

Agrovoc descriptors: pastures; karst; fertilizer application; fertilizers; phosphorus; botanical composition; flora; herbaceous plants

Agris category code: F60; F04

Fosfor v zemlji in zelinju kraškega pašnika

Matej VIDRIH¹, Anton VIDRIH², Milan POGAČNIK³, Drago KOMPAN⁴

Delo je prispelo 26. januarja 2009; sprejeto 23. junija 2009.

Received: January 26 2009; accepted: June 23 2009.

IZVLEČEK

Predstavljeni so rezultati 7-letne raziskave o vplivu dodanega P na njegovo dostopnost v tleh, na vsebnost P v zelinju kraškega pašnika in na povečanje mase razpoložljivega zelinja pri stopnjujočem se odmerku uporabljenega gnojila (0, 90, 270 in 540 kg P₂O₅ ha⁻¹ skupno v 3 letih). Koncentracija dostopnega P v tleh je bila v obravnavanju nizek odmerek (30 kg P₂O₅ ha⁻¹ letno) večja za 2,4 mg P₂O₅ 100 g⁻¹ tal od kontrolnega obravnavanja. S trikrat večjim odmerkom gnojila je bila vsebnost P v tleh povečana za 4,4-krat. Vzorčenje zemlje do dveh globlin (0 - 3 cm in 3 - 6 cm) je pokazalo, da je večji del razpoložljivega P za rast rastlin v vrhnji, zelo plitvi plasti zemlje. V petih rastnih sezonah po zadnjem gnojenju s P se je zmanjšala koncentracija dostopnega P v tleh od 0,4 mg do 3,6 mg P₂O₅ 100 g⁻¹ tal, odvisno od skupno uporabljenega gnojila. Zaradi izredne siromašnosti zemlje kraškega pašnika s P, je tudi njegova vsebnost v zelinju ruše zelo nizka. Zadošča le za polovično pokritje potreb pašnih živali po tej rudnini, zato je povečanje vsebnosti P v zelinju pri gnojenju s fosfati pomembnejše od povečanja pridelovalne zmogljivosti zemljišča. Z letnim odmerkom 90 kg P₂O₅ ha⁻¹ se je v treh rastnih sezonah v povprečnem vzorcu zelinja koncentracija P povečala na 2,1 g P kg⁻¹ SS. Uporabljen P je imel na maso zelinja razpoložljivega za pašo in na delež izkoriščenosti ruše majhen vpliv, najverjetneje zaradi kisle reakcije tal in počasnega izboljšanja floristične sestave ruše.

Ključne besede: fosfor, kraški pašnik, gnojenje, tla, zelinje

ABSTRACT

PHOSPHORUS IN THE SOIL AND IN THE HERBAGE OF THE KARST PASTURE

The results of P fertilization on karst pasture in a 7-year study are discussed. The changes of P availability for plants, the content of P in herbage and the yield increase at different rates of applied fertilizer (0, 90, 270 and 540 kg P₂O₅ ha⁻¹ - total in 3 years) were measured. In treatment with low rate of P (30 kg P₂O₅ ha⁻¹ year⁻¹), the concentration of available P in soil was increased for 40 %. At three times higher rate of applied P, the content in soil was increased for 4,4 fold. The most of available P was found in top layer of soil as show the results of soil sampling at two depths (0 - 3 cm and 3 - 6 cm). The concentration of P in soil decreased during five growing seasons for 0.4 mg to 3.6 mg P₂O₅ 100 g⁻¹ of soil, depending on rate of applied fertiliser. Because the soils of karst pasture are very poor on P, the concentration of P in herbage is very low too. Only one half of the animal's need for P can be covered this way. The increase of P concentration in herbage as a result of applied P is more important than the increase of the yield. At annual rate of 90 kg P₂O₅ ha⁻¹ the average concentration of P in herbage was 2.1 g P kg⁻¹ of DM. The effect of applied P on the yield of available and used herbage by grazing animals was small, due to low soil pH and slow improvement in floristic composition of the sward.

Key words: phosphorus, karst pasture, fertilizing, soils, herbage

¹ asist., dr., Biotehniška fakulteta, p.p. 2995, 1111 Ljubljana, matej.vidrih@bf.uni-lj.si

² prof., dr., Biotehniška fakulteta, p.p. 2995, 1111 Ljubljana

³ prof., dr., Veterinarska fakulteta, Gerbičeva 60, 1115 Ljubljana

⁴ doc., dr., Biotehniška fakulteta, p.p. 2995, 1111 Ljubljana

1 UVOD

Rušo kraškega travinja so v preteklosti ročno pokosili in pridelok odpeljali s travinja ter ga spravili kot mrvo tja, kjer so imeli domače živali za rejo mesa in mleka. Mrvo so uporabili za krmljenje v hlevih, saj so potrebovali veliko hlevskega gnoja za vzdrževanje dobre rodovitnosti zemlje vinogradov in zelenjavnih vrtov (Gruden, 1910). Ker je reja prežvekovalcev v zadnjih desetletjih na kraškem območju zelo upadla, so veliko mrve, pridelane na suhih traviščih krasa, prodali na druga območja v Sloveniji za potrebe reje konj in krav molznic. Tako se je izčrpavanje kraškega travinja nadaljevalo s premeščanjem rudnin na daljše razdalje s tistih zemljiščih, kjer je bila še mogoča strojna košnja ruše in odprodaja mrve. Zemljišča, kjer ni bila mogoča strojna košnja, so bila izčrpana že poprej zaradi občasnega požiganja grmovne vegetacije in nenadzorovane paše drobnice (Kaligarič in sod., 2006). Pomanjkanje rudnin v vrhni plasti zemlje, ki je odločilnega pomena za dobro uspevanje rastlin ruše z večjo hranljivo vrednostjo za prehrano živali, je torej povzročil človek z načinom preteklega izkoriščanja kraškega travinja. Seveda so za gospodarnije izkoriščanje kraškega travinja tudi druge omejitve, kot so razgibanost in kamnitost zemljišč, suha poletja in druge. Toda glavni razlog za opuščanje kmetijske rabe teh zemljišč, ki mu sledi širjenje grmovne zarasti ter slabega gozda in s čimer se povečuje požarna ogroženost območja, je nizka pridelovalna zmogljivost teh izčrpanih zemljišč in neustrezna kakovost pridelane krme za visoko proizvodne pasme prežvekovalcev (Ferčej, 1996), ki so jih v preteklosti prednostno širili na obravnavano območje.

