

UNIVERZITET U BEOGRADU  
POLJOPRIVREDNI FAKULTET

Snežana P. Jakšić

UTICAJ KRMNOG USEVA, TIPA I  
PLODNOSTI ZEMLJIŠTA NA  
PRODUKTIVNOST I HEMIJSKI SASTAV  
KABASTE STOČNE HRANE

doktorska disertacija

Beograd, 2014.

UNIVERSITY OF BELGRADE  
FACULTY OF AGRICULTURE

Snežana P. Jakšić

**EFFECT OF FORAGE CROPS, SOIL  
TYPE AND SOIL FERTILITY ON  
PRODUCTIVITY AND CHEMICAL  
COMPOSITION OF ROUGHAGE**

Doctoral Dissertation

Belgrade, 2014.

Podaci o mentoru i članovima komisije:

**Mentor:**

Dr Savo Vučković  
redovni profesor, Univerzitet u Beogradu, Poljoprivredni fakultet, Zemun

**Članovi komisije:**

Dr Jovica Vasin, naučni saradnik  
Institut za ratarstvo i povrtarstvo, Novi Sad

Dr Srboljub Maksimović, naučni savetnik  
Institut za zemljište, Beograd

Dr Sanja Vasiljević, viši naučni saradnik  
Institut za ratarstvo i povrtarstvo, Novi Sad

Dr Aleksandra Stanojković-Sebić, naučni saradnik  
Institut za zemljište, Beograd

Datum odbrane:

*Mojem ocu Petru,  
mojoj dragoj porodici,  
čija je ljubav istkala niti ovog dela....*

## Zahvalnica

Neizmernu zahvalnost za izradu doktorske disertacije dugujem svom mentoru prof. dr Savi Vučkoviću, koji mi je pružio dragocenu pomoć i podršku.

Takođe, veliku zahvalnost dugujem dr Jovici Vasinu na stručnoj pomoći i prijateljskim savetima.

Posebno se zahvaljujem dr Sanji Vasiljević, čiji mi je entuzijizam bio podstrek i u najtežim trenucima.

Članovima komisije dr Srboljubu Maksimoviću i dr Aleksandri Stanojković-Sebić zahvaljujem se na pomoći pri finalnoj izradi rada.

Zahvalnost dugujem prof. dr Petru Sekuliću, koji mi je otvorio vrata sveta nauke.

Zahvaljujem se mojoj matičnoj kući Institutu za ratarstvo i povrtarstvo u Novom Sadu, a prvenstveno kolegama iz Laboratorije za zemljište i agroekologiju, Odeljenja za krmno bilje i Odseka za mikrobiološke preparate.

Deo disertacije je realizovan u okviru projekta broj TR31072 "Stanje, tendencije i mogućnosti povećanja plodnosti poljoprivrednog zemljišta u Vojvodini" koji je finansiran od strane Ministarstva prosvete i nauke Republike Srbije.

Zahvaljujem se na materijalnoj pomoći i projektu- The Norwegian Programme in Higher Education, Research and Development in the Western Balkans 2010-2014. The Agriculture Sector (HERD/Agriculture) HERD Project (Project no.: 09/1548; 332 160UÅ) "Research, education and knowledge transfer promoting entrepreneurship in sustainable use of pastureland/grazing", koji je jednim delom pomogao u realizaciji ove doktorske disertacije.

Mojoj dragoj porodici se zahvaljujem na razumevanju i strpljenju... i velikoj ljubavi...

## Uticaj krmnog useva, tipa i plodnosti zemljišta na produktivnost i hemijski sastav kabaste stočne hrane

### REZIME:

Varijabilnost produktivnosti i kvaliteta kabaste stočne hrane od lucerke i crvene deteline posledica je, između ostalih faktora, specifičnosti mineralne ishrane biljnih vrsta u različitim proizvodnim uslovima, koja se ogleda u različitosti usvajanja i akumulacije mineralnih materija iz zemljišta, kako u pogledu vrste, tako i količine elemenata.

Cilj rada je definisanje očekivanih prinosa i kvaliteta na određenom tipu zemljišta i nivou plodnosti, čime se stvaraju modeli proizvodnje kabaste stočne hrane, koji omogućavaju optimizaciju tehnologije gajenja u cilju intenzivnije ratarske i stočarske proizvodnje. Ispitivanje uticaja krmnog useva, tipa i plodnosti zemljišta na produktivnost i hemijski sastav kabaste stočne hrane je izvedeno sa dve biljne vrste (lucerka (*Medicago sativa* L.) i crvena detelina (*Trifolium pratense* L.)) na šest različitih tipova zemljišta (černozem, vertisol, eutrični kambisol, fluvisol, humofluvisol i humoglej) i četiri klase plodnosti (niska, srednja, visoka i vrlo visoka plodnost). Uzorkovanje zemljišta i biljnog materijala je izvršeno tokom maja 2011. godine.

Prinosi zelene mase i suve materije krmnih useva iz prvog otkosa pokazali su zavisnost u odnosu na biljnu vrstu, tip i plodnost zemljišta. Crvena detelina je imala veće prinose u odnosu na lucerku, s obzirom da ima manje zahteve prema plodnosti zemljišta, te dobru produktivnost ostvaruje i na zemljištima lošijeg kvaliteta. Prosečan prinos krmnih useva je rastao sa povećanjem plodnosti zemljišta. Najveći prinosi ostvareni su na černozemu.

Kvalitet krme je bio uslovljen heterogenošću tipova zemljišta, a rastao je sa povećanjem plodnosti zemljišta. Na zemljištima povoljnijih fizičko-hemijskih osobina krmiva su sadržavala više sirovih proteina, fosfora, kalijuma, kalcijuma, sumpora, molibdena, a manje celuloze i nikla. Međutim, na zemljištu vrlo visoke plodnosti i sadržaj nitrata u biljkama je bio najveći. Sadržaj većine ispitivanih elemenata, kao i nitrata, bio je veći u suvoj materiji lucerke, u odnosu na crvenu detelinu.

Sadržaj teških metala u krmnim usevima nije prelazio zakonski dozvoljenu granicu, a takođe je bio ispod prosečne kritične i toksične koncentracije za gajene biljke, osim u slučaju gvožđa, čiji je sadržaj na pojedinim lokalitetima bio iznad granice kritične koncentracije gvožđa u gajenim biljkama.

Rezultati ovih istraživanja imaju naučni, ali i praktični značaj u zasnivanju i eksploataciji površina pod lucerkom i crvenom detelinom, kao i u zaštiti životne sredine. Optimizacijom tehnologije proizvodnje kabaste stočne hrane otvara se mogućnost intenzivnije ratarske i stočarske proizvodnje.

**Ključne reči:** lucerka, crvena detelina, stočna hrana, zemljište, produktivnost, hemijski sastav.

**Naučna oblast:** Biotehničke nauke

**Uža naučna oblast:** Krmno bilje i travnjaci

**UDK broj:** 633.31/.32:641.1(043.3)

## **Effect of Forage Crops, Soil Type and Soil Fertility on Productivity and Chemical Composition of Roughage**

### **ABSTRACT:**

Variability of productivity and quality of alfalfa and red clover roughage results from specificities of mineral plant nutrition in various production conditions, among other factors, i.e. different uptake and accumulation of various mineral nutrients and quantities from the soil.

The aim of this dissertation was to define the expected yields and quality on a certain soil type and fertility level, which helps develop models of roughage production in order to enable optimization of growing technology for more intensive field and fodder crops production. Analysis of forage crop type, soil type and soil fertility effect on the productivity and chemical composition of roughage was carried out on two plant species (alfalfa (*Medicago sativa* L.) and red clover (*Trifolium pratense* L.)) on six different soil types (chernozem, vertisol, eutric cambisol, fluvisol, humofluvisol and humogley) and four soil fertility classes (low, medium, high and very high). Soil and plant material were sampled in May 2011.

Yields of fresh weight and dry matter of forage crops from the first cutting depended on the plant species, soil type and soil fertility. Red clover yielded more than alfalfa, since it has lower demands towards soil fertility and reaches good productivity even on poorer soils. Forage crops average yield increased as soil fertility increased; the highest yields were reached on chernozem soil.

Forage quality was conditioned by heterogeneity of the soil types and increased as soil fertility increased. On soils with favourable physical and chemical properties forages contained more crude proteins, phosphorus, potassium, calcium, sulphur, molybdenum, but less cellulose and nickel. However, on soils with very high fertility nitrates content in plants was the highest. Content of most tested elements, including nitrates, was higher in alfalfa dry matter than in red clover.



Heavy metal content in forage crops did not exceed MAC (maximum allowed concentrations) and was below average critical and toxic concentration for crops, except for iron with content above critical concentration on some sites.

Results have scientific and practical use in establishing and exploiting alfalfa and red clover area, as well as environmental protection. Optimization of roughage production technology enables more intensive field and forage production.

**Key words:** alfalfa, red clover, feed, soil, productivity, chemical composition.

**Scientific area:** Biotechnical sciences

**Specific scientific area:** Forage crops and grasslands

**UDC number:** 633.31/.32:641.1(043.3)

## SADRŽAJ

<b>1. UVOD .....</b>	<b>1</b>
<b>2. CILJ ISTRAŽIVANJA.....</b>	<b>3</b>
<b>3. RADNA HIPOTEZA .....</b>	<b>4</b>
<b>4. PREGLED LITERATURE .....</b>	<b>5</b>
4.1. LUCERKA .....	5
4.2. CRVENA DETELINA .....	7
4.3. TIPOVI ZEMLJIŠTA.....	10
4.4. PLODNOST ZEMLJIŠTA.....	20
<b>5. MATERIJAL I METOD RADA .....</b>	<b>43</b>
5.1. HEMIJSKA ANALIZA ZEMLJIŠTA .....	46
5.2. MIKROBIOLOŠKA ANALIZA ZEMLJIŠTA .....	47
5.3. ANALIZA BILJNOG MATERIJALA .....	48
5.4. STATISTIČKA OBRADA PODATAKA.....	49
<b>6. AGROMETEOROLOŠKI USLOVI .....</b>	<b>50</b>
<b>7. RAZULTATI ISTRAŽIVANJA I DISKUSIJA .....</b>	<b>55</b>
7.1. KARAKTERIZACIJA ZEMLJIŠTA.....	55
7.1.1. Osnovne hemijske osobine .....	55
7.1.2. Mikrobiološke osobine.....	58
7.2. PRINOS ZELENE MASE I SUVE MATERIJE BILJAKA .....	61
7.3. KVALITATIVNE KARAKTERISTIKE BILJAKA .....	66
7.3.1. Sirovi proteini i azot.....	66
7.3.2. Sirova celuloza.....	77
7.3.3. Pepeo .....	85
7.3.4. Nitrati.....	93
7.3.5. Fosfor.....	96
7.3.6. Kalijum.....	102
7.3.7. Sekundarni elementi.....	111
7.3.7.1. Kalcijum.....	111
7.3.7.2. Magnezijum.....	116
7.3.7.3. Natrijum .....	122
7.3.7.4. Sumpor .....	127
7.3.8. Mikroelementi .....	133
7.3.8.1. Bakar .....	133
7.3.8.2. Bor.....	140
7.3.8.3. Gvožđe .....	144
7.3.8.4. Kobalt.....	148
7.3.8.5. Mangan.....	152
7.3.8.6. Molibden .....	157
7.3.9. Teški metali .....	160
7.3.9.1. Aluminijum .....	160
7.3.9.2. Hrom .....	164
7.3.9.3. Kadmijum.....	168
7.3.9.4. Nikl.....	170
7.3.9.5. Olovo.....	174
7.3.9.6. Živa .....	177
<b>8. ZAKLJUČAK.....</b>	<b>178</b>
<b>9. LITERATURA .....</b>	<b>185</b>
<b>10. BIOGRAFIJA AUTORA .....</b>	<b>213</b>

## 1. UVOD

Zahvaljujući visokom potencijalu za produkciju biomase i kvalitativnim osobinama, prvenstveno visokoj nutritivnoj vrednosti i dobroj svarljivosti, višegodišnje leguminoze predstavljaju osnovu stočarske proizvodnje. Lucerka (*Medicago sativa* L.) i crvena detelina (*Trifolium pratense* L.) se danas smatraju najvažnijim krmnim leguminozama, kako po površinama, tako i po proizvodnji.

Veliki značaj lucerke može se pripisati njenim brojnim morfološkim i fiziološkim karakteristikama (**Radović et al.**, 1996), koji doprinose visokom i stabilnom prinosu biomase, preko 80 t/ha zelene mase i približno 20 t/ha suve materije (**Nešić et al.**, 2005; **Radović et al.**, 2004). Odlikuje se visokim sadržajem sirovih proteina (**Dinić et al.**, 2005; **Marković et al.**, 2007), odlično izbalansiranog aminokiselinskog sastava i dobre razgradivosti (**Tomić, et al.**, 2007). Daje krmu bogatu vitaminima i mineralima, a u odnosu na većinu drugih kabastih stočnih hraniva sadrži manje vlakana i usled toga više neto energije. Uloga simbiotskog azotofiksatora čini je značajnim faktorom u rotaciji useva.

Crvena detelina, nasuprot lucerki, bolje podnosi kiselija i vlažnija zemljišta, te se sa velikim uspehom može gajiti na širem području umerenog klimata, prvenstveno usled jednostavnosti u zasnivanju, brzog porasta, kao i visokog prinosa i kvaliteta krme (**Vasiljević i sar.**, 2010). U povoljnim uslovima može da ostvari prinos suve materije i do 22 t/ha (**Ćupina i sar.** 1997). Bogata je esencijalnim aminokiselinama (cistin, triptofan i leucin), te vitaminima i mineralnim materijama. Posедуje visok sadržaj rastvorljivih ugljenih hidrata, što je čini boljim energetskim hranivom čak i od lucerke (**Vasiljević i sar.**, 2011).

Usklađenost osobina krmnih biljaka i proizvodnih uslova preduslov je visokoj produktivnosti i dobrom kvalitetu kabaste stočne hrane. Svaka krmna biljka ima specifične zahteve, prvenstveno prema klimi i zemljištu, koji određuju mogućnost gajenja pojedinih krmnih biljaka na nekom području.

Varijabilnost produktivnosti i kvaliteta kabaste stočne hrane od lucerke i crvene deteline posledica je, između ostalog, specifičnosti mineralne ishrane biljnih vrsta u

različitim proizvodnim uslovima, koja se ogleda u različitosti usvajanja i akumulacije mineralnih materija iz zemljišta, kako u pogledu vrste, tako i količine elemenata.

Zemljište je jedan od najznačajnijih faktora biljne proizvodnje. Usled razlika u građi pedološkog profila, procesima transformacije i migracije mineralnih i organskih materija, kao i fizičko-hemijskim karakteristikama, produktivnost i kvalitet biljaka se razlikuju na različitim tipovima zemljišta. Veća produktivnost i kvalitet lucerke i crvene deteline ostvaruju se na černozemu i drugim humoznim i karbonatnim zemljištima, a manja na plitkim i kamenitim zemljištima.

Plodnost zemljišta je uslovljena njegovim svojstvima, koji su rezultat uticaja prirodnih pedogenetskih procesa i faktora na matični supstrat, ali i antropogenog uticaja. Samo na zemljištima povoljnih karakteristika moguće je ostvariti stabilnu i rentabilnu proizvodnju. Adekvatna obezbeđenost zemljišta hranljivim elementima azotom, kalijumom, fosforom, kalcijumom i sumporom, te mikroelementima molibdenom, borom, cinkom i bakrom imaju pozitivan uticaj na ispitivane kvalitativne osobine i produktivnost obe biljne vrste. Nasuprot tome, nepovoljne karakteristike zemljišta, kao što su deficit karbonata, povećana kiselost i prekomeran sadržaj opasnih i štetnih materija, imaju negativan uticaj na prinos i parametre kvaliteta krme.

