približno $7000 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{a}^{-1}$ zaorane slame, na njivi ostane okoli $60 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{a}^{-1}$ CaO in $20 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{a}^{-1}$ MgO, kar, v primerjavi z drugimi variantami, v sistemu s slamo (z manjšimi pridelki slame), dodatno izpostavlja prednost te variante gnojenja. Iz rezultatov, ki jih ponazarjata preglednica 12 in slika 4, je razvidno, da v poskusu IOSDV Rakičan nismo mogli dokazati značilnega vpliva gnojilnih variant na pH vrednost. Vzrok je heterogenost osnovnih poskusnih parcel. Zanimivo pa je dejstvo, da so na tej, v primerjavi z IOSDV Jable zelo različni lokaciji (manj padavin, lažja in bolj alkalična tla, višja temperatura) najvišji pridelki obeh sistemih organskega gnojenja doseženi v varianti

BN1 oziroma CN1. Ker je tudi pH vrednost najvišja v teh gnojilnih variantah (in v BN0), ti rezultati ne nakazujejo neskladnosti z obrazložitvijo rezultatov, kot smo jo podali za lokacijo IOSDV Jable.

Na lokaciji IOSDV Rakičan se je pH vrednost v času trajanja poskusa v 13ih letih znižala. Tako je ob zasnovi poskusa znašala pH vrednost 7,04, leta 2006 pa je povprečna pH vrednost znašala 6,02. Poskus IOSDV Rakičan ni bil nikoli kalcificiran, zato pokaže realna slika zakisanja tal pod vplivom dolgoletne nege tal s specifičnimi obravnavanji.

Tako je bila potrjena domneva, da se zaradi prebitka vodikovih ionov po oksidaciji NH_4^+ v nitrate, pri odmerkih dušika, ki jih rastline ne izkoristijo, znižuje talna pH-vrednost. Kot smo domnevali, se z globino tal pH vrednost pomembno povečuje. Glavni vzrok je nedvomno izpiranje kationov v globlje plasti. Ob tem je to izpiranje večje v Jablah večje kot Rakičanu – sorazmerno s količino padavin.

5.2 SKLEPI

Glede na domneve, ki smo jih postavili ob zasnovi te raziskave, lahko podamo naslednje ugotovitve:

Domneva, da sistem gospodarjenja s hlevskim gnojem bolj zakisuje tla kot sistem s slamo, ni bila potrjena. Na lokaciji Jable sta bili namreč v obeh sistemih dve varianti (BN2 in CN3), ki sta imeli značilno višjo pH vrednost kot varianta brez gnojenja (AN0) in varianta z največjim odmerkom mineralnega dušika v sistemu s hlevskim gnojem (BN3). V IOSDV Rakičan nismo mogli dokazati značilnosti med obravnavanji, čeprav pa se tudi na tej lokaciji nakazujejo podobni vplivi gnojenja na pH vrednost kot v IOSDV Jable (višja pH vrednost v variantah BN0, BN1 in CN3).

Ni bila potrjena domneva, da se kislost tal pomembno povečuje s stopnjevanjem gnojenja z mineralnim dušikom.

Na lokaciji IOSDV Jable je bilo zakisavanje tal najmanjše v gnojilnih variantah, kjer so bili pridelki poljščin v kolobarju najvišji, in najmanjši v variantah, kjer so bili pridelki najnižji.

Ob ustreznih, sorazmerno visokih odmerkih dušika, ki ga pognojimo v obliki kalcijevega amonijevega nitrata (CaNH_4NO_3), lahko ob ugodnih ravnih razmerah rastlina sprejme nitrati dušik zelo hitro. Ko rastlina sprejme NO_3^- , za ohranitev električne nevtralnosti takoj izloči OH^- ione, s katerimi nevtralizira proste vodikove ione. Pogoj za zmanjšanje zakisavanja tal je torej hitra in bujna rast poljščin v kolobarju.

Kot smo domnevali, se z globino tal pH vrednost pomembno povečuje. Glavni vzrok je nedvomno izpiranje kationov v globlje plasti. Ob tem je to izpiranje v Jablah večje kot Rakičanu – sorazmerno s količino padavin.