Za rekultivacijo kraškega travinja obstajajo številni razlogi. Vendar je ne bo mogoče narediti z uvajanjem tradicionalnega načina kmetovanja zaradi pomanjkanja in drage delovne sile in tudi ne z uporabo postopkov konvencionalnega kmetovanja, ker bo vse več omejitev pri uporabi gnojil in drugih dosežkov sodobnega kmetovanja zaradi potrebe po varovanju naravnih virov na kraškem območju. Strah pred onesnaževanjem

vodnih virov z rudninami (eutrofikacija), ki so s kmetijskih zemljišč lahko odplavljena, izprana ali odnešena v vodotoke, je vse pogostejše predmet mednarodnih predpisov o omejevanju uporabe gnojil (Csatho in sod., 2007). Vse bolj se uveljavlja spoznanje, da bo imela pašna reja domačih živali zelo pomembno vlogo pri rekultivaciji omenjenih kraških zemljišč (Vidrih in sod., 1995; Papanastasis, 1999; Rodriguez in sod., 2005). Zelo nizka vsebnost rastlinam dostopnega fosforja (P) v zemlji kraškega travinja je ovira za normalen razvoj pašnih živali in za povečanje deleža bele detelje (*Trifolium repens* L.) v ruši, ki je nujno potrebna za izboljšanje kakovosti zelinja in učinkovitejšo vezavo zračnega dušika za izdatnejšo rast ostalih rastlin v ruši kraškega pašnika (Scott, 2003; Caradus in sod., 1996). Rastnim razmeram območja se vegetacija vedno lahko prilagodi zaradi velike raznovrstnosti in številčnosti vrst rastlin. Pri domačih živalih te možnosti nimamo, saj je odbiranje pri njih potekalo predvsem na hitrejšo rast le pri treh vrstah živali. Poleg tega so pri izvajanju nadzorovane paše živali prostorsko omejene in ne morejo na zelo velikem območju poiskati takega zelinja, ki bi jim zagotovilo dovolj rudnin za normalen razvoj. Zato jim moramo zagotoviti kakovostno krmo in dovolj vseh potrebnih rudnin v obroku z zelinjem, ki bo zrastle na rodovitnih tleh. Za potrebe pašne reje živali je bilo kraško travinje v preteklosti malo proučevano. Izčrpana in opuščena kmetijska zemljišča ne predstavljajo velikega potenciala za večjo ekonomičnost kmetovanja in dober zaslužek. Zaradi vsega omenjenega bo boljše poznavanje procesov, ki spremljajo uporabo rudnin na izčrpanih kmetijskih zemljiščih še vedno nujno potrebno, da kraško travinje ne bo preraslo grmovje in gozd slabe kakovosti, kar povečuje požarno ogroženost območja in s tem se podoba negovane pokrajine izgublja (Hočevar in sod., 2004). Namen raziskave je bil ugotoviti in spremljati spreminjanje koncentracije fosforja in ostalih makro- ter mikroelementov v tleh in zelinju kraškega pašnika na planini Vremščica.

2 MATERIAL IN METODE

Na območju planine Vremščica potekajo proučevanja rekultivacije opuščenih kraških zemljišč s pašno rejo drobnice. Vremščica je vegetacijsko in tudi floristično dokaj pestra, saj se nahaja na klimatsko prehodnem območju. Za južna pobočja planine je značilno toploljubno rastje, medtem ko so severni in severovzhodni deli precej hladnejši, mezofilnejši (Eler, 2007). Med travniško vegetacijo prevladujejo suha submediteransko-ilirska travišča iz razreda *Festuco-Brometea* Br.-Bl. et Tx. 43 (Kaligarič, 1997). Večina travišč Vremščice spada v makroasociacijo *Carici humilis-Centaureetum rupestris* Ht. 31, natančneje v montansko subasociacijo *Anthyllidetosum*

vulnerariae Poldini 89 (Kaligarič, 1997). Ta je razvita na plitvih tleh (rendzinah), ki so večinoma v pašni rabi, redkeje se kosijo, danes pa so obsežna območja podvržena zaraščanju (Kaligarič, 1997). Del pašnikov na planini Vremščica je urejen s stalnimi elektroograjami za vodenje nadzorovane paše plemenskih ovc. Travniški poskus o tri letnem dodajanju P tlem in njegovem vplivu na spreminjanje njegove vsebnosti v zemlji in ostalih rudnin v zelinju v naslednjih letih je bil izveden na pašniku (lat. 45° 41' S, long. 14° 12' V, alt. 820 m), ki je bil razdeljen na šest ograd. Poskus je potekal v četrti ogradi in je obsegal štiri različne odmerke gnojenja s P, vsako

obravnavanje je imelo štiri ponovitve in v obravnavani raziskavi so predstavljene izbrane meritve sedmih let. Osnovne parcele v poskusu so bile velike 40 m² (5 x 8 m), njihova razporeditev na zemljišču je bila izvedena na osnovi slučajnega bloka.