Poznavanjem genetskog potencijala i potreba biljaka, te agroekoloških uslova proizvodnog regiona, moguće je izvršiti optimizaciju proizvodnje racionalnim korišćenjem proizvodnih inputa.

## 2. CILJ ISTRAŽIVANJA

Osnovni naučni cilj predloženih istraživanja je utvrđivanje produktivnosti i hemijskog sastava kabaste stočne hrane dve krmne vrste, lucerke i crvene deteline, na različitim tipovima zemljišta i različitim nivoima plodnosti, u cilju optimizacije proizvodnje.

Proučavanje korelacija između prinosa i kvalitativnih osobina krmnih biljaka, s jedne strane i sadržaja hranljivih, kao i toksičnih elemenata u zemljištu, s druge strane, doprineće boljem razumevanju uticaja plodnosti zemljišta na biljke.

Cilj ispitivanja sadržaja nitrata u biljkama lucerke i crvene deteline je identifikacija faktora, koji uzrokuju razlike u fitoekstrakciji nitrata od strane biljaka.

Cilj nam je da utvrđivanjem razlika između ispitivanih tretmana, kombinovanih međusobno, i analizom dobijenih rezultata statističkim metodama ponudimo modele proizvodnje lucerke i crvene deteline, u smislu definisanja očekivanih prinosa i kvaliteta na određenom tipu zemljišta i nivou plodnosti za područje Srbije.

Takođe, cilj je da se utvrdi sadržaj opasnih i štetnih materija, u svim ispitivanim tipovima i nivoima kvaliteta zemljišta, te biljnom materijalu, radi konstatacije usklađenosti njihovog sadržaja sa propisanim maksimalno dozvoljenim količinama, kao i uticaj ispitivanih faktora na njihov sadržaj, kako u zemljištu, tako i biljkama.

Rezultati ovih istraživanja imaju naučni, ali i praktični značaj u zasnivanju i eksploataciji površina pod lucerkom i crvenom detelinom, kao i u zaštiti životne sredine. Očekivani rezultati bi trebalo da budu putokaz za proizvodnu praksu u sličnim proizvodnim uslovima. Osim toga, optimizacijom tehnologije proizvodnje kabaste stočne hrane otvara se mogućnost intenzivnije ratarske i stočarske proizvodnje.

### 3. RADNA HIPOTEZA

Za ostvarivanje naučnih i stručnih ciljeva ovih istraživanja polazi se od nekoliko hipoteza.

Današnja stočarska proizvodnja se velikim delom bazira na upotrebi lucerke i crvene deteline kao kvalitetne kabaste stočne hrane.

S obzirom na različite agroekološke uslove i genetski potencijal, očekuju se razlike u produktivnosti i hemijskom sastavu između lucerke i crvene deteline, koje će se ogledati u varijabilnosti usvajanja i akumulacije hranljivih materija.

Očekuje se da će produktivnost i hemijski sastav krme lucerke i crvene deteline varirati u zavisnosti od tipa zemljišta. Biljke lucerke imaće viši prinos i kvalitet na černozeru i drugim humoznim i karbonatnim zemljištima, a niži na plitkim i kiselijim. Pretpostavlja se da će osobine tipa zemljišta imati manjeg uticaja na crvenu detelinu.

Plodnost zemljišta će imati uticaja na produktivnost i hemijski sastav krme lucerke i crvene deteline, u smislu pozitivnog uticaja većeg sadržaja hranljivih materija u zemljištu na ispitivane parametre.

Očekuje se negativan uticaj povećane kiselosti na prinos i parametre kvaliteta krme lucerke, a znatno manji ili neznatan na crvenu detelinu.

Korelacije između prinosa i kvalitativnih osobina krmnih biljaka, s jedne strane, i sadržaja hranljivih, kao i toksičnih elemenata u zemljištu, s druge strane, doprineće boljem razumevanju uticaja plodnosti zemljišta na biljke.

Pretpostavlja se da će postojati razlike u ekstrahovanju nitrata iz zemljišta od strane lucerke i crvene deteline na različitim tipovima zemljišta i pri različitim klasama plodnosti, kao i između ispitivanih biljnih vrsta u istim proizvodnim uslovima, pri čemu se očekuje veća ekstrakcija od strane lucerke.

Sadržaj opasnih i štetnih materija će se razlikovati u uzorcima zemljišta i biljnog materijala uzetih sa različitih tipova zemljišta i klasa plodnosti, usled različitog geohemijskog porekla i antropogenog uticaja.

## 4. PREGLED LITERATURE

### 4.1. LUCERKA

Plava lucerka (*Medicago sativa* L.) je višegodišnja biljka i jedna od najstarijih krmnih kultura. Gajila se još u staroj Grčkoj i Rimu, nakon čega je prenešena u Zapadnu Evropu i ostale delove sveta. Poreklom je iz Jugozapadnog Irana, Kavkaza i Istočne Anadolije. Uvođenje u kulturu započelo je još u Bronzano doba (1000-2000 g.p.n.e.) na području Bliskog Istoka, a u Evropu se proširila oko 400 g.p.n.e. (Sauer, 1993).

Po botaničkoj pripadnosti plava lucerka pripada redu *Fabales* (*Leguminosales*), familiji *Fabaceae*, rodu *Medicago*. Rod *Medicago* se karakteriše velikom vrijabilnošću sa preko 60 vrsta. Za ishranu stoke, kod nas, najveći značaj imaju plava, žuta i srednja (bastardna) lucerka.

Plava lucerka je višegodišnja biljka, koja živi od 4 do 6 godina, pri kosidbi, od 3 do 5 godina pri ispaši (Adoyan and Liyv, 1974), a u povoljnim uslovima može živeti i više godina.

U svim zemljama, u kojima uspeva, predstavlja jednu od vodećih, a u našoj zemlji i najvažniju krmnu kulturu, posebno važnu za unapređenje stočarske proizvodnje (Vučković, 1999). Za ishranu stoke lucerka se koristi u svežem i konzervisanom stanju kao seno, silaža, brašno, peleti i pasta (Vučković, 2004).

U svetu se gaji na oko 33 miliona hektara (Mauries, 1994). U Srbiji je u periodu 2001-2005. gajena na površinama od 187 952 do 191 620 ha godišnje, a prosečni prinosi su bili 5,4 t/ha suve materije. Najviše se gajila u centralnoj Srbiji, prosečno 132 712 ha/godišnje ili 69,7% ukupnih površina, sa prosečnim prinosom od 5,2 t/ha. Na prostoru Srema, Bačke i Banata je gajena na 57 608 ha/godišnje ili 30,3 % površina sa prosečnim prinosom od 5,8 t/ha suve materije (Đukić *et al.*, 2007). Gajenjem kvalitetnih sorti lucerke može se ostvariti prinos 20,0 t/ha suve materije (Nešić *et al.*, 2005; Radović *et al.*, 2004). U agroekološkim uslovima Bačke postignut je prinos 19,8 t/ha suve materije (Katić i sar., 2001), dok se u Kruševcu kreće 12,4-19,5 t/ha suve materije (Radović i sar., 2004).

Na korenu se razvija specifičan soj kvržičnih bakterija, koje vrše azotofiksaciju. Broj i veličina kvržica zavisi od plodnosti zemljišta, ishrane, inokulacije bakterijama,

starosti biljke, godišnjeg doba itd. Nodule *Rhizobium*-a su najčešće okrugle, pojedinačne i razvijene po celom korenovom sistemu (**Mišković**, 1986). Lucerka, u proseku, azotofiksacijom zadovolji oko 70-80% svojih potreba za azotom u monokulturi (**Danso i sar.**, 1995).

Bogata je proteinima odličnog aminokiselinskog sastava i dobre razgradivosti (**Tomić, et al.**, 2007), te vitaminima (A, B<sub>1</sub>, B<sub>2</sub>, C, D, E, K i PP) i mineralima. U suvoj materiji se nalazi oko 20% sirovih proteina, koji sa sadržajem sirove celuloze predstavlja osnovni parametar kvaliteta (**Vasiljević, et al.**, 2006). Sadržaj sirovih proteina je u negativnoj korelaciji sa sadržajem sirove celuloze (**Đukić, et al.**, 2007). U periodu 1964.-2007. kod 24 domaće sorte utvrđene su sledeće prosečne vrednosti kvalitativnih svojstava suve materije: sirovi proteini 199,50 g/kg, sirova celuloza 261,30 g/kg, a udeo bezazotnih ekstraktivnih materija je 392,0 g/kg.

Hemijski sastav krmnih biljaka razlikuje se po fazama razvića u momentu ubiranja i po otkosima (ciklusima vegetacije) (**Marković et al.**, 2007a). U prvom otkosu kvalitet opada mnogo brže sa starošću u odnosu na ostale otkose. Prema **Fox-u et al.** (1991) sadržaj ukupnih proteina je u vegetativnoj fazi iznosio 32,8%, nakon čega je usledio pad do faze cvetanja na 29,2% i dalje do faze precvetavanja na 22,0%. Takođe, sadržaj bezazotnih ekstraktivnih materija opada sa starošću lucerke u svim ciklusima vegetacije. Suprotno tome, sadržaj sirove celuloze raste sa starošću biljke. Prema istraživanjima **Ocokoljić i sar.** (1977) sadržaj sirove celuloze je, od faze porasta do faze punog cvetanja, porastao prosečno u sva četiri otkosa sa 21,29% na 29,15%.

U plodoredu je poželjna, s obzirom da popravljaja strukturu zemljišta. Jak korenov sistem iznosi trajno izgubljena hraniva iz dubljih slojeva (kalijum) i deponuje ga u površinskom sloju zemljišta. Takođe, može otklanjati višak nitrata iz dubljih slojeva zemljišta. Dobre rezultate pokazuje i pri zaštiti zemljišta od erozije i njegovoj desalinizaciji.

Među višegodišnjim oraničnim biljkama za stočnu hranu lucerka ima najveće zahteve prema zemljištu. Za uspešnu proizvodnju lucerke zemljište treba da bude duboko, rastresito, plodno i sa povoljnim vodno-vazдушnim režimom, neutralne reakcije, tipa černoziem, livadska crnica, gajnjača, aluvijum, meliorisane i kultivisane ritske crnice. Ne odgovaraju joj plitka, kamenita, kisela i močvarna zemljišta, kao ni zemljišta na visokim nadmorskim visinama.



## 4.2. CRVENA DETELINA

Crvena detelina (*Trifolium pratense* L.) je veoma stara kultura, koja vodi poreklo iz Jugoistočne Evrope (Caddel and Redmon, 1995), gde je i započelo njeno gajenje. U starom Rimu je gajena kao „sveta biljka“, a bila je poznata i po svojoj lekovitosti. Danas je, u svetu, rasprostranjena u umerenim klimatskim područjima, a kod nas se gaji u humidnijim područjima i na kiselijim zemljištima, na kojima slabije uspeva lucerka. U našoj zemlji je do drugog svetskog rata bila najzastupljenija krmna leguminoza, a danas je, kako po površinama, tako i po proizvodnji na drugom mestu, iza lucerke.

Prema botaničkoj pripadnosti crvena detelina pripada redu *Fabales* (*Leguminosales*), familiji *Fabaceae*, rodu *Trifolium*. U okviru roda *Trifolium* postoji preko 250 vrsta. U okviru vrste crvene deteline postoji više formi, od kojih su tri najvažnije: *Trifolium pratense* var. *spontaneum* Willk. (var. *pratense* Alef.), *Trifolium pratense* var. *sativum* Crome (Schreber) i *Trifolium pratense* var. *perenne* Sinclair. U okviru varijeteta *Trifolium pratense* var. *sativum* Crome (Schreber) postoje dva tipa, od kojih se kod nas gaji *Trifolium pratense* var. *sativum* subvar. *Praecox* Bobr.

Crvena detelina je višegodišnja biljka. Njene kulturne forme žive oko 3 godine, a gajena na tresetnom zemljištu i do 4 godine (Adoyan and Liyv, 1974).

Crvena detelina se smatra jednom od najvažnijih krmnih leguminoza. Za ishranu stoke koristi se kao zelena krma, putem ispaše (sama ili u smeši sa travama), te u konzervisanom stanju kao seno, silaža i dehidrirana u brašno.

U svetu zauzima površinu od oko 20 miliona hektara (Vasiljević i sar., 2010). Ostvaruje visoke prinose krme, 10-12 t/ha suve materije, odličnog kvaliteta. U povoljnim uslovima može da ostvari prinos suve materije i do 22 t/ha (Ćupina i sar., 1997). U periodu 2001.-2005. u Srbiji je gajena na prosečno 122 222 ha/godišnje, a prosečni prinosi su bili 4,1 t/ha suve materije (Đukić i sar., 2007). U centralnoj Srbiji se gajila na prosečno 116 471 ha/godišnje ili 95,3 % od ukupnih površina, sa prosečnim prinosom 4,0 t/ha, dok je u navedenom periodu u Vojvodini bila gajena na 5 751 ha/godišnje ili 4,7 % površina, a prosečni prinosi su bili 5,2 t/ha suve materije (Đukić i sar., 2007). U ogledima Vasiljević i sar. (2010) analizirani potencijal rodnosti domaćih

i najzastupljenijih inostranih sorti crvene deteline u Republici Srbiji, u periodu 2004.-2006., se kretao do 17,3 t/ha suve materije.

Bakterije iz roda *Rhizobium* se nalaze na korenu crvene deteline i obezbeđuju biljku potrebnim azotom.

U proseku sadrži 17% sirovih proteina, od čega se oko 70% nalazi u lišću. Sadrži i provitamin A (karotin) u količini 42-88 mg/kg zelene krme, te vitamine C, D, E, K, B<sub>1</sub>, B<sub>2</sub>, B<sub>3</sub>, i brojne mikroelemente. Odlikuje se veoma dobrim kvalitetom, visokim sadržajem proteina, koji se u zavisnosti od faze razvoja i sorte kreće od 186 do 264 g/kg suve materije (**Lugić i sar.**, 2002, **Lugić i sar.**, 2006). U periodu 1964-2007. **Đukić i sar.**, (2007) navode da se domaće sorte odlikuju dobrim kvalitativnim svojstvima, a njihove prosečne vrednosti u ispitivanju su bile: sirovi proteini 195,60 g/kg, sirove celuloze 220,40 g/kg, a udeo bezazotnih ekstraktivnih materija 440,80 g/kg suve materije. Hemijski sastav se manja po fazama razvoja. Sadržaj sirovih proteina se od vegetativne faze do precvetavanja smanjuje sa 10,0% na 8,3%, a bezazotnih ekstraktivnih materija sa 46,3% na 41,1%, dok sadržaj sirove celuloze raste sa 13,4% na 24,0% (**Vučković**, 2004).

Najčešće se koristi za spravljanje silaže, što je često praćeno velikim gubitkom hranljivih materija. Primenom odgovarajuće procedure stimulisanja fermentacije, biomasa crvene deteline se može uspešno silirati bez većih gubitaka i koristiti tokom godine (**Dinić i sar.**, 1994). U novije vreme crvena detelina dobija na značaju kao komponenta travno-leguminoznih smeša, naročito kada se radi o spravljanju silaže, s obzirom na znatno slabiju razgradnju proteina usled prisustva enzima polifenol oksidaze (PPO), koji sprečava razgradnju proteina u silaži (**Vasiljević i sar.**, 2006).