6 POVZETEK

Eden izmed pomembnih kazalnikov rodnosti tal je pH vrednost. Pri prenizki ali previsoki pH vrednosti je otežen sprejem hranil ter s tem povezani slabši rasti rastlin oziroma se pojavljajo znaki pomanjkanja hranil. Ker kmetje zemlje ne dajejo pogosto v analizo, se pravi vzrok slabše rasti težko odkrije. Po nevednosti slabšo rast rastlin nadomeščajo s povečanim gnojenjem, zato prihaja do onesnaževanja okolja in neekonomičnosti pridelave. Ker imajo tla veliko pufersko sposobnost, se kazalniki rodovitnosti tal spreminjajo počasi in jih je zato težko ugotoviti.

V raziskavi smo hoteli ugotoviti spremembo pH vrednosti v odvisnosti od gnojenja z organskimi gnojili ter mineralnim dušikom. Vzorce tal smo vzeli v okviru trajnih poskusov IOSDV Jable in Rakičan po žetvi pšenice, julija 2006. Vzorce smo vzeli na globinah 0-30 cm, 30-60 cm ter 60-90 cm. Meriteve je potekala v laboratoriju na Katedri za poljedelstvo in sonaravno kmetijstvo. pH vrednost smo izmerili po metodi s CaCl. Vsak vzorec smo zmerili trikrat ter upoštevali povprečje vseh treh meritev. Sledila je statistična analiza po metodi analize variance za dvofaktorski poskus (prvi faktor je gnojenje in sicer v 10 variantah, drugi faktor pa je bil globina vzorčenja: tri globine) ter test homogenosti skupin po Duncanu s stopnjo tveganja $p \leq 0,05$.

Z raziskavo smo ugotovili, da obstajajo razlike v pH vrednosti med obravnavanji na Jablah ($p=0,034$), medtem ko v Rakičanu med obravnavanji nismo mogli dokazati značilnih razlik, čeprav se nakazuje podoben trend kot v IOSDV Jable.

Ni bila potrjena domneva, da je pH vrednost v sistemu s hlevskim gnojem nižja kot v sistemu s slamo. Na nobeni od lokacij ni interakcije med globino in obravnavanji.

Z globino pH vrednost narašča. Na Jablah so statistično značilne razlike med vsemi globinami. V Rakičanu so statistično značilne razlike le med zgornjim in spodnjim slojem. To je posledica izpiranja kationov v globino, kjer se kopičijo ter odvezema kationov s pridelkom.

7 VIRI

- Adeboye M.K.A., Iwuafor E.N.O., Agbenin J.O. 2006. The effects of crop rotation and nitrogen fertilization on soil chemical and microbial properties in a Guinea Savanna Alfisol of Nigeria. *Plant and Soil*, 281: 97–107
- Belay A., Claassens A.S., Wehner F. C. 2002. Effect of direct nitrogen and potassium and residual phosphorus fertilizers on soil chemical properties, microbial components and maize yield under long-term crop rotation. *Biology and Fertility of Soils*, 35: 420–427
- Boguslavski E. 1981. *Ackerbau, Grundlagen der Pflanzenproduction*. Frankfurt, DLG Verlag: 427 str.
- Buchner A., Sturm H. 1980. *Gezielte Düngungen*. Frankfurt, DLG Verlag: 319 str.
- Finck A. 1979. *Dünger und Düngung: Grundlagen und Anleitung zur Düngung der Kulturpflanzen*. Weinheim, Verlag Chemie GmbH: 442 str.
- Finck A. 1991. *Düngung ertragssteigernd qualitätsverbessernd umweltgerecht*. Stuttgart, Ulmer: 174 str.
- Hadžić V., Čirović M., Ubavić M., Govedarica M., Dragović S., Verešbaranji I., Kastori R. 1993. Kontrola plodnosti zemljišta i utvrđivanje sadržaja štetnih i opasnih materija u zemljištima Vojvodine. V: XXVII seminar agronoma, Novi Sad, Zbornik radova, vol. 21. Novi Sad, Poljoprivredni fakultet-Institut za ratarstvo i povrtarstvo Novi Sad: 44-48.
- Hoffmann, G. 1991. *Methodenbuch. Band 1, Die Untersuchungen von Böden*, Darmstadt, VDLUFA Verlag,
- Ivović P., Teofilović K. 1974. Uticaj dogodišnje primene mineralnih đubriva na hemijske osobine zemljišta. *Zemljište i biljka*, 23, 2-3: 157-164
- Jandl R., Glatzel G., Katzensteiner K., Eckmüllner O. 2001. Amelioration of magnesium deficiency in a Norway spruce stand (*Picea abies*) with calcined magnesite. *Water, Air, and Soil Pollution*, 125: 1–17.
- Juo A.S.R., Dabiri A., Franzluebbbers K. 1995. Acidification of a kaolinitic Alfisol under continuous cropping with nitrogen fertilization in West Africa. *Plant and Soil*, 171: 245-253