Obravnavanja s P v prvih treh letih trajanja poskusa so bila naslednja: 1- kontrola, negnojeno; 2- nizek odmerek fosforja: 30 kg P₂O₅ ha⁻¹ vsako leto (v treh letih skupno 90 kg P₂O₅ ha⁻¹); 3- srednje visok odmerek fosforja: 90 kg P₂O₅ ha⁻¹ vsako leto (v treh letih skupno 270 kg P₂O₅ ha⁻¹) in 4- visok odmerek fosforja: 270 kg P₂O₅ ha⁻¹ vsako drugo leto (v treh letih skupno 540 kg P₂O₅ ha⁻¹). Gnojilo superfosfat (tripleks 45 % P₂O₅) (Petrokemija d.d., Kutina, Hrvaška) je bilo uporabljeno vsakokrat spomladi pred začetkom vegetacije. Ruša je bila vsa leta izkoriščana samo s pašo s plemenskimi ovcami, in sicer v vsakem obhodu ob visoki gostoti zasedbe (90 ovc ha⁻¹) in čim krajšem trajanju zasedbe (< 10 dni). Tako je bila dosežena enakomernejša razporeditev živalskih izločkov po vsej ogradi s poskusom. Pri tem smo merili maso razpoložljivega zelinja, ki pomeni tisto količino zelinja, ki nastane do začetka obhoda pašnih živali. Vzorčenje zemlje za klasično pedološko analizo je bilo izvedeno prvič spomladi (leto 1996) pred postavitvijo poskusa. Nato je sledilo obdobje treh let (leto 1996, 1997, 1998) gnojenja s stopnjujočim se odmerkom fosforja (30, 90 in 270 kg ha⁻¹ P₂O₅). Ob koncu prve faze poskusa (leto 1998),

to je po opravljenem gnojenju s celotnim odmerkom fosforja, je bilo izvedeno tudi vzorčenje tal s pedološko sondo in sicer od 0 - 3 cm in 3 - 6 cm na istem mestu vzorčenja. Pred analizo smo iz vzorcev odstranili delce organskega materiala s premerom več kot 1 mm in dolžino nad 5 mm. Naslednja štiri leta (od leta 1999 do 2003) so potekale meritve spreminjanja vsebnosti rastlinam dostopnega fosforja v tleh z vzorčenjem na jesen vsako drugo leto. Reakcijo tal smo določili elektrometrično v suspenziji 10 ml talnega vzorca in 50 ml 0,01 M CaCl₂ (SIST ISO 10390, 1996), fosfor in kalij po AL-metodi (Egner, 1960), organsko snov po metodi Walkley Black (SIST ISO 14235, 1999), skupni dušik po Kjeldahlu (Bremner in Mulvaney, 1982) in teksturo s sedimentacijsko pipetno metodo (Janitzky, 1986).

Vzorčenje zelinja ruše na obravnavanem poskusu za pridelek ter merjenje vsebnosti rudnin sta bila opravljena ob pričetku druge faze poskusa, to je v četrtem letu trajanja poskusa (leto 1999). V istem času je bilo vzorčeno zelinje različnih vrst rastlin izven poskusa, ki je lahko uporabljeno za prehrano prežvekovalcev v razmerah pomanjkanja kakovostnejše krme na pašniku. Podatki o založenosti tal z rudninami in proizvodnost zelinja, dobljeni v poskusu, so bili analizirani in statistično obdelani s programoma Microsoft Excel 2003 in Statgraphics 4,0. Statistično značilne razlike smo ugotavljali z Duncanovim testom pri 5 % tveganju.

3 REZULTATI IN DISKUSIJA

3.1 P v zemlji in njegov vpliv na rast zelinja

Podatki analize tal ob postavitvi poskusa (leto 1996) so pokazali, da je do globine 6 cm v povprečju samo 2,0 mg P₂O₅ 100 g⁻¹ tal in 20,8 mg K₂O 100 g⁻¹ tal, vrednost pH pa je znašala 5,7. Na območju izvajanja obravnavanih proučevanj sta bila napravljena dva opisa pedološkega profila tal s pripadajočimi fizikalnimi in kemičnimi lastnostmi posameznih horizontov. Za proučevanje so bili vzeti vzorci iz debelejših plasti zemlje (horizont A1 0 - 16 cm). Zato je bila ugotovljena vsebnost dostopnega P v zemlji še mnogo nižja od vzorčenja do globine 0 - 6 cm. Bil je samo v sledovih, s tendenco višje vrednosti za A1 hrizont in manj v globljih plasteh. Zgornji horizont sprsteninaste rendzine je bil MI teksture, z globino pa je delež gline naraščal tako, da je mestoma A2 horizont bil težje MGI teksture. Zemlja je bila mrvičaste do drobno grudičaste strukture in propustna za vodo. Vrednosti pH se je gibala v območju kisle reakcije, stopnja nasičenosti talnega kompleksa je bila pod 50 %, manj kot polovico so zasedali kalcijevi (Ca) ioni. To kaže na izpranost karbonatov iz zgornjega horizonta, saj je znaša stopnja nasičenosti v A2 tudi do 76 % (Preglednica 1).