Za svoj rast i razvoj zahteva područja sa umerenom klimom i prosečnom količinom padavina od 800 mm. Najbolje uspeva na vlažnim zemljištima u humidnoj klimi, a odlične rezultate daje na propusnim ilovačama, dok se retko sreće na na močvarnim i vrlo suvim terenima (**Vučković**, 2004). Nasuprot lucerki bolje podnosi kiselija zemljišta, sa niskom pH vrednošću, lošije strukture, u nizijama i u brdsko-planinskom području. Za proizvodnju krme najbolje joj odgovaraju oni tipovi zemljišta na kojima se ona tradicionalno gajila: gajnjače, smonice, pseudoglej, brdsko-planinska deluvijalna zemljišta, aluvijalna zemljišta i černozem, ali samo pod uslovom da su

obezbeđena vlagom. Iako podnosi kiselija zemljišta (5,5-6,5) ipak najbolje rezultate ostvaruje na neutralnim zemljištima.

Ima veliki značaj u plodosmeni i popravci fizičko-hemijskih osobina degradiranog zemljišta, jer ostavlja zemljište u rastresitom stanju, obogaćeno azotom i bez korova.

### 4.3. TIPOVI ZEMLJIŠTA

Zemljište predstavlja jedan od najznačajnijih faktora biljne proizvodnje. Nastaje istovremenim i zajedničkim delovanjem pedogenetskih faktora, koji određuju pravac i intenzitet pedogenetskih procesa. U ove faktore ubrajaju se: reljef, matični supstrat, klima, organski svet i starost pedogeneze.

Klasifikacija zemljišta je razvrstavanje zemljišta na jedinice jednog sistema, prema određenim kriterijumima. Pojedini periodi u razvoju pedologije proizveli su brojne klasifikacije.

Jedna od najvažnijih klasifikacija zemljišta je genetska klasifikacija, koja je zasnovana na genezi i morfologiji zemljišta. Osnovna karakteristika genetičke klasifikacije je uvažavanje pedogenetičkih principa kao temelja klasifikacije. S obzirom na različite kriterijume za konkretne uslove pojedinih zemalja, u svetu postoje istovremeno više genetskih klasifikacija. Neke daju prednost faktorima geneze u zemljištu, druge pedogenetskim procesima, a treće klasifikacije se baziraju na svojstvima zemljišta, koja su rezultat geneze i evolucije zemljišta ili kombinuju pojedine od ovih karakteristika (Škorić, 1986).

Prema klasifikaciji Škorić i sar. (1985) red predstavlja najvišu jedinicu naše klasifikacije, koji se izdvajaju na osnovu karaktera vlaženja i sastava vode, kojima se zemljište vlaži. Klase su grupe zemljišta, koje objedinjuju tipove zemljišta sa jednotipskom građom profila i predstavljaju analogne razvojne stadijume zemljišta.

Po ovoj genetskoj klasifikaciji, osnovna sistematska jedinica je tip zemljišta, koji predstavlja određeni stadijum razvoja zemljišta. Odlikuje se sledećim determinantama (Škorić, 1986):

1. Jednotipska građa profila, naročito karakterističan redosled horizonata
2. Jednotipski osnovni procesi transformacije i migracije mineralnih i organskih materija
3. Kvalitativno slične fizičko-hemijske karakteristike pojedinih horizonata.

Podela tipova na niže kategorije vrši se na osnovu jedinstvenih kriterijuma, posebno za svaki tip zemljišta, pri čemu se biraju ona svojstva, koja u okviru tog tipa uzrokuju varijabilnost ili su sa njom u korelaciji.

**ČERNOZEM** je zemljište veoma povoljnih hemijskih i fizičkih osobina (**Škorić**, 1986; **Miljković**, 1996; **Ćirić i sar.**, 2012). Uz primenu intenzivnih mera kultivacije, kontrolu podnosti i racionalno đubrenje omogućava postizanje visokih prinosa poljoprivrednih kultura. U Republici Srbiji nalazi se u Banatu, Bačkoj, Sremu, delimično Mačvi i pojedinim delovima severne Šumadije, oko Beograda i Požarevca.

Pripada redu automorfnih, te klasi humusno akumulativnih zemljišta, s građom profila Amo-AC-C. Razvija se u semiaridnom stepskom području, na karbonatnim ilovastim, ređe peskovitim rastresitim supstratima (**Miljković**, 1996). Tamno smeđe je boje, sa izraženom zrnastom strukturom i karakterističnim krotovinama i pseudomicelijama. Karbonati se javljaju od površine ili u prelaznom horizontu.

Matični supstrat je karbonatni les sa 20-30% CaCO<sub>3</sub>, a mnogo ređe je pretaloženi les, aluvijum i eolski pesak. Podzemna voda je duboko, na 10-40 m i nema uticaja na terstrički razvoj tipičnog černozema. Godišnje količine padavina černozemne zone u Vojvodini su 600-650 mm, a prosečne temperature 10,9°C (**Miljković**, 1996).

**Nejgebauer** (1952) zastupa stanovište da je vojvođanski černozem nastao u borealu u suvo i toplo doba, pre 7000-8000 godina, kada su bioklimatski uslovi bili više stepski, dok su sadašnji promenjeni i više odgovaraju šumostepi.

Humus nastaje uz prisustvo CaCO<sub>3</sub>, povezivanjem u organomineralne komplekse i intenzivno mešanje stepske faune. Na taj način nastaje duboki, molični horizont, stabilne i mrvičaste strukture.

Mehanički sastav našeg černozema je povoljan, s obzirom da se oko 90% nalazi na tipičnom lesu, pa ima ilovastu teksturu. Podtipovi na pesku su lakšeg mehaničkog sastava i propusniji, dok černozemni na terasnom lesu i varijeteti izluženih i posmeđenih černozema imaju nešto više gline, te mogu biti glinasto-ilovaste teksture. Odlikuju se velikom ukupnom poroznošću, usled veličine mrvičastih, stabilnih strukturnih agregata do 5 mm. To je razlog dobrog kapaciteta za vodu (30-50%) i vazduh (15-20%).

Humusno-akumulativni A horizont je dobro obezbeđen azotom, a u humusu preovladavaju Ca-humino-humati. Ukupan sadržaj fosfora je 0,1-0,3%, dok je količina fiziološki aktivnog znatno manja. Količine pristupačnog kalijuma su zadovoljavajuće. Naš tipični černozem je karbonatan od površine, te A horizont sadrži 4-8% karbonata, a sa dubinom sadržaj raste (**Belić i sar.**, 2003), pa tako u prelaznom AC ili gornjem C

horizontu ima 25-35%, a u matičnom supstratu opada na 20-25%, što je karakteristično za les. Izuzetke čine izluženi varijeteti, koji u delu A horizonta nemaju karbonata, te posmeđeni, koji ih nemaju u celom A horizontu. Analogno tome pH karbonatnog černozeza je 7,5-8,5, a nekarbonatnog oko 7. Kapacitet adsorpcije je 30-35 ekv. mmola H. Adsorpcioni kompleks je u potpunosti zasićen bazama, pretežno Ca i Mg, osim kod iluženih, gde iznosi 90-95%, te kod posmeđenih 80-90% (Škorić, 1986).

Biološka aktivnost megafaune i mikroorganizama, posebno Azotobacteria i nitrifikatora, je veoma izražena. Najpovoljniji uslovi za rad mikroorganizama su u proleće i rano leto.

Iz navedenih karakteristika, može se zaključiti, da je černozez zemljište velike potencijalne plodnosti, pogodno za intenzivnu poljoprivrednu proizvodnju s visokim i stabilnim prinosima. Što se tiče proizvodnje krmnog bilja, na ovom zemljištu dominiraju oranične krmne biljke, što daje dobru osnovu za stočarsku proizvodnju, te je u ovom području veoma razvijeno govedarstvo i svinjarstvo (Vučković, 1999).

**SMONICA (VERTISOL)** je potencijalno plodno zemljište, usled dubokog humusnog horizonta, ali nepovoljnih fizičkih i vodnofizičkih osobina (Miljković, 1996).

U našoj zemlji smonice su rasprostranjene u Šumadiji, Timočkom bazenu, dolini Južne Morave, Čačanskoj kotlini, području Kosova te istočnog i jugoistočnog Banata.

Pripada redu automorfni, te klasi humusno akumulativnih zemljišta, s građom profila Amo,a-AC-C. Formirana je na supstratima sa više od 30% gline, najvećim delom montmorilonitnog tipa. Sadržaj i vrsta minerala gline utiču na plastičnost zemljišta (Golubović i sar., 2012). Pored toga načina korišćenja i sadržaj humusa odražavaju se na njihovu plastičnost i lepljivost (Gajić i Živković, 2003). Humusno akumulativni horizont je molični i dublji od 30 cm, a nastaje u terestričkim uslovima, ali zbog slabe drenaže ima neka obeležja hidromorfog humusa, što se može videti po boji. Prelazni AC horizont je debljine 20-30 cm. U vlažnom stanju je tamnosive i crne boje, a karakteristične je i prizmatična struktura s kliznih pločama po površini strukturnog agregata, koji se naziva „gigljaj mikroreljef“, kao i mešanje horizonata u obliku klinova.

Nastaje u semiaridnoj do semihumidnoj klimi sa visokim letnjim temperaturama, na nadmorskim visinama 200-600 m nadmorske visine, pod vegetacijom hrastovih

šuma. Geološku podlogu čine tercijarni jezerski karbonatni sedimenti ili glinena trošina baznih stena (bazaltno gabrovske grupe), koji su bogati glinenom frakcijom. Crna boja tla i hidromorfni karakter humusa posledica su loše unutrašnje drenaže i anaerobnih uslova u vlažnoj fazi godine, te se humifikacijom stvaraju više humusne kiseline i bituminozne materije. U sušnoj fazi godine usled velikih kontrakcija stvaraju se velike pukotine, u koje ulazi sitnica iz gornjih slojeva, te nakon ponovnog vlaženja i bubrenja dolazi do pojačavanja pritiska i pomeranja dubljih slojeva koso prema vrhu tj. mešanja zemljišta-pedoturbacije. Ovaj proces je specifičan za smonicu. Takođe, pri pomeranju zemljišta na kliznim površinama se stvaraju glatke, sjajne površine, a naizmeničnim vlaženjem i bubrenjem mogu se izdizati i cele poligonalne prizme, te se stvaraju mikroudubljenja i mikroizbočenja-gigljaj mikroreljef.

Stepen evolucije, grupe supstrata i dubina humusnog horizonta su kriterijumi za podelu smonica na podtipove, varijetete i forme (**Škorić**, 1986).

Spada u teksturno teška zemljišta, usled velikog udela gline (**Gajić i Živković**, 2002), sa samo 5 % vazduha. Hemijska svojstva su povoljnija. Kapacitet adsorpcije je 50 i više ekv. mmola H/100 g zemljišta, a zasićenost bazama je takođe velika, oko 90%. Reakcija zemljišta je neutralna 6,7-7,2, dok su karbonatni podtipovi slabo bazični i njihov pH se kreće 7-8. Sadržaj humusa se kreće 3-5%, te su bogate azotom. Siromašne su fosforom, dok su dobro obezbeđene kalijumom.

Opšti je zaključak da su smonice dobra zemljišta sa lošim fizičkim osobinama, koje se odražavaju na loše vodno-vazdušne osobine, uzak interval povoljne vlažnosti za mehaničku obradu, neposredno kidanje korenovog sistema biljkaka i pojačanu eroziju. Danas su površine smonica najvećim delom uključene u poljoprivrednu proizvodnju. Takođe se gaje i različite krmne biljke. U brdskom području, uglavnom u zapadnom delu naše zemlje, zastupljeni su prirodni travnjaci, koji su veoma produktivni i kvalitetni (**Vučković**, 1999). Znatne su površine i pod sejanim travnjacima, ali je uspešna i proizvodnja oraničnog krmnog bilja, posebno višegodišnjih mahunarki. Posebno dobre rezultate daju smeše (**Mijatović i sar**, 1972)

**EUTRIČNO SMEĐE ZEMLJIŠTE (EUTRIČNI KAMBISOL)** poznatije kao gajnjača koristi se duže vreme za poljoprivrednu proizvodnju (**Miljković**, 1996). To se prvenstveno odnosi na velike površine na zaravnjenim terenima i dubokim rastresitim

zemljištima. Međutim, zbog osiromašjenja u količini humusa i drugim hranljivim sastojcima neophodna je kontrola plodnosti i racionalna uporeba đubriva. Osobine zemljišta i procesi degradacije su presudno uticali na stanje, korišćenje, i zaštitu ovog zemljišta (Oljača i sar., 2011).

Kod nas su ova zemljišta rasprastranjena u Šumadiji, Pomoravlju, Mačvi, Semberiji, Kosovu, te delimično na Fruškoj gori i u Sremu i Banatu.

Pripada redu automorfnih te klasi kambičnih zemljišta, s građom profila A-(B)v-C ili R. Debljina A horizonta je 20-30 cm i postepeno prelazi u (B) horizont, debljine 30-100 cm i više, a koji postepeno prelazi u C horizont.

Klima je semiaridna do semihumidna, pa i humidna. Godišnja količina padavina se kreće do 700 mm, a srednje godišnje temperature od 11 do 12 °C. Prirodnu vegetaciju čine kserotermne do mezofilne šumske zajednice. Eutrična smeđa zemljišta se formiraju na različitim stenama, karbonatnim ili bogatim bazama, osim na krečnjaku i kiselim stenama. Ako su matični supstrati karbonatni, oni su isprani u obliku bikarbonata u dublje slojeve, a ako su nekarbonatni, ali bogati bazama, došlo je do ispiranja baza i polaganog zakišeljavanja. Usled dobre biološke aktivnosti veća je količina proizvedenog ugljen-dioksida, što dovodi do trošenja i transformacije mineralnog dela zemljišta. Produkti ove transformacije se sintetišu u sekundarne minerale gline (argilosinteza), apsorbuju ih korenovi biljaka i tako biološkim putem se vraćaju u površinski sloj zemljišta, ili ostaju na mestu. Tako jedan deo oksida gvožđa ostaje na mestu i celom profilu daje smeđu boju. Hidrotermički uslovi su najpovoljniji u dubljim delu zemljišta, što dovodi do stvaranja kambičnog (B) horizonta. Humifikacijom se stvara blagi humus.

U mladim eutričnim zemljištima, koja nastaju na karbonatnim supstratima, iako je ispiranje karbonata završeno u A i (B) horizontu, moguća je akumulacija karbonata neposredno ispod (B) horizonta, tako da se formira karbonatna zona, koja se označava kao (B)ca ili Cca. Ovaj proces je posebno izražen kod eutričnih zemljišta, formiranih na lesu, gde se čak mogu razlikovati dva sloja, od koji je dublji manje žućkaste boje.

Podela ovog zemljišta na niže sistematske jedinice uslovljeno je karbonatnošću, većim ili manjim bogatstvom baza, načinom raspadanja i količinom i kvalitetom njihovih produkata, koji utiču na brzinu razvoja i dubinu zemljišta (Škorić, 1986).



Fizičko-hemijska svojstva ovog zemljišta su dobra. Po mehaničkom sastavu uglavnom su ilovasta do glinovito-ilovasta u A horizontu, te glinovito-ilovasta do ilovasto-glinovita u (B) horizontu. Vodni kapacitet je 35-40%, a poroznost oko 50%.