Kautz T., Lopez-Fando C., Ellmer F. 2006. Abundance and bioersivity of soil microarthropods as influenced by different types of organic manure in a long-term field experiment in Central Spain. *Soil ecology*, 33: 278-285

http://www.sciencedirect.com/science?_ob=ArticleURL&_udi=B6T4B-4HP6G5H-1&_user=4776866&_coverDate=10%2F31%2F2006&_alid=625030182&_rdoc=12&_fmt=full&_orig=search&_cdi=4970&_sort=d&_docanchor=&view=c&_ct=115&_acct=C000033658&_version=1&_urlVersion=0&_userid=4776866&md5=b6f5f4c9b975a3323cae7b66371ebfce

Koerschens M. 1990. Dauerfeldversuche. Übersicht, Entwicklung und Ergebnisse von Feldversuchen mit mehr als 20 Jahren Versuchsdauer. Berlin, Akademie der Landwirtschaftswissenschaften: 322 str.

Kostić M., Đokić D., Jelić M., Jelenković R. 1991. Delovanje djubrenja na prinos pšenice, utrošak i iskorišćavanje hraniva usevom i plodnost zemljišta u višegodišnjem ogledu. *Savremena poljoprivreda*, 39, 5: 5-12

Grant W. T. 2002. Encyklopedia of Soil Science. V: pH. Lal. (ur.). New York, Marcel Denker: 980-984

Koutev V., Ikonomova E. 2007. Nitrogen regime of two bulgarian soils after 30 years of mineral and organic-mineral fertilisation (¹⁵N study).

<http://www.ramiran.net/doc98/FIN-POST/KOUTEV.pdf> (29. 6. 2007)

Leskošek M. 1988. Gnojila in gnojenje. Ljubljana, ČZP Kmečki glas: 162 str.

Leskošek M. 1993. Gnojenje. Knjižica za pospeševanje kmetijstva. Ljubljana, Kmečki glas: 197 str.

Leskošek M., Mihelič R. 1998. Smernice za strokovno utemeljeno gnojenje. 1. del, poljedelstvo in travništvo. Ljubljana, ČZD Kmečki glas: 51 str.

Martinčič A., Wraber T., Jogan N., Ravnik V., Podobnik A., Turk B., Vreš B. 1999. Mala flora Slovenije. Ključ za določevanje praprotnic in semenk. Ljubljana, Tehniška založba Slovenije: 845 str.

Navodila za uporabo CyberScan pH/ion 510: 19 str. (interno gradivo)

Nitratna direktiva. Ur. l. RS št. 68/96

Ron Vaz M.D., Edwards A.C., Shand C.A, Cresser M.S. 1992. Phosphorus fractions in soil solution: Influence of soil acidity and fertiliser additions. *Plant and Soil*, 148: 175-183

Rowell D. L. 1997. Bodenkunde. Untersuchungsmethoden und ihre Anwendungen. Berlin, Springer: 614 str.

Scheffer F., Schachtschabel P. 1984. Lehrbuch der Bodenkunde. Stuttgart, Enke: 442 str.