V treh letih gnojenja s P je bilo skupno uporabljeno v posameznem obravnavanju v poskusu 90, 270 in 540 kg P₂O₅ ha⁻¹. Dodan P je imel visoko značilen vpliv na njegovo dostopnost za rastline. Na kontrolnem postopku, kjer je bila vsa leta ruša samo izkoriščana s pašo ovc, se vsebnost dostopnega P v tleh ni bistveno spremenila v sedmih letih trajanja opazovanj. Izražen je bil zgolj rahel padec njegove vsebnosti proti koncu trajanja opazovanj. Ta pojav je mogoče delno razložiti z obnašanjem ovc pri paši. Večletna opazovanja njihovega obnašanja so pokazala, da se več časaadržujejo na delu zemljišča, kjer je rodovitnost zemlje boljša, masa razpoložljivega zelinja za pašo večja in v ruši večji delež metuljnic kot posledica delovanja dodanega P. Domnevamo lahko, da je bilo na tistih delih poskusa, kjer je bilo gnojeno s P, puščenih več izločkov in da je bilo prisotno premešanje rudnin iz kontrolnih parcel na gnojene parcele.

V obravnavanju nizek odmerek fosforja (30 kg P₂O₅ ha⁻¹ letno) oziroma skupno 90 kg P₂O₅ ha⁻¹ se je povečala vsebnost dostopnega P v tleh za 2,4 mg P₂O₅ 100 g⁻¹ tal (Preglednica 2). S trikrat večjim odmerkom gnojila (90 kg P₂O₅ ha⁻¹ letno) oziroma skupno 270 kg P₂O₅ ha⁻¹ je bila vsebnost P v tleh povečana za 6,5 mg P₂O₅ 100 g⁻¹ tal. Podobno povečanje vsebnosti P v tleh je bilo ugotovljeno tudi v obravnavanju z visokim odmerkom gnojila (540 kg P₂O₅ ha⁻¹ skupno uporabljeno v treh letih).

Preglednica 1: Pedološki profil dveh mest vzorčenja s pripadajočimi fizikalnimi in kemičnimi lastnostmi izbranih horizontov**Table 1:** Pedological profile of two sampling places with physical and chemical properties of selected horizons

Parametri kemične analize tal	Profil in horizonti				
	P I			P II	
	A1	A2	Brz1	A1	A2
Globina (cm)	0 - 8	8 - 47	47 - 70	0 - 16	16 - 28
Glina (%)	13,2	25,9	38,4	14,6	27,8
pH (CaCl ₂)	4,5	4,4	4,2	4,6	6,2
P ₂ O ₅ (mg 100 g ⁻¹ tal)	1,1	0,4	<0,1	<0,1	<0,1
K ₂ O (mg 100 g ⁻¹ tal)	7,5	4,4	7,5	8	7,6
Organska snov (%)	9,7	5,9	1,7	11,6	8,8
C (%)	5,6	3,4	1	6,7	5,1
CN razmerje	13,3	14,2	11,1	16,8	17
S (mmol 100 g ⁻¹ tal)	4,7	3	3,6	15,7	40,3
T (mmol 100 g ⁻¹ tal)	29,4	25,1	21,2	34,8	51,8
V (% nasičene)	16	12	17	45,1	77,8
Ca (%)	13,6	10,8	14,5	41,6	76,1
Mg (%)	1,6	0,3	1,1	2,4	0,9
K (%)	0,6	0,4	0,8	0,6	0,4
Na (%)	0,3	0,2	0,3	0,6	0,3
H (%)	84	88	82,8	54,9	22,1

Preglednica 2: Spreminjanje vsebnosti za rastline dostopnega P v zemlji v času štirih let po zadnjem gnojenju s P (leto 0)**Table 2:** Changes of plant available P in soil four years after the last fertilizing with P (year 0)

Skupno uporabljeno v treh letih gnojenja s P ₂ O ₅ kg ha ⁻¹	Leto analiziranja zemlje in koncentracija mg P ₂ O ₅ 100 g ⁻¹ tal		
	1999 (leto 0)	2001 (leto 2)	2003 (leto 4)
kontrola - 0	1,9	1,9	1,8
90 - (3x30)	3,5	4,9	4,5
270 - (3x90)	8,4	9,2	7,8
540 - (2x270)	8,5	9,6	6,1

Ob koncu prve faze poskusa (leto 1998), to je po opravljenem gnojenju s celotnim odmerkom P, je bilo izvedeno tudi vzorčenje zemlje do dveh globin in sicer 0 - 3 cm in 3 - 6 cm na istem mestu vzorčenja. Iz dobljenih podatkov v Preglednici 3 je mogoče ugotoviti, da je bil večji del razpoložljivega P za rast rastlin v zelo plitvi plasti zemlje pri čemer je večji del dodanega P v obdobju treh let ostal vezan prav tam predvsem zaradi večjega deleža organske snovi. Razgradnja odmrlih delov rastlin v razmerah kraškega pašnika je zelo počasna zaradi kratke vegetacijske dobe, kisle reakcije v tej plasti zemlje in nezadostne učinkovitosti drobnoživk zaradi slabega zadrževanja padavinske vode v vrhnji plasti zemlje.

Rezultati ponovljene analize zemlje vzorčene do globine 6 cm čez dve leti (tri rastne sezone) so pokazali, da se je povečala dostopnost P za rastline, in sicer za 1,4 mg P₂O₅ 100 g⁻¹ tal pri nizkem odmerku, za 0,6 mg P₂O₅ 100 g⁻¹ tal pri srednjem odmerku in za 1,1 mg P₂O₅ 100 g⁻¹ tal pri visokem odmerku dodanega P (Preglednica 2). Naslednje vzorčenje tal v obravnavanem poskusu je bilo narejeno ponovno čez dve leti, to je štiri leta (pet rastnih sezon) po zadnjem gnojenju s P. Rezultati kažejo, da je prišlo v tem času do zmanjšanja vsebnosti dostopnega P v tleh. To zmanjšanje je znašalo v obravnavanju nizek odmerek 0,4 mg P₂O₅ 100 g⁻¹ tal, v obravnavanju srednji odmerek 1,4 mg P₂O₅ 100 g⁻¹ tal in v obravnavanju visok odmerek 3,6 mg P₂O₅ 100 g⁻¹ tal.