Hemijska svojstva su takođe veoma dobra. Nekarbonatno je zemljište, bogato bazama, neutralne do slabo kisele reakcije, pH 5,5-6,8, sa sadržajem humusa 2-6% i C/N odnosom 9-14. Kapacitet adsorpcije je 20-31 ekv. mmola H. Ukupan sadržaj azota se kreće 0,1-0,3%, dok ukupnog fosfora ima više, ali je malo fiziološki aktivnog. Sadržaj kalijuma je osrednji (**Ubavić i Dozet, 2006**). Biološka aktivnost je velika.

S obzirom da je eutrično smeđe zemljište duboko, dobre aeracije, sa dosta hranljivih materija, dobre infiltracije površinske vode i dobrih temperaturnih svojstava možemo ih okarakterisati kao veoma dobra poljoprivredna zemljišta. Zaravnjena i blago valovita područja su pretvorena u oranice, dok su na valovitim i blago brežuljkastim dominantni voćnjaci i vinogradi. Brdski tereni su uglavnom pod šumom, jer su plići, ponekad skeletniji i manje prikladni za poljoprivrednu proizvodnju.

U odnosu na černozem ima povoljnije uslove za gajenje svih vrsta krmnog bilja, zbog većih količina padavina, koji uslovljavaju visoke i stabilne prinose (**Vučković, 1999**). Nije pogodno za prirodne livade i pašnjake, zbog dubokog nivoa podzemne vode, pa su prinosi niski.

**ALUVIJALNO (FLUVIJATIVNO) ZEMLJIŠTE (FLUVISOL)** je nastalo taloženjem materijala različitog mineraloškog i mehaničkog sastava poplavnim vodama reka (**Miljković, 1996**). Fluvisoli srednje teškog ilovastog sastava poseduju povoljne fizičke, vodnofizičke i hemijske osobine, te bi mogli predstavljati značajan kapacitet za poljoprivrednu proizvodnju, posebno ukoliko su duboki i podzemna voda se nalazi na dubini 1-2 m.

Ova zemljišta se nalaze uz naše velike vodotokove: Dunav, Moravu, Savu, Tisu, Vrbas, Timok, Drinu i dr., zatim na površinama koja su u skorijoj ili daljoj prošlosti bila poplavljena, te uz manje vodotokove i jezera.

Pripada redu hidromorfni, te klasi nerazvijenih hidromorfni zemljišta, a predstavlja recentne rečne, morske i jezerske nanose, te može imati (A), Ap i G horizont.

Aluvijalna tla se međusobno veoma razlikuju po svojstvima (**Pekeč i sar.**, 2012). Procesi pedogeneze su slabo izraženi zbog mladosti nanosa ili zbog toga što sedimentacija prevladava pedogenezu (**Škorić**, 1986), te u profilu nema izrazite i razvijene diferencijacije genetskih horizonata, nego su to slojevi sedimentacije (**Galić i sar**, 2009), koje označavamo brojevima I, II, III itd. Iz tog razloga ne može se dati građa profila, ali ni generalne fizičke i hemijske karakteristike aluvijalnih zemljišta.

Za razliku od koluvijalnih zemljišta, zemljišne čestice su nošene na veću udaljenost, pri čemu dobijaju zaobljene površine, što je jedna od karakteristika ovog zemljišta. Osim toga, karakteristično je i sortiranje taloženog materijala tako da se od izvora prema ušću taloži sve sitniji materijal. Sortiranje se može zapaziti ne samo uzduž samog vodotoka, već i poprečno na njegov smer, pošto u slučaju izlivanja uz samu obalu, prvo se odlažu krupnije čestice, a sitnije se vodom odnose dalje od obale. S obzirom da se suspendirane čestice talože različitom brzinom u zavisnosti od veličine, dolazi i do vertikalnog sortiranja materijala. Iako je ovo sortiranje karakteristika aluvijalnih nanosa, dešavaju se i odstupanja od navedenog.

Karakteristike aluvijalnog zemljišta moraju se ustanoviti ponaosob za svako konkretno zemljište. Pri tome važnu ulogu imaju pokazatelji: karbonatnost nanosa, prisutnost oglejavanja, teksturna i hemijska homogenost, te mehanički sastav slojeva (**Škorić**, 1986). Ovi pokazatelji se koriste kao kriterijumi za podelu na niže sistematske jedinice.

Prirodnu vegetaciju čine vrbe i topole (**Dekanić i Škorić**, 1974). Najpovoljniji su karbonatni podtipovi, sitno peskoviti do ilovasti, dobre aeracije, sa podzemnom vodom koja leti doseže do rizosfere. Obično je nivo podzemne vode na 1,5-2 m. S obzirom na dopunsko vlaženje, čak i zemljišta istih fizičkih osobina mogu se karakterisati različitim sistemom vlaženja i redoks potencijalom (**Galić i sar**, 2009). Sistemima odbrane od poplava i melioracijama postaju veoma pogodna za intenzivnu ratarsku proizvodnju.

Aluvijalna zemljišta u našoj zemlji su pogodna za proizvodnju krmnog bilja, kako za travnjake tako i za oranično krmno bilje (**Vučković**, 1999). Travnjaci daju dobre rezultate upravo zbog visokog nivoa podzemne vode, bez obzira da li se radi o sejanim ili prirodnim travnjacima.

**FLUVIJATIVNO-LIVADSKO ZEMLJIŠTE (HUMOFLUVISOL)** je naziv dobilo po livadskoj vegetaciji (**Miljković**, 1996), mada se na ovom zemljištu može javljati i šumska vegetacija. Veliki deo ovih površina je uključen u poljoprivrednu proizvodnju.

Prostire se u središnjoj zoni u dolinama naših velikih reka (**Galić i sar**, 2009) i smenjuje se sa drugim hidromorfnim zemljištima.

Ovo zemljište pripada redu hidromorfnih te klasi semiglejnih zemljišta, sa građom profila A-C-G.

Osnovna karakteristika ovog zemljišta je da su to mlađa zemljišta rečnih dolina sa podzemnom vodom, koja uzrokuje zaglejavanje u nižem delu profila (**Jakšić i sar.**, 2012), obično dublje od 1 m. Suvišna voda u dubljem delu profila, potiče od vodotoka ili usled nakupljanja površinske vode u donjem, teže propusnom sloju profila (**Ćirić**, 1986; **Živanov i Ivanišević**, 1986). Hidrogenizacija u dubljim slojevima, usled prekomernog zasićenja vodom kraće ili duže vreme, uzrokuje redukcijske procese i jedinjenja dvovalentnog gvožđa postaju pokretljiva, te se javljaju plavkasta boja ferofosfata (vivijanita), zelenkasta od ferohidroksida, crna od gvožđe-sulfida, rdastosmede mrlje i konkrecije. Ove pojave su vezane za glejni G horizont. Podzemna voda slabi na granici koju doseže u profilu, pa se javlja G<sub>so</sub> pothorizont, koji je iznad stalno presaturisane zone pothorizonta Gr (**Škorić**, 1986). Međutim, podzemna voda ne utiče na gornje delove profila, nego se procesi odvijaju u terestričkim uslovima, pri normalnom vlaženju padavinskom vodom. Na mlađim zemljištima razvija se A horizont, koji može biti molični sa mogućim znacima hidromorfности ili ohrični, dubine 20-30 cm. U A i AC horizontima se javlja zrnasta struktura. C horizont može biti karbonatni ili nekarbonatni rečni sediment.

Podela na niže sistematske jedinice se vrši prema dubini pojave glejnog horizonta, mogućnosti zaslanjivanja i teksturi.

Fluvijativna-livadska zemljišta se veoma razlikuju po svojim svojstvima, što prvenstveno ovisi o supstratu, jer u rečnim dolinama postoje različiti sedimenti. Oni se prvenstveno razlikuju po teksturi, pa tako ilovasta zemljišta, na lakšim aluvijalnim nanosima ili lesu imaju dobru strukturu i odlikuju se dobrim osobinama u pogledu kapaciteta za vodu i vazduh, a još ako su karbonatna imaju osobine sličine černozemu

ili rendzinama. Nasuprot tome, glinovitija livadska zemljišta imaju lošiji vodni i vazdušni režim, a moguća je pojava i vertičnih procesa.

Hemijska svojstva ovog zemljišta su dobra. Sadrže 3-5% blagog humusa, karbonatna su ili veoma zasićena bazama, ako se radi o nekarbonatnim varijetetima. Proces humifikacije je posebno izražen nakon podizanja odbrambenih nasipa (**Ivanišević i sar.**, 1999; **Galić**, 2008). Reakcija zemljišta je neutralna, a i dobro su obezbeđena hranivima.

Fluvijativna-livadska zemljišta su pogodna za intenzivnu proizvodnju ratarskih i povrtarskih useva, te krmnog bilja. Posebna je njihova prednost što proizvodnja ne ovisi samo o padavinama, nego se kapilarnim putem vlaže gornji slojevi do kojih mogu dospeti korenovi biljaka.

**RITSKA CRNICA (HUMOGLEJ)** predstavlja jedan od najznačajnijih zemljišnih resursa u Srbiji (**Belić *et al.***, 2011). Ovo je potencijalno plodno zemljište, usled loših vodno-vazdušnih osobina zbog pretežno glinovitog sastava. Uz melioracije je moguća poljoprivredna proizvodnja (**Miljković**, 1996) .

Rasprostranjene su u severnim delovima naše zemlje i to duž velikih reka Dunav, Tisa, Sava, Morava i Begej, te u ritovima Pančevački, Vršački, Makišu, Godominu i Negotinskom ritu.

Pripada redu hidromorfni, te klasi glejnih zemljišta sa građom profila Amo,a-Gso. Molični horizont je dublji od 50 cm, sa znacima hidromorfizma.

Ritska crnica se obrazuje u specifičnih hidrološkim uslovima, gde voda veoma oscilira u toku godine (**Miljković**, 1996), tako da jedan period zasićuje profil u potpunosti, a drugi se spušta na nivo ispod 1 m. Ova pojava je posledica topografije. U mokrom periodu vrši se anaerobna razgradnja organske materije, te se obrazuje hidromorfni humus, crne boje. Oscilacije vode imaju uticaj i na premeštanje mineralnih materija. Procesi redukcije, koji prevladavaju u vlažnom periodu, utiču na stvaranje mobilnih jedinjenja dvovalentnog gvožđa i mangana unutar profila, ali prevladavaju ascedentni tokovi, tako da se ispod humusnog horizonta kao mazotine i konkrecije izlučuju karbonati, hidroksidi, fosfati i sulfati. Spuštanjem nivoa vode, povećava se redoks potencijal, pa se pojačava oksidacija i stvaranje viševalentinih oksida i hidroksida. Na taj način nastaje duboki glejni horizont sekundarne oksidacija Gso, u

kojem preovladavaju rđaste mazotine nad sivkasto zelenkastim i plavičastim, a karbonatne kongregacije uslovljavaju svetliju boju. Oksidacijski glejni horizont započinje ispod A horizonta i seže u dubinu do 1 m, a nekada i dublje, dok je redukcijski ispod njega i zauzima zonu trajnog zasićenja podzemnom vodom. Ukoliko podzemna voda sadrži veću količinu soli, može doći do zaslanjivanja i alkalizacije ovog zemljišta.

Matični supstrat čine razni sedimenti, transportovani rekama, tako da se mogu obrazovati na fluvijativnim nanosima uglavnom težeg mehaničkog sastava, pretaloženom lesu i eolskom pesku. Prirodnu vegetaciju čine hidrofite, hidrofilne do mezofilne livadske biljke, te vrbe i topole.

Postoje velike razlike u pogledu svojstava i plodnosti ritskih crnica, jer se razvijaju na sedimentima različitim po poreklu, hemijskom sastavu, teksturi i slojevitosti.

Podela na niže sistematske jedinice vrši se prema karbonatnosti, vertičnosti, zaslanjenosti i teksturi (**Škorić**, 1986).

Reakcija karbonatnih ritskih crnica je 7-8,5, nekarbonatnih 6-7, a alkaliziranih preko 8,5. Sadrže 3-5% humusa, usled kojeg je i kapacitet adsorpcije dosta velik i iznosi 30-40 ekv. mmola H. Zasićen je bazama i to uglavnom kalcijumom. U alkaliziranim zemljištima preovladavaju natrijumovi joni. Obezbeđenost hranljivim materijama je osrednja, a fiziološki aktivnog fosfora ima malo (**Ubavić i Dozet**, 2006).

Mehanički sastav je uglavnom teži (**Radojević i Petrović**, 2011), a manjim delom su ilovasta i peskovita zemljišta. Glinovitija zemljišta su lošijih fizičkih svojstava, dok su teksturno lakša zemljišta propusnija, sadrže više vazduha i ne pucaju.

Veliki deo ovih zemljišta je meliorisan, te je moguća intenzivna ratarska proizvodnja. Usled heterogenosti ovih zemljišta i prinosi su nestabilni. Od krmnih biljaka mogu se uspešno gajiti skoro sve travno-leguminizne smeše, te oranične krmne biljke, osim korenasto-krtolastih na glinovitim formama ritskih crnica (**Vučković**, 1999).

#### 4.4. PLODNOST ZEMLJIŠTA

Ukupne rezerve hraniva u zemljištu, bez obzira na njihovu pristupačnost, predstavljaju bogatstvo zemljišta. Hranljive materije u zemljištu, koje se nalaze u oblicima pristupačnim biljkama, čine plodnost zemljišta (**Ubavić i Bogdanović**, 1995). Može se reći da plodnost zemljišta predstavlja dinamičko stanje različitih fizičkih, hemijskih i bioloških osobina i procesa u zemljištu. Iako se u literaturi može naći nekoliko vrsta plodnosti, kao što su prirodna, veštačka, efektivna i potencijalna, sa aspekta agrohemije, agrohemijskih procesa i ishrane biljaka u užem smislu izdvaja se poseban vid plodnosti, agrohemijska plodnost (**Džamić i Stevanović**, 2000). Ova plodnost uslovljena je hemijskim osobinama, koje su određene ne samo sadržajem pristupačnih, neophodnih i korisnih makro i mikro elemenata, nego i odsustvom rastvorljivih oblika štetnih elemenata, kao što su teški metali, radionuklidi i dr. Takođe, veliki je značaj i ukupnog sadržaja hranljivih elemenata, jer u određenim uslovima ovi elementi mogu preći u pristupačan oblik i biti iskorišteni od strane biljaka.

**AZOT** se u zemljištu nalazi u koncentraciji 0,03-0,3% (**Džamić i Stevanović**, 2000), u organskom i mineralnom obliku. Organski azot je najviše sadržan u humusu, te u nespecifičnoj organskoj materiji zemljišta, a ovaj oblik nije direktno pristupačan biljkama. Mineralni oblik iznosi samo 2-3% od ukupne količine azota u zemljištu i može biti u obliku  $\text{NH}_3$ ,  $\text{NO}_3^-$ ,  $\text{NO}_2^-$ ,  $\text{NH}_4^+$ , ili u obliku azotnih oksida  $\text{NO}$ ,  $\text{N}_2\text{O}$  i  $\text{NO}_2$ . Za ishranu biljaka najvažniji su  $\text{NO}_3^-$  i  $\text{NH}_4^+$  oblici. Azot u zemljište dospeva na nekoliko načina: biološkom fiksacijom, elektrohemijskom fiksacijom, unošenjem đubriva te specifičnom i nespecifičnom organskom materijom.