- Šantavec I. 2005. Vpliv sistemov gospodarjenja in ekoloških razmer na nekatere parametre pridelka pšenice in na njihovo medsebojno odvisnost. Doktorska disertacija, Ljubljana, Biotehniška fakulteta, Oddelek za agronomijo: 105 str.
- Šimek M., Hopkins D. W., Kalčík J., Picek T., Šantručkova H., Stana J., Travnik K. 1999. Biological and chemical properties of arable soils affected by long-term organic and inorganic fertilizer applications. *Biology and Fertility of Soil*, 29: 300-308
- Tajnšek A. 2003. Deset let trajnih poskusov IOSDV v Sloveniji, Jable in Rakičan 1993-2003. V: Namen in cilj trajnih poljskih poskusov IOSDV Jable in IOSDV Rakičan. Žalec, 12.december. Tajnšek A., Čeh Brežnik B., Kocjan Ačko D. (ur.). Zbornik posveta, Slovensko agronomsko društvo: 7-24
- Tajnšek A. 2005. Splošno poljedelstvo. Slikovno gradivo za slušatelje 1. letnika. Ljubljana, Biotehniška fakulteta, Oddelek za agronomijo: 272 str. (interno gradivo)
- Tajnšek A. 2006. Landwirtschaftstrategie zu Handeln nach Regeln der Nitratdirektive: Reichen die bisherigen Fachrichtlinien?. V: *Acta agriculturae Slovenica*, 87, 1. Kreft I., Batič F., Kajfež-Bogataj L., Maček J., Vadnal K., Tajnšek A. (ur.). Ljubljana, Zbornik Biotehniške fakultete Univerze v Ljubljani: 79-91
- Tajnšek A., Šantavec I. 2006. Strategija pridelovanja pšenice v obdobju po drugi svetovni vojni; možnosti Slovenije po vstopu v EU, rezultati trajnih poskusov v dveh pedoklimatsko različnih območjih. V: *Novi izzivi v poljedelstvu 2006*. Rogaška Slatina, 7.-8. 12. 2006. Tajnšek A. (ur.). Ljubljana, Slovensko agronomsko društvo: 91-104
- Tajnšek A., Janža R., Čeh-Brežnik B., Šantavec I. 2006. Dolgoročni vpliv gospodarjenja na vsebnost humusa in fizikalnih lastnosti tal ter na rodovitnost njiv v dveh ekoloških območjih Slovenije-zaključno poročilo 2006. Ljubljana, Biotehniška fakulteta, Oddelek za agronomijo: 65 str. (interno gradivo)
- The term "pH" was invented in 1909 by the Danish chemist Søren Sørensen.(10. 9. 2001)
<http://www.madsci.org/posts/archives/2001-09/1000136604.Sh.r.html> (29. 6. 2007)
- Tompson L. M. 1973. *Soils and soil fertility*. New York, McGraw-Hill: 451 str.
- Zupan M., Grčman H., Kočevar H. 2002. Navodila za vaje iz pedologije. Ljubljana, Biotehnična fakulteta, Oddelek za agronomijo (gradivo razdeljeno na predavanjih)

ZAHVALA

Ob zaključku diplomske naloge bi se za vsestransko pomoč iskreno zahvalil svojemu mentorju prof. dr. Antonu Tajnšku, ki mi je stal ob strani tudi takrat, ko je bil sam prezaposlen s svojim delom. Hvala!

Zahvaljujem se tudi strokovnim sodelavcem Katedre za poljedelstvo in sonaravno kmetijstvo, še posebno asis. dr. Igorju Šantavcu, za pomoč in nasvete, ter vsem ostalim, ki so mi kakorkoli pomagali pri omenjeni nalogi. Hvala vsem, ki ste me spodbujali in mi vlivali samozavest takrat, ko sem jo najbolj potreboval.