Preglednica 3: Podatki kemične analize tal vzorčenih na dveh globinah v poskusu gnojenja s P
Table 3: Data of soil chemical analysis on two depths in the experiment with P fertilizing

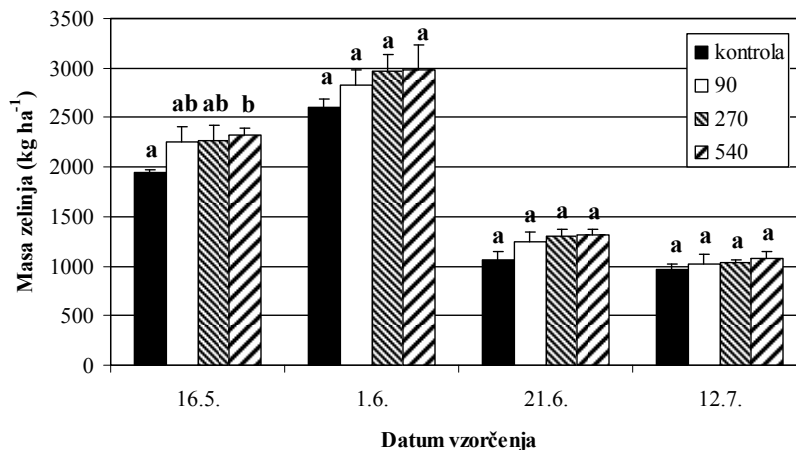
Skupni odmerek (kg P ₂ O ₅ ha ⁻¹)	Globina vzorčenja (cm)	pH (CaCl ₂)	P ₂ O ₅ (mg 100 g ⁻¹ tal)	K ₂ O (mg 100 g ⁻¹ tal)	Organska snov (%)	C (%)	CN razmerje	N skupni (%)
0	0 - 3	5,6	3,8	35,5	14,4	8,3	14,8	0,56
0	3 - 6	5,1	0,4	13,7	8,5	4,9	13,2	0,37
90	0 - 3	5,7	4,5	44,9	16,6	9,6	16,0	0,60
90	3 - 6	5,9	0,8	15,6	9,6	5,6	12,7	0,44
270	0 - 3	5,6	10,2	35,0	16,4	9,5	13,6	0,70
270	3 - 6	5,2	2,6	16,6	8,2	4,7	15,5	0,57
540	0 - 3	5,1	12,7	24,5	13,1	7,6	14,9	0,51
540	3 - 6	5,1	3,1	12,1	7,8	4,5	12,9	0,35

Na hitrost rasti ruše in višino mase razpoložljivega zelinja za pašo spomladi je imelo gnojenje s P zelo majhen in neznačilen vpliv, čeprav se kaže težnja po boljši rasti ruše ob višjem odmerku P pri vseh meritvah v času rastne sezone (Slika 1). Slaba učinkovitost dodanega P na povečanje pridelka je posledica kisle reakcije tal in dejstva, da spreminjanje floristične sestave ruše kraškega pašnika poteka zelo počasi.

3.4 Rudnine v zelinju

V četrtem letu trajanja poskusa so bili nabrani vzorci zelinja za potrebe določitve vsebnosti rudnin v obravnavanju negnojeno in v obravnavanju srednji odmerek fosforja (skupno 270 kg P₂O₅ ha⁻¹ v 3 letih).

Vzorčeno je bilo zelinje ruše spomladi in poleti po metodi šopov, na podoben način kot pasejo živali. Zaradi siromašnosti zemlje kraškega pašnika s P, je tudi njegova vsebnost v zelinju ruše zelo nizka. Ugotovljeno je bilo 1,2 g P kg⁻¹ suhe snovi (SS). Z letnim odmerkom 90 kg P₂O₅ ha⁻¹ se je v treh rastnih sezonah njegova vsebnost povečala v povprečnem vzorcu zelinja na 2,1 g kg⁻¹ SS (Preglednica 4). Tudi vsebnost Ca je bila povišana zaradi gnojenja s P, v pomladanskem zelinju pa tudi vsebnost natrija (Na). Vsebnost mikroelementov (cink - Zn, mangan - Mn, železo - Fe, baker - Cu) je bila višja v poletnem zelinju, ker je bil delež starejših rastlin in odmrle organske snovi v ruši večji zaradi pašnih ostankov od spomladi.



Slika 1: Masa razpoložljivega zelinja (16.5., 1.6., 12.7.) in pašnih ostankov (21.6.) na poskusu gnojenja s stopnjujočim se odmerkom P (v kg ha⁻¹) v letu 2002. Podana so povprečja ± SN, enaka črka nad stolpcem označuje obravnavanja, med katerimi ni statistično značilnih razlik (Duncanov test, p < 0,05)

Figure 1: Mass of available herbage (16.5., 1.6., 12.7.) and sward residuals (21.6.) in phosphorus experiment with increased portion of P (in kg ha⁻¹) in 2002. Means ± SE are presented, different letters above columns mark statistically significant differences between the treatments (Duncan's test, p < 0.05)

Preglednica 4: Vpliv gnojenja s P na vsebnost pomembnejših rudnin v zelinju kraškega pašnika spomladi in poleti in potrebna vsebnost v suhi snovi za ovce (Grace, 1983)

Table 4: The influence of P fertilizing on the concentration of more important minerals in the herbage of karst pasture in spring and summer and required content in dry matter for sheep diet (Grace, 1983)