Prema sadržaju ukupnog azota zemljišta se dele na sledeće klase:

Dobro obezbeđena > 0,2% N

Srednje obezbeđena 0,1-0,2% N

Siromašna < 0,1% N

Azot se smatra najvažnijim elementom za ishranu biljaka i nosiocem prinosa. Konstitucioni je element mnogih jedinjenja u biljkama, kao što su proteini, hlorofil,

enzimi, nukleinske kiseline, aminokiseline, hormoni, pigmenti, vitamini, amini i amidi. U suvoj masi biljke je zastupljen tri puta više u odnosu na ostale neophodne elemente, koje biljka usvaja iz zemljišta. Crvena detelina i lucerka za proizvodnju 100 kg sena potroše oko 3 kg azota (**Vučković**, 1999). Najveći deo potreba za azotom, 43-80% lucerka i crvena detelina zadovoljavaju azotofiksacijom u simbiozi sa kvržičnim bakterijama *Rhizobium*. Leguminozne biljke mogu godišnje da vežu i do 700 kg/ha azota (**Douglas**, 1986). Lucerka prosečno godišnje veže 284 kg/ha, a crvena detelina 190 kg/ha, što ovisi o mnogobrojnim činiocama kao što su pH zemljišta, te sadržaja pristupačnog fosfora i kalijuma. Prema ispitivanjima **Roth et al.** (1983) lucerka prinosom od 21,3 t/ha odnosno 47,5 t/ha iznosi 784 kg/ha N ili 1120 kg/ha N, a od toga je 45-65 % dobijeno fiksacijom.

Ukoliko je zemljište nije siromašno azotom, uz inokulaciju sa *Rhizobium meliloti* može se izostaviti primena azota, a u čistom usevu potrebno je dodatnih oko 40 kg/ha azota ili u smeši sa travama 18-33 kg/ha azota u zavisnosti od analize zemljišta. Samo kod zemljišta siromašnijeg u azotu, koje sadrži manje od 15 ppm NO<sub>3</sub>, ili ispod 1,5% organske materije, prilikom zasnivanja useva može se osetiti nedostatak ovog hranljivog elementa. Tome u prilog govori i činjenica, da u brojnim ispitivanjima nije uočen efekat mineralnog azota na prinos lucerke i crvene deteline, osim na siromašnom zemljištu. U dvogodišnjem ogledu o uticaju mineralne ishrane na prinos i kvalitativne osobine crvene deteline u Vojvodini (**Rašković**, 2006) najveći prinos zelene mase i silaže, te sirovih proteina je dobijen na varijanti bez dodavanja azotnog đubriva, uz 40 kg/ha fosfora, te 120 kg/ha kalijuma.

Ukoliko je zemljište obezbeđeno sa većom količinom mineralnog azota, može doći do smanjenja fiksacije azota, ali isto tako može doći do povećanja koncentracije nitrata u krmu (**Eardly et al.**, 1985).

**NITRATI**, ukoliko se nakupljaju u prirodi, osim što izazivaju ekološke probleme, direktno ugrožavaju zdravlje ljudi i životinja (**Sekulić, et al.**, 2005). Sadržaj nitrata u biljkama zavisi od intenziteta usvajanja i brzine redukcije u biljkama. Intenzitet usvajanja zavisi najviše od koncentracije nitrata u hranljivom supstratu (**Ilin**, 2000), a njegova redukcija od prometa energije. Sa povećanjem koncentracije nitrata u hranljivom rastvoru skoro linearno se povećava i udeo nitrata u biljkama (**Stevanović i**

sar., 2001). Nitrati se najviše nagomilavaju u stablu i to u donjoj trećini stabla, zatim u listovima, cvetu i semenu (**Stanton**, 2001).

Prevelika koncentracija nitrata u kabastoj stočnoj hrani može imati negativan uticaj na kvalitet stočne hrane, s obzirom da se nitrati lako prevode u nitrite, a oba oblika mogu imati veoma štetan uticaj na stoku. Naime, nitriti obrazovani u crevnom traktu mogu preći u nitrozamine, koji pripadaju kancerogenim agensima. Osim toga, nitriti, ali u manjoj meri i nitrati, mogu se absorbovati u krv životinja, gde se vežu sa hemoglobinom i na taj način onemogućava prenos kiseonika, što može izazvati gušenje životinja. Takođe, negativno deluju na vitamin A, razarajući ga (**Čobić i sar**, 1993). U zelenoj krmu je najveća koncentracija nitrata, dok se u ostalim vrstama kabastih hraniva, kao što je silaža, nitrati redukuju do oksida i izlaze kao otrovni gasovi.

U literaturi se mogu naći različiti podaci o dozvoljenim koncentracijama nitrata u stočnoj hrani. Kritičan nivo nitrata u suvoj materiji iznosi 0,25-0,31%, dok je koncentracija preko 0,6% toksična za stoku (**Szodfridt and Varga**, 1989). U Velikoj Britaniji su koncentracije od 3000-5000 mg/kg SM potencijalno opasne i treba ih izbegavati kod određenih grupa životinja kao što je bremenita stoka zbog abortusa (**Shiel et al.**, 1999). U nekim državama Sjedinjenih Američkih Država koncentracija iznad 9000 mg/kg se smatra toksičnim za životinje, a u nekim tek koncentracija od 15000 mg/kg SM (**Hartwig i Barnhart**, 2001).

Nedostatak vode, molibdena i gvožđa, te prisustvo nekih teških metala, kao i ekstremno visoke ili niske temperature povećavaju usvajanje nitrata od strane biljaka. Nasuprot tome, dobra obezbeđenost kalijumom, hlorom, te povećana koncentracija CO<sub>2</sub> u atmosferi smanjuju nakupljanje nitrata. Između sadržaja nitrata i prinosa postoji pozitivna korelacija.

Pojedini gentotipovi lucerke, koji slabije fiksiraju atmosferski azot, imaju veću sposobnost usvajanja nitrata iz dubljih slojeva zemljišta (**Blumenthal and Russelle**, 1996).

**FOSFOR** se u zemljištu nalazi u organskom i mineralnom obliku, u količini 0,03-0,20 % (**Džamić i Stevanović**, 2000). U našoj zemlji količine ukupnog fosfora u površinskom sloju za različita zemljišta iznose: černozem (0,15-0,20%), smonica (0,10-0,20%), gajnjača (0,07-0,15%), aluvijum (0,02-0,03%) (**Džamić i Stevanović**, 2000).



Pristupačni oblici fosfora obuhvataju fosfor u zemljišnom rastvoru u obliku primarnih, sekundarnih i tercijarnih soli alkalnih elemenata (Na i K), primarnih i delimično sekundarnih jedinjenja zemnoalkalnih elemenata (Ca i Mg), te fizičko-hemijski adsorbovani fosfor. Sadržaj lakopristupačnog fosfora je znatno manji od ukupnog i zavisi od pH zemljišta i sadržaja gline (**Ubavić i Bogdanović**, 1995). Sa povećanjem pH vrednosti povećava se pristupačnost fosfora, a pri visokim vrednostima preovlađuju fosfati kalcijuma, koji su rastvorljiviji od fosfata seskvioksida (Fe i Al). Obezbeđenost zemljišta fosforom određuje se na osnovu sadržaja lakopristupačnih oblika (tabela 1).

Tabela 1. Nivoi lakopristupačnog fosfora u zemljištu (prema **Manojlović i sar.**, 1995)

Ocena nivoa obezbeđenosti	Sadržaj P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> u zemljištu (mg/100 g)
Vrlo nizak (meliorativan)	5
Nizak (siromašno)	5-10
Srednji (srednje siromašno)	10-15
Optimalan (dobro obezbeđeno)	15-25
Visok (preterano obezbeđeno)	25-40
Vrlo visok (ekstremno obezbeđeno)	40-50
Štetan	>50

Fosfor pripada grupi neophodnih, konstitucionih makrohranljivih elemenata. U biljkama se nalazi u organskim jedinjenjima, kao što su fitin, fosfolipidi, nukleinske kiseline, glikofosfati, te manjim delom u neorganskim jedinjenjima, najčešće u obliku fosfata kalcijuma, kalijuma, natrijuma i magnezijuma.

Fosfor je limitirajući faktor prinosa i kvaliteta lucerke i crvene deteline, jer imaju velike zahteve u pogledu ishrane ovim elementom, nešto manji od zahteva za kalijumom. U svojoj materiji ovih biljke nalazi se u proseku 0,2-0,4% fosfora. Na zemljištima slabo do srednje obezbeđenim pristupačnim oblicima fosfora pozitivno reaguje na dodavanje mineralnih đubriva (**Lukić**, 2000). Fosfor, između ostalog, povoljno deluje na aktivnost nitrogenaze, jer se ugrađuje u ATP, te na taj način utiče na metabolizam azota i sadržaj sirovih proteina, kao i na brojnost i veličinu kvržica. Učestvuje u stvaranju prekursora za regeneraciju izdanaka nakon kosidbe, podstičući aktivnost endoamilaze tj. enzimatsku hidrolizu skroba (**Li et al.**, 1998). Kod nedovoljne

obezbeđenosti fosforom smanjuje se koncentracija glutaminske kiseline, a povećava udeo asparagina, arginina i glutamina (**Bickhoff et al.**, 1972).

**KALIJUM** se u zemljištu nalazi u količini 0,5-2,5%. Varijabilnost sadržaja kalijuma prvenstveno je uslovljena tipom zemljišta i mnogo je više izražena nego kod azota i fosfora. Ukupna količina u zemljištu zavisi od količine minerala kalijuma u matičnom supstratu, koji pri raspadanju prelaze u minerale gline. Prosečni sadržaj kalijuma raste sa povećanjem sadržaja gline.

S obzirom na rastvorljivost postoje sledeći oblici: kalijum u mineralima (u kristalnoj rešetci), fiksirani (nezamenjivi), adsorbovani (izmenjivi) i u zemljišnom rastvoru (rastvorljivi). Lakopristupačni oblici kalijuma obuhvataju kalijum u zemljišnom rastvoru i adsorptivnom kompleksu. Obezbeđenost zemljišta kalijumom određuje se na osnovu sadržaja lakopristupačnih oblika (tabela 2).

Tabela 2. Nivoi lakopristupačnog kalijuma u zemljištu (prema **Manojlović i sar.**, 1995)

Ocena nivoa obezbeđenosti	Sadržaj K <sub>2</sub> O u zemljištu (mg/100 g)
Vrlo nizak (meliorativan)	5
Nizak (siromašno)	5-10
Srednji (srednje siromašno)	10-15
Optimalan (dobro obezbeđeno)	15-25
Visok (preterano obezbeđeno)	25-40
Vrlo visok (ekstremno obezbeđeno)	40-50
Štetan	>50

Ispitivanjima u našoj zemlji utvrđeno je da je najveći ukupan sadržaj kalijuma u černozeu (1,8-2,42%), zatim u smonici (1,78-2,35%), gajnjači (0,84-2,29%), te karbonatnom aluvijumu (oko 2,20%), a najmanji u pseudogleju (1,53-1,93%) (**Ubavić i Bogdanović**, 1995).

Pripada grupi neophodnih makrohranljivih elemenata, ali nije konstitucioni, što znači da se u biljci ne nalazi u obliku organskih jedinjenja. Važnu ulogu ima pri hlorofilnoj asimilaciji i sintezi ugljenih hidrata, metabolizmu azota, neutralizaciji svorenih organskih kiselina i regulisanju pH vrednosti ćelijskog soka, vodnom režimu biljaka i drugim fiziološkim procesima.

Lucerka i crvena detelina su kaliofilne biljke i njegov sadržaj u suvoj materiji biljke kreće se oko 1,5%. U uslovima dobre obezbeđenosti, u odnosu na druge elemente mineralne ishrane, značajnije utiče na povećanje prinosa i njegov sadržaj u biljnom materijalu. Dobra obezbeđenost biljaka kalijumom povećava brojnost i aktivnost kvržica, otpornost na niske temperature, promet ugljenika, te translokaciju ugljenih hidrata iz stabla u kvržice (**Barta**, 1983), što je posebno značajno nakon kosidbe pri regeneraciji nadzemnog dela. Učestvuje u indukciji sinteze enzima nitrat-reduktaze i podstiče sintezu peptidnih lanaca tj. proteina. Iz tog razloga, u uslovima nedovoljnih količina kalijuma dolazi da smanjenja azotofiksacije. Takođe, smanjena je sinteza proteina, a nakupljaju se rastvorljiva neproteinska azotna jedinjenja i nitrati (**James et al.**, 1995). Za dobijanje visokih prinosa i kvaliteta odnos N/K je od izuzetnog značaja i trebao bi da bude 1.

Visok nivo K u biljkama utiče negativno na usvajanje Mg i dovesti do bolesti „tetanije“ kod životinja. Takođe, može doći i do hipokalcije, u zavisnosti od odnosa K, Mg i Ca (**Lachowski et al.**, 1989).

**KALCIJUM** se u zemljištu nalazi u silikatima, kalcijum-karbonatu, kalcijum-bikarbonatu, te u brojnim sekundarnim jedinjenjima kao što su: kalcijum-hlorid, nitrat, sulfat, fosfati, humati i dr. (**Džamić i Stevanović**, 2000).

Potiče prvenstveno iz stena i minerala, koji predstavljaju matični supstrat za obrazovanje zemljišta, te se stoga pojavljuju razlike u njegovom sadržaju između različitih tipova zemljišta. Osim toga, u zemljište dospeva organskom materijom i đubrivima. Prosečan ukupan sadržaj je 1,40-1,50 % CaO (**Džamić i Stevanović**, 2000). Pristupačni oblici predstavljaju kalcijum u zemljišnom rastvoru i adsorptivnom kompleksu. Najveći deo od ukupnog Ca čini adsorbovani, osim na kiselim zemljištima. Njegova količina zavisi i od mehaničkog sastava, te je veći njegov sadržaj u glinovitim zemljištima. Ukoliko je adsorptivni kompleks zasićen Ca jonima, zemljište se odlikuje povoljnim fizičkim osobinama i većom mikrobiološkom aktivnošću. Zemljišta sa dovoljnom količinom Ca jona imaju slabo kiselu, neutralnu do slabo alkalnu reakciju, koja najviše odgovara ishrani biljaka. Međutim, u krečnim zemljištima sa manje organske materije može doći do smanjenja pristupačnosti nekih mikroelemenata (Fe, B,

Zn, Mn i Cu) usled njihovog taloženja sa Ca. To se prvenstveno odnosi na zemljišta sa sadržajem kalcijum-karbonata preko 24% (Vasin i sar, 2004a; Vasin i sar., 2006).

Kalcijum pripada grupi neophodnih makroelemenata za ishranu biljaka. Predstavlja komponentu ćelija biljaka, gde se nalazi u jedru, mitohondrijima i hromozomima. Utiče na stabilnost ćelijskih membrana, važnih za otpornost biljaka na poleganje i bolesti. Važna njegova uloga je i neutralizacija organskih kiselina, nastalih u metabolizmu ćelija. Kalcijum podstiče rast korena i kvržica, kao i azotofiksaciju.

Ca je neophodan za izgradnju kostiju, odigravanje mišićnih kontrakcija, a pozitivno deluje i na koagulaciju krvi. Deponovan je u kostima i zubima životinja. Njegov deficit uzrokuje osteodistrofiju i fibrozu.

**MAGNEZIJUM** se u zemljištu pojavljuje u obliku silikata, karbonata, nitrata, sulfata i bikarbonata, kao i adsorbovan na površinu adsorptivnog kompleksa. U litosferi ukupna količina varira u intervalu 0,50-3,50 %, a u pedosferi 0,10-1,50 % i retko se dešava njegov nedostatak, osim na peskovitim zemljištima. Prema **Popoviću** (1989) ukupan sadržaj magnezijuma u sloju 0-20 cm kreće se u zavisnosti od tipa zemljišta: gajnjača 1,31%, černoze karbonatni 1,45%, černoze beskarbonatni 1,26%, degradirani černoze 1,13%, smonica 1,41% i aluvijum karbonatni 2,44%.