Priloga A

Izmerjene pH vrednosti

Priloga A1: Izmerjene pH vrednosti v Rakičanu

pH tal Rakičan poletje 2006, globina 0-30 cm

obravnava	blok I.	blok II.	blok III.	pH povp.
AN0	6,16	6,20	5,74	6,03
AN3	6,20	6,04	5,87	6,04
BN0	6,02	6,47	5,84	6,11
BN1	6,32	6,28	5,53	6,04
BN2	5,92	6,26	5,26	5,81
BN3	5,97	5,75	5,70	5,81
CN0	6,15	6,01	6,18	6,11
CN1	6,33	6,27	6,16	6,25
CN2	6,46	6,00	5,48	5,98
CN3	6,65	5,93	5,31	5,96

pH tal Rakičan poletje 2006, globina 30-60 cm

obravnava	blok I.	blok II.	blok III.	pH povp.
AN0	6,09	6,18	6,02	6,10
AN3	6,36	6,10	5,78	6,08
BN0	6,08	6,46	6,19	6,24
BN1	6,53	6,42	5,89	6,28
BN2	6,61	6,46	5,09	6,06
BN3	6,33	6,31	5,83	6,16
CN0	6,13	6,12	5,93	6,06
CN1	6,57	6,19	5,98	6,25
CN2	6,76	5,52	5,89	6,05
CN3	6,56	6,20	5,67	6,15

pH tal Rakičan poletje 2006, globina 60-90 cm

obravnava	blok I.	blok II.	blok III.	pH povp.
AN0	6,25	6,16	6,22	6,21
AN3	6,29	6,42	5,89	6,20
BN0	6,17	6,79	6,28	6,41
BN1	6,63	6,55	5,88	6,35
BN2	6,67	6,17	5,95	6,26
BN3	6,60	6,19	5,98	6,26
CN0	6,28	5,73	6,00	6,01
CN1	6,36	6,31	6,47	6,38
CN2	6,62	5,92	6,09	6,21
CN3	6,68	6,06	6,06	6,26

Priloga A2: Izmerjene pH vrednosti na Jablah

pH tal Jable poletje 2006, globina 0-30 cm

obravnava	blok I.	blok II.	blok III.	pH povp.
AN0	5,80	5,69	5,68	5,72
AN3	5,96	5,94	5,70	5,87
BN0	6,15	5,81	5,75	5,90
BN1	5,85	5,81	5,87	5,84
BN2	5,97	5,73	5,90	5,86
BN3	5,80	5,70	5,70	5,73
CN0	6,09	5,76	5,80	5,88
CN1	5,82	5,58	5,81	5,74
CN2	5,83	5,75	5,85	5,81
CN3	5,81	5,80	6,17	5,93

pH tal Jable poletje 2006, globina 30-60 cm

obravnava	blok I.	blok II.	blok III.	pH povp.
AN0	5,95	5,80	5,91	5,88
AN3	6,05	5,88	5,77	5,90
BN0	6,14	5,82	5,88	5,95
BN1	5,94	5,77	6,16	5,96
BN2	6,35	5,93	6,04	6,11
BN3	5,88	5,94	5,82	5,88
CN0	6,21	5,83	5,86	5,97
CN1	6,11	5,87	6,30	6,09
CN2	6,08	5,83	6,08	6,00
CN3	6,15	6,00	6,27	6,14

pH tal Jable poletje, globina 2006 60-90 cm

obravnava	blok I.	blok II.	blok III.	pH povp.
AN0	6,15	6,02	6,08	6,08
AN3	6,18	6,12	6,02	6,10
BN0	6,22	6,01	6,05	6,09
BN1	6,04	6,02	6,33	6,13
BN2	6,19	6,16	6,19	6,18
BN3	5,97	6,10	6,20	6,09
CN0	6,36	5,99	6,03	6,13
CN1	6,23	5,98	6,27	6,16
CN2	6,23	5,99	6,19	6,13
CN3	6,28	6,20	6,31	6,26

Priloga B

Preglednica homogenosti skupin po obravnavanjih na Jablah po Duncanu s 5 odstotnim tveganjem

Method: 95,0 percent Duncan

OBRAVNAVANJE	Count	LS Mean	Homogeneous Groups
AN0	9	5,89578	X
BN3	9	5,89978	X
AN3	9	5,95644	XX
BN1	9	5,97633	XX
BN0	9	5,98044	XX
CN2	9	5,98111	XX
CN0	9	5,99222	XX
CN1	9	6,01256	XX
BN2	9	6,05111	X
CN3	9	6,06389	X