Čas vzorčenja Odmerek kg P ₂ O ₅ ha ⁻¹ v 3 letih	Pomlad		Poletje		Potrebna vsebnost rudnine v krmi za ovce
	0	270	0	270	
Fosfor (g kg ⁻¹ SS)	1,18	2,15	1,16	2,14	2,5
Kalcij (g kg ⁻¹ SS)	11,51	14,94	12,31	14,03	3,2
Magnezij (g kg ⁻¹ SS)	2,00	2,98	2,16	3,20	1,2
Kalij (g kg ⁻¹ SS)	15,04	15,21	11,42	15,55	6,0
Natrij (g kg ⁻¹ SS)	0,27	0,50	0,36	0,31	0,9
Cink (mg kg ⁻¹ SS)	24,20	22,70	23,50	54,90	25,0
Mangan (mg kg ⁻¹ SS)	43,30	57,30	43,30	71,40	25,0
Železo (mg kg ⁻¹ SS)	73,30	78,20	153,30	190,40	40,0
Baker (mg kg ⁻¹ SS)	7,51	10,82	10,75	16,62	14,0

Katere vrste rastlin bodo zaužile živali pri paši, je pri nadzorovanem vodenju paše zelo odvisno od deleža določene rastline v ruši. Več kot je neke rastline v ruši, večji je njen delež v zaužitem obroku, če je ponudba zelinja za pašo približno vzklajena s potrebo živine po krmi. Zato so bile ločeno vzorčene tiste rastline, ki so od posamezne skupine predstavljale največji delež v ruši. Največ P je vseboval navadni regrat (*Taraxacum*

officinale L.), manj črna detelja (*Trifolium pratense* L.) in najmanj rdeča bilnica (*Festuca rubra* L.). Gnojenje s P je vplivalo na povečanje vsebnosti P v vseh treh vrstah rastlin. Najbolj se je povečala njegova vsebnost pri črni detelji, in sicer za 52 %. Dodan P je vplival tudi na povečanje vsebnosti Na, ki ga v zelinju kraškega travinja običajno tudi zelo primanjkuje.

Preglednica 5: Vpliv gnojenja s P na hranilno vrednost in vsebnost rudnin ob koncu pomladi v zelinju rastlin, ki so bile v ruši najbolj zastopane

Table 5: The influence of P fertilizing on nutrient value and mineral content in herbage of plants which were the most abundant at the end of spring

Vrsta rastline	RDEČA BILNICA		ČRNA DETELJA		Navadni regrat	
	0	270	0	270	0	270
Gnojeno s P ₂ O ₅ kg ha ⁻¹						
Suha snov (g kg ⁻¹ zelinja)	381,2	359,9	280,2	273,4	174,8	174,4
Surove beljakavine (g kg ⁻¹ SS)	80,34	84,26	151,2	156,2	165,6	158,7
Surova vlaknina (g kg ⁻¹ SS)	356,60	355,4	321,2	320,8	152,2	152,1
Surovi pepel (g kg ⁻¹ SS)	42,54	43,56	62,87	59,53	105,9	101,1
Fosfor (g kg ⁻¹ SS)	1,15	1,95	1,60	2,44	1,96	3,16
Kalcij (g kg ⁻¹ SS)	4,49	3,40	14,63	13,98	19,77	16,63
Magnezij (g kg ⁻¹ SS)	1,01	1,17	2,79	3,54	3,80	4,72
Kalij (g kg ⁻¹ SS)	9,06	11,79	14,90	11,09	27,68	25,82
Natrij (g kg ⁻¹ SS)	0,41	0,34	0,56	0,71	0,83	1,42
Cink (mg kg ⁻¹ SS)	22,30	17,79	37,03	26,41	35,42	55,14
Mangan (mg kg ⁻¹ SS)	34,87	75,14	29,23	32,73	38,64	44,80
Baker (mg kg ⁻¹ SS)	7,39	7,56	14,04	13,57	15,61	17,54
Selen (mg kg ⁻¹ SS)	0,027	0,026	0,031	0,037	0,035	0,041

4 RAZPRAVA

Rezultati številnih kemičnih analiz zemlje za potrebe izdelave pedološke karte Slovenije (Stepančič in sod., 1980) ali za potrebe znanstveno raziskovalnega dela (Leskošek, 1965) ali za potrebe pridobivanja nepovratnih sredstev pri urejanju pašnikov na opuščeni zemljiščih (Vidrih in Kotnik, 1995) in neposrednih plačil v SKOP programu (Sušin, 2007) nedvoumno kažejo na zelo nizko vsebnost rastlinam dostopnega P v zemlji našega travinja (Leskošek, 1998), posebno tistega v hribovitem svetu in na krasu. Podobne razmere na travinju v hribovitem svetu so tudi v drugih geografskih območjih, posebno v Sredozemlju (Seligman, 1996). Tako je tudi v primeru travinja na planini Vremščica, kjer potekajo proučevanja rekultivacije opuščeni zemljišč s pomočjo živali kot orodjem (Vidrih in sod., 1995). Že s predhodnimi proučevanji na drugih območjih Slovenije je bilo potrjeno, da je povečanje vsebnosti dostopnega P v tleh nujno potrebno za izdatnejšo rast bele detelje in povečanje njenega deleža v ruši (Vidrih, 1990).