Pripada grupi neophodnih i konstitucionih elemenata. Biljke usvajaju magnezijum u obliku  $Mg^{2+}$  jona. Ulazi u sastav hlorofila, gde je sa azotom vezan u porfirinskom jezgru, te učestvuje u izgradnji ćelijskih membrana. Najveće zahteve za magnezijumom imaju leguminoze, koje imaju veliku asimilacionu površinu i intenzitet fotosinteze, te ga zahtevaju u većim količinama za biosintezu hlorofila. Kod lucerke ima važnu ulogu u fiksaciji molekularnog azota, jer se pretpostavlja da stvara vezu između gvožđe-protein kompleksa i ATP-a. Prekomernom upotrebom kalijumovih đubriva ili u prisustvu većih količina fosfora, sumpora, kalcijuma i molibdena moguće je smanjenje koncentracije magnezijuma u biljkama (**Tesar**, 1981).

Nedostatak Mg može kod stoke da izazove bolest „tetaniju“ (hipomagneziju). Za manifestaciju ove bolesti važan je odnos  $K/(Ca+Mg)$ . Kada je količina Mg ispod 0,2%, a K više od 2,5% i odnos  $K/(Ca+Mg)$  veći od 2,2, može doći do pojave ove bolesti (**Gross**, 1973).

**NATRIJUM** se u zemljištu nalazi u obliku soli: NaCl, Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>, Na<sub>2</sub>HPO<sub>4</sub> i dr., koje su dobre rastvorljivosti u vodi. Veoma je pokretljiv, tako da se lako može isprati iz površinskog sloja. Više ga sadrže zemljišta aridnih predela, nekada čak i preko 1 %, što može izazavati štete kod biljaka.

U izgradnji zemljine kore učestvuje sa oko 3,8%. U zemljište dolazi raspadanjem minerala, a u zavisnosti od matičnog supstrata na kome je zemljište obrazovano, biće i različit sadržaj Na. Osim toga u zemljište može doći i morskom vodom u priobalnom području, kao i primenom organskih i mineralnih đubriva.

Pripada grupi korisnih elemenata i smatra se da utiče na vodni režim biljaka, učestvuje u regulisanju osmotskog pritiska, te neutralizaciji stvorenih organskih kiselina. Biljke ga usvajaju u obliku Na<sup>+</sup> jona. U suvoj materiji biljaka nalazi se 0,01-2,00 % Na, pri čemu je više zastupljen u vegetativnim, nego u generativnim organima. U zemljištu ne dolazi do njegovog nedostatka, naprotiv češće se javlja u suvišku, posebno na zaslanjenim zemljištima.

Izvori **SUMPORA** u zemljištu su sulfidi metala, koji ulaze u sastav vulkanskih stena (FeS<sub>2</sub>, CuFeS<sub>2</sub>, ZnS, CoAsS), teško rastvorljivi sulfati (CaSO<sub>4</sub> · 2H<sub>2</sub>O, MgSO<sub>4</sub> · 7H<sub>2</sub>O) i drugi teže i lakše rastvorljivi sulfati, kao i organska materija u vidu ostataka biljaka, životinja i mikroorganizama. Sumpor u zemljište dospeva i iz atmosfere, kao i organskim i mineralnim đubrivima. Količina sumpora u litosferi iznosi oko 0,06 %, a u pedosferi 0,01-0,25 %, od čega 80-90 % čine organska, a 10-20 % su mineralna jedinjenja (**Ubavić i Bogdanović**, 1995). Presečan sadržaj u zemljištu na dubini 0-30 cm, prema ispitivanjima **Ivovića i sar.** (1988), kreće se u granicama 0,011-0,130 %, pri čemu je najviši sadržaj konstatovan u rendzini (0,130%), nešto niži u aluvijumu beskarbonatnom (0,070%) i karbonatnom (0,023%), a najniži na smeđem kiselom zemljištu (0,011%), pseudogleju (0,014%) i parapodzolu (0,014%). Kritična vrednost za obezbeđenost zemljišta lakopristupačnim sumporom je 12,50 mg/kg ekstrahovanog natrijum acetatom (**Džamić i Stevanović**, 2000).

Biljke usvajaju sumpor isključivo u obliku SO<sub>4</sub><sup>2-</sup> jona. On je esencijalan element za sve žive organizme, te pripada grupi neophodnih i konstitucionih elemenata. Ulazi u sastav belančevina, obrazujući disulfidne veze između polipeptidnih lanaca, zatim aminokiselina cisteina, cistina i metionina, učestvuje u oksido-

redukcioni procesima u ćeliji, kao i mnogim drugim. Oko polovine sumpora se u biljkama lucerke ugrađuje u aminokiselinu metionin. Osim toga, sastavni je deo mnogih koenzima i enzima kao što su ureaza i nitrogenaza (**Duke**, 1983), te se u uslovima nedostatka sumpora smanjuje fiksacija molekularnog azota, sinteza proteina i menja se njihova struktura (**Westerman**, 1975). U leguminozama sadržaj je približan sadržaju fosfora, što govori o njegovom velikom značaju. Tako je u ogledima, na zemljištu deficitarnom u sumporu, dodavanje malih količina ovog elementa, 15-20 kg/ha, značajno uticalo na povećanje prinosa i ukupan sadržaj azota i sumpora u biljkama (**Andrews**, 1977). U prvom otkosu lucerka iznese sumpora 1-5 kg/t suve materije. Nedostatak sumpora se najčešće može uočiti na zemljištima siromašnim organskom materijom, najčešće peskovitim (**Daliparthy et al.**, 1995). Suvišak sumpora može kod lucerke da deluje inhibirajuće na usvajanje bora i molibdena, iako je veoma otporna na njegove povećane koncentracije.

**BAKAR** u zemljištu poreklo vodi iz primarnih i sekundarnih minerala: halkopirit ( $\text{CuFeS}_2$ ), malahit ( $\text{CuCO}_3 \cdot (\text{CuOH})_2$ ), azurit ( $2\text{CuCO}_3 \cdot (\text{CuOH})_2$ ), kuprit ( $\text{CuO}_2$ ), atakamit ( $\text{CuCl}_2 \cdot 3\text{CuOH}_2$ ), čijim raspadanjem se oksidiše i prelazi u dvovalentno stanje (**Džamić i Stevanović**, 2000). Ovaj jon gradi u zemljištu brojne oblike, različite rastvorljivosti i pristupačnosti za biljke. U zemljištu se nalazi najvećim delom u obliku primarnih, a manje sekundarnih minerala, zatim u teškorastvorljivim solima i oksidima, organo-mineralnim kompleksima, adsorptivnom kompleksu i u zemljišnom rastvoru.

Ukupna količina Cu u zemljištu iznosi 10-140 mg/kg, a u zemljištima Srbije vrednosti su se nalazile u intervalu 10-60 mg/kg, u zavisnosti od tipa zemljišta. Sa dubinom njegov sadržaj opada. Najviše je zastupljen u težim zemljištima (ritska crnica), a najmanje u peskovitim. U ispitivanju ukupnog sadržaja Cu u našim zemljištima (**Popović**, 1989) na dubini do 40 cm u černozeu je konstatovano 60 mg/kg, podzolu 10 mg/kg, a u tresetnim zemljištima 4 mg/kg. Prema ispitivanju **Jekića** (1974), te **Jekića i sar.** (1989) ukupan sadržaj Cu se razlikovao u zavisnosti od tipa zemljišta: aluvijum 14,4-41,6 mg/kg, deluvijum 10,8-66,8 mg/kg, smonica 25,2-44,2 mg/kg, gajnjača 35,0-49,0 mg/kg, pseudoglej 28,0-37,0 mg/kg i černozeu 33,0-46,0 mg/kg.

Bakar u biljkama ulazi u sastav mnogih oksidacionih fermenta (polifenoloksidaze, laktaze, askorbinoksidaze), učestvuje u sintezi belančevina, antocijana, utiče na stabilnost hlorofila i intenzitet fotosinteze. U uslovima nedostatka bakra, što se može očekivati na zemljištima sa povećanim sadržajem organske materije, muljevitim i peskovitim zemljištima, smanjuje se brojnost kvržica.

U organizmu životinja neophodan je sintezu hemoglobina, normalno funkcionisanje kostiju i održavanje mijelinskog omotača nerava. U slučaju nedostatka bakra dolazi do raznih morfoloških i fizioloških poremećaja kao što su anemija i ataksija. Kod suviška dolazi do oštećenja jetre, distrofije mišića, sporijeg rasta i anemije (**Kastori**, 1990).

**BOR** ulazi u sastav primarnih i sekundarnih minerala, od kojih su najzastupljeniji turmalin, datolit, dumortirit, boracit, hidroboracit i kolemanit. Može biti vezan za mineralne i organske koloide, pri čemu najveću ulogu imaju hidroksidi i slobodni oksidi Al i Fe. Osim toga može se nalaziti u organskoj materiji zemljišta i zemljišnom rastvoru. U slanim zemljištima može se nalaziti veća količina rastvorljivih borata, koji mogu biti toksični za biljke. Granica toksičnosti iznosi 0,70 mg/l zemljišnog rastvora.

Sadržaj ukupnog bora u zemljištu varira u proseku od 5 mg/kg do 10 mg/kg (**Džamić i Stevanović**, 2000). Zemljišta bogatija glinom, sadrže veće količine, dok su peskovita i kisela siromašnija borom. Rezerve bora su uglavnom u mineralnom obliku.

Bor u biljkama utiče na metabolizam ugljenih hidrata, fosfornih jedinjenja i nukleinskih kiselina, transport šećera, obrazovanje generativnih organa i oplodnju, te na otpornost prema niskim temperaturama i bolestima.

Na karbonatnim zemljištima ili nakon kalcizacije, biljke su pozitivno reagovala na obradu semena bornim jedinjenjima povećanjem prinosa i sadržaja proteina (**Džamić i Stevanović**, 2000). **Tomić i sar.** (2010) navode značajno povećanje broja cvasti po biljci, kao i broja cvasti po izdanku, broja zrna po cvasti i fertilnost na tretmanima sa folijarnom primenom bora. U biljkama ima posebnog uticaja na proces oplodnje, preko uticaja na količinu i fiziološku aktivnost polena, te primamljivost cvetova. Suvišak cinka ili prekomerna upotreba azotnih đubriva mogu smanjiti usvajanje bora. Lako se ispira iz zemljišta, pa je njegov sadržaj veći u aridnim nego u humidnim područjima.

Kod životinja ima ulogu u metabolizmu mineralnih materija, posebno Mg, a pretpostavlja se da aktivira i mnoge enzime. U slučaju povećane količine B u stočnoj hrani može doći do poremećaja metabolizma a i do oštećenja centralnog nervnog sistema (**Kastori**, 1990).

Rasprostranjenost **GVOŽĐA** je velika i ono zauzima četvrto mesto po zastupljenosti u litosferi. Ukupni sadržaj u zemljištu, uglavnom u neorganskom obliku, iznosi 0,5-5,0%  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ , a varijabilan je u zavisnosti od tipa zemljišta pa tako u površinskom sloju podzola koncentracija  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  iznosi 2,0-4,0 %, crnice 5,0-6,0 %, a crvenice čak 7,5-10,5% (**Džamić i Stevanović**, 2000). Samo neka karbonatna i silikatna zemljišta ga sadrže ispod 1,0 %. Glavni izvor gvožđa u zemljištu predstavljaju primarni (biotit, olivin, amfiboli) i sekundarni minerali, u kojima se nalazi u obliku oksida (hematit, magnetit), karbonata (siderit), fosfata (vivijanit), sulfida (pirit) i i hidroksida i oksida (limonit). Karbonati i sulfidi se lakše razlažu u odnosu na ostale. Pored toga, Fe se u zemljištu nalazi i vezano za organsku materiju, adsorbovano i u zemljišnom rastvoru, koji predstavljaju njegove lakopristupačne oblike. Količine ovog Fe se kreću u intervalu 0,01-32 ppm, a uslovljene su pH vrednošću i redoks potencijalom. U kiseloj sredini (pH<4,0) gvožđa ima dovoljno, a nekada i u tolikoj meri da može biti toksično. U uslovima visokog redoks potencijala i vlažnosti radom mikroorganizama nastaju feri-jedinjenja, koja su rastvorljiva samo u ovoj kiseloj sredini. Pri reakciji zemljišta 4,0-6,5 u uslovima niskog redoks potencijala rastvorljivost Fe je dobra i to je najpovoljnija reakcija sa stanovišta ishrane. U zemljištima slabo kisele do neutralne reakcije otežana je ishrana gvožđem, jer nastaju teško rastvorljivi oksidi i fosfati, dok se u krečnim zemljištima (pH>7,5-8,0) obrazuju teško rastvorljivi hidroksidi. Organska materija utiče pozitivno na pokretljivost Fe, jer obrazuju jedinjenja tipa Fe-helata.

Pripada grupi neophodnih elemenata. Biljke ga usvajaju u obliku  $\text{Fe}^{+2}$ ,  $\text{Fe}^{+3}$  i Fe-helata. Usled polivalentosti i mogućnosti obrazovanja helata učestvuje u brojnim fiziološko-biohemijskim procesima biljaka: disanju, fiksaciji N, redukciji nitrata i sulfata, metabolizmu ugljenih hidrata i brojnim drugim procesima. Fiksaciju azota katalizira specifičan enzim nitrogenaza, koji je lokalizovan u kvržicama bakterija, a gvožđe, koje nije vezano u vidu hem. jedinjenja, zajedno sa molibdenom predstavlja neophodne komponente aktivnog centra nitrogenaze (**Kastori**, 1990). Koncentracija gvožđa u lucerki i crvenoj detelini se kreće 30-250 mg/kg suve materije. Ispitivanja



**Jekića** (1974) ukazuju da se hloroza javlja ispod 50 ppm pristupačnog Fe. **Mengel i Kirkby** (1987) smatraju da su najčešći uzroci hloroze alkalni uslovi ili povećane koncentracije  $\text{HCO}_3^-$  ili  $\text{NO}_3^-$ . U našoj zemlji znaci hloroze se mogu zapaziti na peskovitim zemljištima i na karbonatnom černozeu.

Gvožđe u organizmu životinja ima veoma važnu ulogu jer ulazi u sastav brojnih proteina i enzima. U slučaju njegovog nedostatka u ishrani može doći do anemije, usporenog rasta i smanjene otpornosti organizma. Takođe i suvišak može imati negativne efekte na životinje, koje mogu imati smanjen apetit i prirast, dijareju, a može doći i do njihovog uginuća (**Kastori**, 1990).

Matični supstrat je najznačajniji izvor **KOBALTA**, pri čemu najniže vrednosti beleže zemljišta obrazovana na granitu (1,0 mg/kg), dioritu (1,5 mg/kg), andezitu (12,0 mg/kg), bazaltu (20 mg/kg), dok serpentinu mogu da sadrže i do 100 mg/kg (**Džamić i Stevanović**, 2000). Karbonatni peskovi i tresetna zemljišta prosečno sadrže 0,25-1,2 mg/kg i na tim zemljištima se zapaža nedostatak kobalta u krmnoj masi, što se može nepovoljno odraziti na zdravstveno stanje preživara.

Ukupan sadržaj kobalta u zemljištu se kreće 0,05-300 g/kg (**Aubert and Pinta**, 1997). U zemljištima Srbije njegov sadržaj varira u intervalu 0,8-6,0 mg/kg, pri čemu su najveće vrednosti zabeležene na smonici, a najniže na karbonatnom černozeu (**Manojlović, Gašić i Rajković**, 1967 cit. **Džamić i Stevanović**, 2000).