Contrast	Difference
AN0 - AN3	-0,0606667
AN0 - BN0	-0,0846667
AN0 - BN1	-0,0805556
AN0 - BN2	*-0,155333
AN0 - BN3	-0,004
AN0 - CN0	-0,0964444
AN0 - CN1	-0,116778
AN0 - CN2	-0,0853333
AN0 - CN3	*-0,168111
AN3 - BN0	-0,024
AN3 - BN1	-0,0198889
AN3 - BN2	-0,0946667
AN3 - BN3	0,0566667
AN3 - CN0	-0,0357778
AN3 - CN1	-0,0561111
AN3 - CN2	-0,0246667
AN3 - CN3	-0,107444
BN0 - BN1	0,00411111
BN0 - BN2	-0,0706667
BN0 - BN3	0,0806667
BN0 - CN0	-0,0117778
BN0 - CN1	-0,0321111
BN0 - CN2	-0,000666667
BN0 - CN3	-0,0834444
BN1 - BN2	-0,0747778
BN1 - BN3	0,0765556
BN1 - CN0	-0,0158889
BN1 - CN1	-0,0362222
BN1 - CN2	-0,00477778
BN1 - CN3	-0,0875556
BN2 - BN3	*0,151333
BN2 - CN0	0,0588889
BN2 - CN1	0,0385556
BN2 - CN2	0,07
BN2 - CN3	-0,0127778
BN3 - CN0	-0,0924444
BN3 - CN1	-0,112778
BN3 - CN2	-0,0813333
BN3 - CN3	*-0,164111
CN0 - CN1	-0,0203333
CN0 - CN2	0,0111111
CN0 - CN3	-0,0716667
CN1 - CN2	0,0314444
CN1 - CN3	-0,0513333
CN2 - CN3	-0,0827778

* denotes a statistically significant difference.

Priloga C

Statistična tabela homogenosti skupin po Duncanu s 5 odstotnim tveganjem

Priloga C1: Homogenost skupin po Duncanu s 5 odstotnim tveganjem v Jablah

Multiple Range Tests for PH JABLE by GLOBINA

Method: 95,0 percent Duncan

GLOBINA	Count	LS Mean	Homogeneous Groups
30	30	5,82067	X
60	30	5,98663	X
90	30	6,1356	X

Contrast

	Difference
30 - 60	*-0,165967
30 - 90	*-0,314933
60 - 90	*-0,148967

* denotes a statistically significant difference.

Priloga C2: Homogenost skupin po Duncanu s 5 odstotnim tveganjem v Rakičanu

Multiple Range Tests for PH RAKICAN by GLOBINA

Method: 95,0 percent Duncan

GLOBINA	Count	LS Mean	Homogeneous Groups
30	30	6,01533	X
60	30	6,14177	XX
90	30	6,25527	X

Contrast

	Difference
30 - 60	-0,126433
30 - 90	*-0,239933
60 - 90	-0,1135

* denotes a statistically significant difference.

Priloga D

Obravnavanja v poskusu IOSDV Jable in Rakičan

Obravnavanje	Sistem gospodarjenja	Stopnja gnojenja z mineralnim N
AN0	Brez organskega gnojenja	Brez gnojenja z mineralnim N
AN3	Brez organskega gnojenja	220 kg.ha ⁻¹ N
BN0	S hlevskim gnojem	Brez gnojenja z mineralnim N
BN1	S hlevskim gnojem	73 kg.ha ⁻¹ N
BN2	S hlevskim gnojem	147 kg.ha ⁻¹ N
BN3	S hlevskim gnojem	220 kg.ha ⁻¹ N
CN0	S slamo	Brez gnojenja z mineralnim N
CN1	S slamo	73 kg.ha ⁻¹ N
CN2	S slamo	147 kg.ha ⁻¹ N
CN3	S slamo	220 kg.ha ⁻¹ N