Višina letnega odmerka P za povečanje njegove vsebnosti v tleh je predmet številnih raziskav (Leskošek, 1978; Edmeades in sod., 1990; Dodd in sod., 1999). Večji del dodanega P preide najprej v netopnega in šele s povečanjem mikrobiološke aktivnosti v tleh se izboljša tudi oskrba rastlin s P. Živali z gaženjem lahko pospešijo ta proces (Djodjic in sod., 2005). Zadnji dve leti izvajanja proučevanj je bilo mogoče opaziti vse več glistin na površju tal tako v pomladanskem kot tudi

jesenskem času. To je bil jasen znak o povečani aktivnosti deževnikov v zemlji, s čemer je prišlo do izdatnejšega mešanja vrhnje plasti zemlje s tisto pod njo, ki je še bolj siromašna s P. Tako je verjetno prišlo do učinka razredčitve na vsebnost P v vzorčni plasti zemlje, saj je bilo ugotovljeno zmanjšanje vsebnosti ob koncu trajanja proučevanj, ki ga ni mogoče pojasniti samo z odvzemom za rast ruše.

Samo gnojenje s P je v začetku rekultivacije opuščeni zemljišč pravilna odločitev, ker je treba najprej povečati vsebnost P v zelinju, da bodo pašne živali dovolj oskrbljene s to rudnino. Glede na navedbe v literaturi (Grace, 1983) mora zelinje vsebovati najmanj 2,5 g P kg⁻¹ SS, da so pokrite potrebe za normalen razvoj živali za rejo. V obravnavanju negojeno je zelinje vsebovalo le polovico navedene vrednosti in pri gnojenju s srednjim odmerkom P je šele v tretji sezoni opazovanj vsebnost P v zelinju narasla do 2,1 g kg⁻¹ SS. Istočasna uporaba apna za znižanje kislosti zemlje bi vplivala na povečanje pridelka in boljšo rast metuljnic v ruši, toda zvišanje vsebnosti P v zelinju bi bilo manjše, kot je bilo doseženo pri gnojenju samo s P (Albrecht, 2005). Izkušnje, ki jih imajo drugje z opustitvijo redne uporabe fosfatov na pašnikih v hribovitem svetu zaradi slabe ekonomske učinkovitosti kažejo na zmanjšanje pridelovalne zmogljivosti zemljišč in ponovno opuščanje kmetijske rabe na takih območjih (Gillingham in sod., 1990).

5 SKLEPI

Poglaviten razlog za opuščanje rabe kraškega travinja je zelo nizka vsebnost rastlinam dostopnega P v tleh. Ta je bil odvzet zemlji s pridelkom krme in premeščen v nižje ležeča območja tudi z erozijskimi procesi. Rekultivacijo kraškega travinja narekujejo številni razlogi, ki imajo vpliv na kakovost življenja na tem območju. Ponovno usposobitev opuščeni zemljišč za rabo in pridelavo funkcionalne hrane bo mogoče učinkovito izvajati samo z vodenjem nadzorovane paše domačih živali.

Dolgoletna in redna uporaba fosfatnih gnojil na kraškem pašniku je osnovna zahteva za rekultivacijo izčrpanih zemljišč s pomočjo pašnih živali. Pašne živali imajo velike in specifične potrebe po rudninah, ki jih z rušo siromašnega kraškega travinja ni mogoče pokriti. Zato

je gnojenje teh zemljišč z letnim odmerkom 90 kg P₂O₅ ha⁻¹ (39 kg P ha⁻¹) nujno potrebno, da bodo pašne živali ustrezno oskrbljene s P in bo rekultivacija opuščeni zemljišč uspešna ter njihova uporaba gospodarna tudi v slabših razmerah za kmetovanje kot so danes.

Siromašnost obravnavanih zemljišč s P je tudi glavna ovira za hitro in učinkovito povečanje njihove pridelovalne zmogljivosti, ki je nujna za ohranjanje teh zemljišč v funkciji pridelave hrane, negovane podobne pokrajine, zmanjšanje požarne ogroženosti območja in povečanje sposobnosti zemlje za neškodljivo recikliranje odpadnih snovi.