Biljka usvaja kobalt u obliku  $\text{Co}^{2+}$ . On učestvuje u oksidacionim procesima, te ulazi u sastav vitamina  $\text{B}_{12}$ . Osim toga, može da zameni druge metale na fiziološki važnim mestima. On nije esencijalan element za lucerku i crvenu detelinu, međutim pozitivno reaguju na njegovo dodavanje u hranljivi rastvor. Razlog tome leži u činjenici što je kobalt važan element za *Rhizobium*. U ispitivanjima uticaja primene folijarnog tretmana kobaltom na kiselom zemljištu **Tomić i sar.** (2010) zabeležili su značajan pozitivan uticaj ovog elementa na komponente prinosa crvene deteline.

Kobalt ima značajnu ulogu u ishrani preživara. Ulazi u sastav vitamina  $\text{B}_{12}$ , a koji je značajan za sintezu crvenih krvnih zrnaca. Takođe, u nedostatku ovog elementa dolazi do leukopenije i trombocitopenije (**Džamić i Stevanović**, 2000).

Poreklo **MANGANA** su fero-magnezijumove stene, te silikati magmatskih stena, gde se nalazi u obliku minerala. U zemljištu se još nalazi u teško rastvorljivim solima (tercijarni fosfat  $Mn_3(PO)_4 \cdot 7H_2O$ ,  $MnCO_3$  i  $Mn(OH)_2$ ), u organskim jedinjenjima, kao i adsorbovani Mn, te u zemljišnom rastvoru.

Zahvaljujući hemijskim ososbinama da menja svoju valentnost, u zemljištu se mogu naći različita manganova jedinjenja. Odnos ovih jedinjenja je različit, s obzirom da zavisi od pH vrednosti i redoks potencijala (**Vasin i sar**, 2004b), koji su u direktnoj vezi sa sadržajem vlage, aeracijom i mikrobiološkom aktivnošću. Redukcija i oksidacija mangana su pod uticajem navedenih faktora, tako da se mangan može naći u zemljištu u lako i teško redukujućem obliku, što utiče na njegovu pristupačnost biljkama. Divalentni i trovalentni Mn su značajni za ishranu biljaka, dok su šesto i sedmovalentni oblici jaki okidansi i retki su u zemljištu.

Ukupan sadržaj Mn u zemljištu iznosi 200-2000 mg/kg (**Kastori**, 1990), a sa dubinom sadržaj opada. U zemljištima Srbije vrednosti se kreću od 490 mg/kg u karbonatnom černozeu, 670 mg/kg u smonici, 650 mg/kg u gajnjači do 800 mg/kg u pseudogleju (**Džamić i Stevanović**, 2000).

Pripada grupi neophodnih elemenata. U biljci učestvuje u oksido-redukcionim procesima, aktivaciji enzimskih procesa, procesu fotosinteze, metabolizmu ugljenih hidrata i lipida, te sintezi biljnih pigmenta, naročito karotinoida. Posebno je značajan za fiksaciju atmosferskog N i metabolizam azota. Nepovoljno deluje na usvajanje N, P, K i Ca, ali bez negativnog uticaja na visinu prinosa, jer povećava ekonomičnost iskorištavanja.

Pri nedostatku mangana može doći do nakupljanja nitrita i nitrata. Manji sadržaj se obično javlja na peskovitim zemljištima, ali se češće u prirodi dešava njegov suvišak, koji može ublažiti prisustvo alkalnih i zemnoalkalnih metala (**Nable et al**, 1984). Suvišak se javlja obično na jako kiselim i loše dreniranim zemljištima.

U organizmu životinja ima važnu ulogu u metabolizmu ugljenih hidrata i lipida. Njegov nedostatak izaziva usporeno rastenje, smanjenu plodnost, manju masu, ataksiju i deformitet nogu. Suvišak mangana izaziva poremećaje u prometu Fe i biosintezi hemoglobina (**Kastori**, 1990).

**MOLIBDEN** se u zemljištu nalazi u raznim mineralima, najčešće kao molibdenit ( $\text{MoS}_2$ ), povelit ( $\text{CaMoO}_4$ ), vulfenit ( $\text{PbMoO}_4$ ) i feromolibdenit ( $\text{Fe}(\text{MoO}_4)_3 \cdot 8\text{H}_2\text{O}$ ), zatim vezan za Fe i Al-hidrokside, adsorbovan za glinene minerale, za organsku materiju i u vodorastvorljivom obliku (**Kastori**, 1990). Ukupna količina Mo u zemljištu se kreće u granicama 0,6-3,5 mg/kg (**Kastori**, 1990). **Ubavić i Bogdanović** (1995) su utvrdili da se u zemljištu voćarsko-vinogradarskog područja Vojvodine ukupan sadržaj Mo nalazi u intervalu 0,40-0,95 mg/kg.

Kalcizacija, primena rastvorljivih fosfornih đubriva i intenzivnija mineralizacija povećavaju sadržaj pristupačnog molibdena, koji se u proseku nalazi u intervalu 0,025-0,280 mg/kg i sa dubinom opada (**Džamić i Stevanović**, 2000). Organska materija sa molibdenom stvara komplekse, čime se povećava njegoa pristupačnost biljkama.

Najvažnija uloga molibdena je uloga katalizatora simbiotske i nesimbiotske fiksacije atmosferskog azota. Ima ulogu kofaktora u enzimima nitrogenaza, nitrat-reduktaza, ksantin-oksidaza, aldehyd-oksidaza i sulfat-oksidaza. Nedovoljna ishrana molibdenom dovodi do poremećaja u fiksaciji i metabolizmu azota, te smanjenog sadržaja proteina i povećanje udela neproteinskih azotnih jedinjenja (**Bergman**, 1983). To znači da pri njegovom nedostatku može doći do nakupljanja nitrata u biljkama. Ovo se dešava na kiselim zemljištima, usled stvaranja teže rastvorljivih jedinjenja sa aluminijumom i gvožđem, te peskovitim zemljištima, usled slabijeg vezivanja od strane zemljišta. Dodavanjem molibdena na ovim zemljištima povećava se sadržaj proteina (**Džamić i Stevanović**, 2000).

Visok sadržaj sulfata i bakra deluju antagonistički pri usvajanju molibdena, te smanjuju njegovo nakupljanje u biljkama (**Kastori**, 1990). Prekomerno nakupljanje molibdena u biljkama nije poželjno ni sa aspekta ishrane životinja, pogotovo ako je nizak sadržaj bakra. Suvišak Mo se može kontrolisati primenom Cu. Osim toga, može izazvati dijareju, smanjen apetit i gubitak telesne mase. U slučaju nedostatka Mo smanjuje se rast i životna sposobnost životinja.

**TEŠKI METALI-** Proizvodnja visokokvalitetne stočne hrane od lucerke i crvene deteline uslovljena je ne samo sadržajem hranljivih materija u zemljištu, nego i odsustvom štetnih elemenata, kao što su teški metali. Poreklo teških metala je iz litosfere, tako da njihova koncentracija u zemljištu zavisi od sadržaja u stenama iz kojih

je potekao matični supstrat (**Ubavić i Bogdanović**, 1995). Međutim, često se dešava da su pojedini teški metali u nekim zemljištima zastupljeni u većim količinama, nego što je njihov sadržaj u matičnoj steni na kojoj je zemljište formirano. Ova pojava je posledica antropogenog uticaja, s obzirom na veliki broj industrijskih postrojenja, topionica, termoelektrana, automobila, hemijskih sredstava i drugih zagađivača (**Džamić i Stevanović**, 2000). Novija istraživanja ukazuju na sve veće prisustvo teških metala i u poljoprivrednim zemljištima (**Markoski et al.**, 2011), koje je dodatno ugroženo sve većom i neadekvatnom primenom hemijskih sredstava, otpadnih i komunalnih voda i muljeva, te mineralnih đubriva. Najveću opasnost predstavljaju fosforna đubriva, za čiju proizvodnju se kao sirovina koriste sirovi fosfati, koji sadržavaju veću količinu teških metala.

Zakonom o poljoprivrednom zemljištu u Republici Srbiji uređuje se planiranje, uređenje i korišćenje poljoprivrednog zemljišta (**Sekulić i sar.**, 2011). Maksimalno dozvoljene količine (MDK) opasnih i štetnih materija u zemljištu i vodi za navodnjavanje, koje mogu da oštete ili promene proizvodnu sposobnost poljoprivrednog zemljišta i kvalitet vode za navodnjavanje, koje dolaze ispuštanjem iz fabrika, izlivanjem deponija, nepravilnom upotrebom mineralnih đubriva i sredstava za zaštitu bilja, regulisane su Pravilnikom o dozvoljenim količinama opasnih i štetnih materija u zemljištu i vodi za navodnjavanje i metodama njihovog ispitivanja (**Službeni glasnik RS**, br. 23/1994).

Njihovo ponašanje u zemljištu uslovljeno je mnogobrojnim faktorima, koji mogu uticati na njihovu mobilnost i akumulaciju od strane biljaka, a najznačajniji su reakcija zemljišta, sadržaj organske materije i koloidne gline (**Pelivanoska et al.**, 2011). Pored ovih i drugi faktori mogu uticati na njihovu mobilnost i štetno dejstvo, kao što su vlažnost, sadržaj kalcijum-karbonata, hidratizani oksidi gvožđa i aluminijuma, kapacitet razmene katjona, redoks potencijal, nivo podzemne vode i dr. (**Kastori i sar.**, 2003; **Jakšić i sar.**, 2013a).

U kiseloj sredini oslobađaju se veće količine teških metala u zemljišni rastvor, što dovodi do veće akumulacije od strane biljaka i jedino u zemljištima male adsorptivne sposobnosti (peskovi) mogu se isprati iz rizosfernog sloja, dok se kod ostalih (ilovastih i glinovitih) veoma dobro vezuju za adsorptivni kompleks (**Džamić i Stevanović**, 2000). U prisustvu većeg sadržaja humusa, dolazi do obrazovanja helatnih

jedinjenja sa teškim metalima, što dovodi do njihovog većeg usvajanja od strane biljke. U ogleđima sa povećanjem pH vrednosti zemljišta sa 3,3 na 7,2 sadržaj rastvorljivih oblika teških metala se smanjio: Cd sa 1,4 na 0,04 mg/kg; Cr sa 5,3 na 0,005 mg/kg; Ni sa 15,0 na 0,6 mg/kg i Pb sa 8,1 na 0,2 mg/kg (**Džamić i Stevanović**, 2000). Sadržaj teških metala (Pb, Cd, As i Hg) u uzorcima lucerke, koji su sakupljeni sa 16 lokaliteta u Vojvodini, u koncentraciji većoj od dozvoljene, konstatovane su samo u slučaju žive i to u četiri uzorka, dok je u svim ostalim uzorcima sadržaj bio niži od maksimalno dozvoljenog (**Mihaljev et al.**, 2008).

Teški metali pri većim koncentracijama deluju veoma toksično na biljke (**Ceribasi and Yetis**, 2001; **Cheung and Gu**, 2007). Oni utiču na proticanje brojnih fiziološko-biohemijjskih procesa kao što su: mineralna ishrana, fotosinteza, disanje, vodni režim, rast i razviće, te prinos biljaka (**Feng et al.** 2010; **Van Assche and Clijsters** 1990; **Brahima et al.** 2010; **Wani et al.** 2007).

Takođe, prisustvom u hranljivom supstratu, u pristupačnom obliku, mogu da inhibiraju ili podstiču usvajanje drugih elemenata, te njihov transport iz korena u nadzemne organe i raspodelu među njima. Inhibiraju biosintezu proteina u biljkama, aktivnost enzima metabolizma azota, proces disanja, te utiču na anatomsku i morfološku građu biljaka, a mogu imati i mutageno dejstvo (**Kastori i sar.**, 1997).

Karakteristika većine toksičnih elemenata je da reaguju sa raznim organskim jedinjenjima stvarajući stabilne komplekse sa ligandima koji sadrže kiseonik, sumpor ili azot kao donore elektrona. Toksično dejstvo zasniva se na njihovom ireverzibilnom vezivanju za metabolički aktivne grupe u aminokiselinama, polipeptidima i proteinima (**Mihaljev i sar.**, 2008). Danas se smatra da toksični elementi prvenstveno deluju na ćelijsku membranu, dok je oštećenje enzimskih sistema u unutrašnjosti ćelije u većini slučajeva sekundarna pojava (**Milošević i Vitorović**, 1992). Teški metali preko biljaka ulaze u lanac ishrane, gde u ljudskom organizmu imaju “kumulativna svojstva” tj. dolazi do njihovog nakupljanja u pojedinim organima ili tkivima, gde ispoljavaju svoje štetno delovanje.

**ALUMINIJUM** je jedan od najzastupljenijih metala u zemljinoj kori i čini oko 7-9% njene mase (**Džamić i Stevanović**, 2000). Važan je konstitutivni element čvrste faze zemljišta, čineći strukturu mnogih primarnih i sekundarnih, posebno glinenih, minerala.

Nije esencijalan za biljke. Pripada elementima, koji mogu da izazovu štetne efekte, ali samo u slučaju povećanih koncentracije njegovih mobilnih oblika, vodoratsvorljivog i adsorbovanog Al. Tokom prošlog veka povećana je njegova emisija u atmosferu, samo 70-tih godina 7,2 miliona t godišnje (**Lantzy and Mackenzie**, 1979). Takođe, poznato je da je atmosferska koncentracija aluminijuma značajno porasla u područjima sa industrijom cementa i iznosi preko 10 mg/m<sup>3</sup> (**Merian**, 1984). Štetni efekti ovog elementa u zemljištu mogu se ispoljiti dugogodišnjom primenom fiziološki kiselih mineralnih đubriva, ali i drugih materijala, koji mogu da izazovu acidifikaciju zemljišta (**Bošković-Rakočević i sar.**, 2003)

Velike količine mobilnog aluminijuma (Al<sup>+3</sup>), koje se mogu javiti u kiselim zemljištima, mogu biti toksične za biljke (**Đurić i sar.**, 2010), te izazvati poremećaje mineralne ishrane, dovesti do zakržljanja korenova i ponika (**Mahoney**, 1982), ali i do potpunog uginuća biljaka (**Undersander et al.**, 1994). Osim toga, negativno utiču na usvajanje fosfora, kalcijuma, magnezijuma i sumpora, smanjujući njihovu pristupačnost obrazovanjem teže rastvorljivih jedinjenja, ali i drugih katjona, usled kompetitivne interakcije (**Yokota and Ojima**, 1995).

Ukupan sadržaj Al u zemljištu ne govori o njegovoj toksičnosti, nego samo sadržaj mobilnog Al i to u koncentraciji preko 50 mg/100 g zemljišta (**Pewerill et al.**, 1980; **Mahoney et al.**, 1981; **Džamić i Stevanović**, 2000), dok se koncentracije od 15 mg/kg smatraju kritičnim za biljke. Na količine Al<sup>+3</sup> utiču ukupan sadržaj Al u određenom tipu zemljišta, pH vrednost, sadržaj gline i organske materije (**Bošković-Rakočević**, 2001). Najveći uticaj na mobilnost Al ima smanjenje pH vrednosti, pogotovo ispod 4,5.

Na zemljištima sa pH 3, zbog prevelike koncentracije Al<sup>+3</sup> i Mn<sup>+2</sup>, nemoguć je rast ponika i nema nodulacije *Rhizobium*-a, te je gajenje na ovakvim zemljištima moguće samo uz prethodnu kalcizaciju i inokulaciju semena pre setve (**Đukić**, 2002).