6 LITERATURA

- Albrecht, W.A. 2005. Soil Fertility and Animal Health. Iowa, Fred Hahne Printing: 90 str.
- Bremner, J.M., Mulvaney, C.S. 1982. Nitrogen total. V: Methods of soil analysis. Part 2: chemical and microbiological properties. Page A.L., Miller R.H., Keeney D.R. (eds.). Madison, Agronomy Monographs, 9: 595-624.
- Caradus, J.R., Hay, R.J.M., Woodfield, D.R. 1996. The positioning of white clover cultivars in New Zealand. V: White clover: New Zealand Competitive Edge. Caradus, J.R., Woodfield, D.R. (eds.). Grassland Research and Practice Series No. 6: 45-49.
- Csatho, P., Sisák, I., Radimsky, L., Lushaj, S., Spiegel, H., Nikolova, M. T., Nikolov, N., Čermák, P., Klir, J., Astover, A., Karklins, A., Lazauskas, S., Kopyński, J., Hera, C., Dumitru, E., Manojlović, M., Bogdanović, D., Torma, S., Leskošek, M., Khristenko, A. 2007. Agriculture as a source of phosphorus causing eutrophication in Central and Eastern Europe. *Soil Use and Management*, 23,1: 36-56.
- Djordjic, F., Bergstro, L., Grant, C. 2005. Phosphorus management in balanced agricultural systems. *Soil use and management*, 21: 94-101.
- Dodd, M.B., Ledgard, S.F. 1999. Long term effect of withholding superphosphate application on North Island hill country: a 10-year update. *Proceedings of the New Zealand Grassland Association*, 61: 63 -68.
- Edmeades, D.M., Wheeler, G.R.Y.S., Smith, N. 1990. Effect of pasture composition on lime and phosphorus responses on a dryland soil. *Proceedings of the New Zealand Grassland Association*, 52: 171-175.
- Egner, H., Riem, H., Domingo, W.R. 1960. Untersuchungen ueber die chemische Bodenanalyse als Grundlage fuer Beurteilung des Naehrstoffzustandes der Boeden. II. Chemische Extraktionsmethoden zur Phosphor - und Kaliumbestimmung. *Kungliga Landbrukshögskolans Annaler*, 26: 199-215.
- Eler, K. 2007. Dinamika vegetacije travišč v slovenskem submediteranu - vzorci in procesi ob spremembah rabe tal. Doktorska disertacija. Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za agronomijo: 167 str.
- Ferčej, J. 1996. Razvoj govedoreje in vplivi na okolje. *Znanost in praksa v govedoreji*, 20: 111-122.
- Gillingham, A.G., Richardson, S., Power, I.L., Riley, J. 1990. Long term effect of withholding phosphate application on North Island hill country: Whatawhata Research Centre. *Proceedings of the New Zealand Grassland Association*, 51: 11-16.
- Grace, N.D. 1983. The mineral requirements of grazing ruminants. *New Zealand Soc. of Animal Production, Occ. Publication No. 9*: 150 str.
- Gruden, J. 1910. Zgodovina slovenskega naroda. Celovec, Družba sv. Mohorja: 1088 str.
- Hočevar, M., Kušar, G., Cunder, T. 2004. Monitoring in analiza zaraščanja kraške krajine v GIS okolju. *Zbornik gozdarstva in lesarstva*, 75: 21-52.
- Janitzky, P. 1986. Particle-size analysis. V: Field and laboratory procedures in a soil chronosequence study. Singer M.J., Janitzky P. (eds.). Reston, U.S. Geological Survey Bulletin: 11-16.
- Kaligarič, M. 1997. Rastlinstvo primorskega Krasa in slovenske Istre: travniki in pašniki. Koper, Zgodovinsko društvo za južno Primorsko: 111 str.
- Kaligarič, M., Culiberg, M., Kramberger, B. 2006. Recent vegetation history of the North Adriatic grasslands: expansion and decay of an anthropogenic habitat. *Folia Geobotanica*, 41: 241-258.
- Leskošek, M. 1965. Vpliv fosfatov na pridelek ter na floristično in kemično sestavo mrve v Sloveniji. Doktorska disertacija. Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za agronomijo: 183 str.
- Leskošek, M. 1978. Versuche zum Vergleich verschiedener P-Formen auf Wiesen in Slowenien. *LDW. Forschung* 30, II. Sonderheft: 112-122.
- Leskošek, M. 1993: Gnojenje: za velik in kakovosten pridelek, za izboljšanje rodovitnosti tal, za varovanje narave. Ljubljana, Kmečki glas: 197 str.
- Leskošek, M. 1998. Phosphorus in soil and phosphorus fertilization in Slovenia. *Fragmenta Agronomica Tom*, 3: 401-406.
- Lobnik, F., Šporar, M., Hodnik, A., Vrščaj, B. 2002. Pedološke raziskave območja Vremšičice. CRP projekt: Zaraščanje kmetijskih površin v Sloveniji, Ljubljana, Biotehniška fakulteta: 8 str.
- Papanastasis, V.P. 1999. Grassland and woody plants in Europe with special reference to Greece. *Grassland Science in Europe*, 4: 15-24.
- Rodríguez, R.A., Losada, M.R.M., Franco, R.R., Hernandez, M.P.G., Urtiaga, J.J.V. 2005. Silvopastoral systems as a forest fire prevention technique. V: *Silvopastoralism and Sustainable Land Management*. Losada, M.R.M., Riguero, A., McAdam, J. (eds.). Wallingford, CABI publishing: 213-225.
- Scott, D. 2003. Dryland legumes: perspective and problems. V: *Legumes for dryland pastures*. Moot, D.J. (ed.). Grassland Research and Practice Series No. 11: 27-36.
- Seligman, N.G. 1996. Management of Mediterranean Grasslands. V: *The Ecology and Management of Grazing Systems*. Hodgson, J., Illius, A.W. (eds.). Wallingford, CAB Int.: 359-391.
- SIST ISO 10390. 1996. Kakovost tal - Ugotavljanje pH, SIST ISO: 5 str.
- SIST ISO 14235. 1995. Določanje organskega ogljika z oksidacijo v kromžveplovi kislini. SIST ISO: 5 str.

- Stepančič, D., Lobnik, F., Prus, T. 1980. Pedološka karta RS Slovenije, 1:25000, Biotehniška fakulteta, Center za tla in varstvo okolja.
- Sušin, J. 2007. Kakšna mineralna gnojila potrebujemo v Sloveniji glede na oskrbljenost tal s fosforjem in kalijem. Ljubljana, Kmečki glas, 64, 4:1-3.
- Vidrih, A. 1990. Effect of controled grazing and sod seeding of white clover on improvement of Nardus dominant hill pasture. V: Soil - grassland - animal relationship. Proceeding of 13th General Meeting of the EGF, Banska Bistrica, 25-29 junij 1990. Gaborčik, N., Krajčovič, V., Zimkova, M. (eds.). Banska Bistrica: 151-156.
- Vidrih, A., Kotnik, T. 1995. Nadzorovana paša malih prežvekovalcev kot osnova za sonaravno kmetovanje. Sodobno kmetijstvo, 28, 5: 235-242.
- Vidrih, A., Pogačnik, M., Kotar, M., Juntos, P., Kompan, D., Krek, V. 1995. Controlled grazing for small ruminants as a tool for sustainale management in karst grassland. Cahiers options méditerranéennes, 12: 139-142.