Poreklo **HROMA** u zemljištu može biti iz matičnog supstrata, ali i iz antropogenih izvora, kao što su razni poljoprivredni materijali, muljevi i atmosferski depozit.

U zemljištu se Cr nalazi uglavnom u obliku jedinjenja, najčešće u mineralima hromit (FeCrO<sub>4</sub>), krokoit (PbCrO<sub>4</sub>) i uvarovit (Ca<sub>3</sub>Cr<sub>2</sub>(SiO<sub>4</sub>)<sub>3</sub>). Njegov ukupan sadržaj u

zemljištu varira od 5 mg/kg do 100 mg/kg (**Ubavić i Bogdanović**, 1995), pa čak i do 3400 mg/kg (**Markoski et al.**, 2011) na zemljištima obrazovanim na serpentinima.

S obzirom na veliku imobilizaciju u zemljištu, sadržaj Cr u zemljišnom rastvoru se na povećava mnogo, čak i kada se unose soli dobre rastvorljivosti. Iz tog razloga je njegova pokretljivost mala i uglavnom se adsorbuje u površinskom sloju 5-10 cm. Veoma se čvrsto adsorbuje u zemljištima sa većim sadržajem gline i humusa. Na pristupačnost, takođe, velik uticaj ima pH vrednost. Pri pH vrednosti, koju ima većina zemljišta,  $Cr^{6+}$ , koji se inače više usvaja, brzo se redukuje do  $Cr^{3+}$ , koji je slabije rastvorljiv i uglavnom prelazi u slabo rastvorljiv  $Cr(OH)_3$ . Rastvorljivost  $Cr^{3+}$  se uveliko smanjuje pri  $pH > 4$ , a pri  $pH > 5$  se potpuno istaloži. **Wallace** (1976) navodi da je  $Cr^{6+}$  mnogo toksičniji za biljke od  $Cr^{3+}$ . Iz tog razloga biljke ga slabije usvajaju. U zemljišni rastvor dolazi nakon jonizacije rastvorljivih soli, kao što su hromati Na, K, Mg i Ca. Koncentracija pristupačnog hroma je u većini zemljišta veoma mala, 0,2-0,4 mg/kg (**Bogdanović i sar.**, 2007a).

Prema Pravilniku o dozvoljenim količinama opasnih i štetnih materija u zemljištu i vodi za navodnjavanje i metodama njihovog ispitivanja (**Službeni glasnik RS**, br. 23/1994) maksimalno dozvoljena količina Cr u zemljištu iznosi 100 mg/kg.

Prosečna kritična koncentracija Cr u gajenim biljkama iznosi 1,0 mg/kg, a toksična 2,0 mg/kg suve materije (**Kastori i sar.**, 1997).

Hrom je esencijalan element za životinje, s obzirom da je neophodan za normalan metabolizam lipida i ugljenih hidrata (**Dukes and Reece**, 2004), dok je kod ljudi zapažena povećana potreba za Cr kod smanjenja tolerancije na glukozu (**Vapa i Vapa**, 1997). Suvišak Cr može dovesti do toksikoze sa različitim simptomima kod pojedinih životinja, a moguć je i nastanak raka.

**KADMIJUM** se u zemljištu sreće najčeće u obliku sulfida. Najznačajniji izvor Cd je mineral sfalerit ( $ZnS$ ) i sekundarni minerali, u kojima je njegova koncentracija 0,2-0,4% (**Rose et al.**, 1979). Matični supstrat može biti značajan izvor Cd na neobrađenim i neđubrenim zemljištima. Velike količine ovog metala nalaze se u sedimentnim stenama, ali i u fosfatima. Takođe, zemljišta formirana na crnim škriljcima, imaju značajno povećan ukupan sadržaj Cd (**Bogdanović**, 2002). Procenjuje se da je prosečna koncentracija Cd u zemljinoj kori 0,1 mg/kg (**Heinrichs et al.**, 1980,

**Bowen**, 1979). Kadmijum se može naći u visokoj koncentraciji i u površinskom sloju zemljišta, unesen đubrivima, atmosferskim talogom i biljnim ostacima (**Soler and Soler**, 1996).

U dugotrajnim poljskim ogledima **Manojlović i sar. cit. Ubavić i Bogdanović** (1995) različiti sistemi đubrenja su doveli do značajnog povećanja sadržaja Cd u zemljištu, ali ne i iznad maksimalno dozvoljene količine propisane zakonom.

Iako su najznačajniji izvor kontaminacije zemljišta fosforna đubriva (54-58%), značajne količine u zemljište dospevaju i atmosferskim talozima (39-41%) i kanalizacionim muljem (2-5%) (**Yost and Miles**, 1979; **Tjell et al.**, 1981).

Visoke koncentracije Cd u hranljivom rastvoru mogu da značajno utiču na brojne fiziološke procese u biljkama. Veći broj autora je utvrdio smanjanje biološke fiksacije azota (**Pereira et al.**, 2006; **Younis**, 2007), aktivnosti nitrat-reduktaze (**Huang et al.**, 1974) i drugih enzima metabolizma azota (**Petrović et al.**, 1987; **Kastori et al.**, 1993; **Popović et al.**, 1996). Takođe, nastaju oštećenja na fotosintetičkom aparatu (**Wozny et al.**, 1990), inhibira se proces disanja (**Miller et al.**, 1973; **Hampp et al.**, 1976). Koncentracije kadmijuma od 1, 2 i 10  $\mu\text{g}/\text{cm}^3$  u ispitivanju **Barua i Jana** (1986) su smanjile intenzitet fotosinteze, sadržaj proteina i procenat suve materije u biljkama spanaća.

Uticao kadmijuma na prinos zavisi od tipa zemljišta, posebno njegove pH vrednosti i sadržaja organske materije. **Aleksejev and Zurin** (1982) su ispitivanjem uticaja Cd na prinos muhara na osam tipova zemljišta konstatovali značajne razlike u prinosu na različitim tipovima zemljišta, pri čemu je najmanji prinos ostvaren na kiselim zemljištima, a najveći na černozeu.

Unošenje veće količine u organizam životinja dovodi do raznih metaboličkih promena usled čega dolazi do smanjenog porasta, anemije, renalnog oštećenja, problema sa reprodukcijom i dr. (**Vapa i Vapa**, 1997).

Prisustvo **NIKLA** u većim količinama može da remeti odvijanje životnih procesa izazivajući hlorozu, interkostalnu nekrozu i smanjen rast korena.

Nikl se u zemljištu nalazi u obliku sulfatnih, bakarnih i silikatnih minerala u koncentraciji 5-500 mg/kg (**Ubavić i Bogdanović**, 1995). U zemljištima sa većim sadržajem peska i krečnim zemljištima formiranim na eruptivnim stenama, njegov



sadržaj je ispod 50 mg/kg. Povećani sadržaj Ni imaju zemljišta obrazovana na serpentinitima, čak do 600 mg/kg, ali on takođe može biti posledica antropogenog uticaja (**Jakšić i sar.**, 2013b) usled primene otpadnih i kanalizacionih muljeva, đubriva, tečnog stajnjaka, pesticida ili blizine industrijskih postrojenja, rudnika i drugih zagađivača (**Bogdanović**, 2007b). Na njegov sadržaj u zemljištu prvenstveno utiču pH vrednost zemljišta, te sadržaj organske materije i gline.

U normalnim uslovima količina adsorbovanog Ni je veoma mala, pošto mu je koncentracija u zemljišnom rastvoru niska, sa izuzetkom zemljišta obrazovanih na serpentinitima.

Prema Pravilniku o dozvoljenim količinama opasnih i štetnih materija u zemljištu i vodi za navodnjavanje i metodama njihovog ispitivanja (**Službeni glasnik RS**, br. 23/1994) maksimalno dozvoljena količina nikla u zemljištu iznosi 50 mg/kg.

Prosečna kritična koncentracija Ni u gajenim biljkama iznosi 20 mg/kg, a toksična 30 mg/kg suve materije (**Kastori i sar.**, 1997). Iako u našoj zemlji nisu zakonski regulisane maksimalno dozvoljene količine Ni u stočnoj hrani, ispitivanja su pokazala da nivo tolerancije za goveda iznosi 50 mg/kg (**Vapa i Vapa**, 1997).

Nikl je esencijalan element potreban za rast i resorpciju Fe. Inače količine Ni koje se unose pri normalnoj ishrani nisu toksične. U ogleđima sa povećanim količinama Ni (1000 mg/kg) došlo je do smanjenja porasta, te promene broja eritrocita i hemoglobina (**Vapa i Vapa**, 1997).

**OLOVO** je element u tragovima (<0,1% težinski) u stenama i zemljištu (**Kastori**, 1997). Sadržaj olova u zemljištu je veoma varijabilan, što je posledica matičnog supstrata na kojem je zemljište obrazovano i najčešće je u intervalu od 0,1 do 20 mg (**Ubavić i Bogdanović**, 1995). Dodatno, zemljište kontaminiraju industrijska postrojenja, te motorna vozila sagorevanjem benzina (**Bytyqi and Sherifi**, 2010), kojem se Pb dodaje kao aditiv.

Dinamika Pb u zemljištu uslovljena je sadržajem gline i organske materije, te pH vrednošću. Veoma se adsorbuje od strane zemljišta, što dovodi do slabe pokretljivosti u zemljišnom profilu, ali i do slabijeg usvajanja od strane biljaka (**Adriano**, 2001), te se više akumulira u površinskom sloju.

Biljke slabije usvajaju olovo u neorganskom obliku, osim na kiselim zemljištima (**Wiklander and Vahtras**, 1977), dok su organska jedinjenja Pb, alkilni derivati: tetraalkil-olovo, tetrametil-olovo i tetraetil-olovo veoma mobilna u zemljištu, ali i u biljkama (**Diehl et al.**, 1983).

Suvišak Pb u zemljištu može da dovede do poremećaja u mineralnoj ishrani biljaka, usled otežanog usvajanja nekih neophodnih elemenata kao što su Ca, Mg, Fe, Zn, Mn i Cu (**Aller et al.**, 1990; **Tang and Miller**, 1991). Osim toga, nepovoljno deluje na aktivnost nitrat-reduktaze (**Popović et al.**, 1996), intenzitet transpiracije (**Kastori et al.**, 1991) i fotosinteze (**Wozny et al.**, 1990), proces disanja i druge procese u biljkama (**Miller et al.**, 1973; **Yang et al.**, 2000).

Trovanje stoke olovom dovodi do inhibicije enzima i ometanja ćelijskog metabolizma. Negativno deluje na krv i hematopoetične organe, te mišiće i nerve, centralni nervni sistem, bubrege i skelet. Može doći do gubitka apetita, umora, bolova u abdomenu, povraćanja, oštećenja mišića i dr. (**Vapa i Vapa**, 1997).

**ŽIVA** se u prirodi nalazi u više od 20 najvažnijih minerala, u kompleksima sulfida sa Zn, Fe i drugim metalima, a samo se manjim delom može naći kao prirodni metal (**Kastori**, 1997). Najveći depozit Hg je u hidrotermalnom rastvoru, gde se nalazi u sulfidnim i hloridnim kompleksima. Prosečan sadržaj Hg u zemljinoj kori je 0,05 mg/kg, a često i niži (**Kastori i sar.**, 1997). Prirodni izvori Hg u zemljištu su stene na kojima se formira matični supstrat, ali je u površinskom sloju atmosferski depozit značajan izvor, koji usled antropogene aktivnosti postaje sve značajniji (**Jakšić i sar.**, 2013c). Takođe, upotreba mineralnih đubriva, stajnjaka, otpadnih muljeva, kreča i fungicida dodatno povećava koncentraciju Hg u zemljištu.

Sadržaj Hg u zemljištu zavisi od pH vrednosti i količine organske materije u zemljištu. Karakteristično je da gradi slabo rastvorljive soli, te je slabo pokretljiva u zemljištu i ne ispira se (**Ubavić i Bogdanović**, 1995). Pokretljivost je mnogo veća putem isparavanja.

Zemljišta sa visokim sadržaj žive u prirodi su retka. U većoj količini može se naći u močvarnim zemljištima i na pirinčanim poljima (**Wood**, 1974).

Organska zemljišta imaju veći sadržaj žive od neorganskih. **Lag i Steinnes** (1984) su konstatovali visoko značajnu korelaciju između sadržaja Hg i organske

materije u površinskom sloju šumskog zemljišta. **Anderson** (1979) navodi da je koncentracija žive u površinskom sloju obradivog zemljišta prilično stalna, a sa dubinom opada do prirodnog nivoa u matičnom supstratu.

Živa je veoma toksičan elemenat i biljku oštećuje već i pri veoma malim koncentracijama. U ispitivanju **Barua i Jana** (1986) Hg je u koncentracijama od 1, 2 i 10  $\mu\text{g}/\text{cm}^3$  smanjila intenzitet fotosinteze, sadržaj proteina i procenat suve materije, a povećala permeabilnost membrana hloroplasta u listovima spanaća. U prisustvu jona  $\text{Hg}^{2+}$  smanjuje se aktivnost nitrat-reduktaze (**Petrović et al.**, 1987).

Kod životinja povećane količine Hg u hrani mogu dovesti do gubitka apetita (anoreksije), smanjenog prirasta, depresije centralnog nervnog sistema, mišićnog podrhtavanja (**Piper et al.**, 1971)

**MIKROBIOLOŠKA AKTIVNOST ZEMLJIŠTA-** Mikroorganizmi predstavljaju važnu komponentu biološke faze zemljišta, s obzirom da se 80-90% bioloških procesa u zemljištu odvija zahvaljujući njima (**Govedarica i Jarak**, 1995). Mikroorganizmi utiču na rast i razviće biljaka snabdevajući ih osnovnim biogenim elementima i produkujući aktivne materije tipa vitamina, auksina i giberelina (**Vasin i sar.**, 2010).

U zemljištu se nalaze u određenim odnosima, koji su karakteristični za svaki tip zemljišta. Uslovi u zemljištu imaju velikog uticaja na rasprostranjenost i aktivnost svih mikroorganizama, prvenstveno njegove fizičko-hemijske osobine, zatim klimatski uslovi, agrotehničke mere, biljna vrsta, prisustvo opasnih i štetnih materija, ali i međusobni odnos mikroorganizama (**Milošević i sar.**, 2010). Smanjena zastupljenost pojedinih mikroorganizama može ukazati na promene u fizičko-hemijskim svojstvima zemljišta, prisustvo zagađivača ili neki drugi negativan proces u zemljištu. Zbog toga brojnost i aktivnost pojedinih grupa mikroorganizama koriste kao pokazatelji plodnosti zemljišta, zajedno sa hemijskim i pedološkim parametrima (**Maksimović i sar.**, 2012).

Među zemljišnim mikroorganizmima najbrojnije su bakterije ( $10^8$ - $10^9$   $\text{g}^{-1}$  zemljišta), aktinomicete ( $10^7$ - $10^8$   $\text{g}^{-1}$  zemljišta) i gljive ( $10^5$ - $10^6$   $\text{g}^{-1}$  zemljišta) (**Islam and Whright**, 2005). Zemljišta, koja sadrže više od 2% humusa i imaju povoljna vodno-vazдушna svojstva, sadrže veći broj mikroorganizama, jer su većina heterotrofi

(**Govedarica i Jarak**, 1995). U kiselim zemljištima veća je zastupljenost gljiva i acidofilnih bakterija, a u neutralnim bakterija i algi.

Aktivnost enzima dehidrogenaze koristi se kao jedan od pokazatelja opšte mikrobiološke aktivnosti i potencijalne plodnosti zemljišta. Ovi enzimi u procesu disanja prenose vodonik od donatora do akceptora, a pošto su u zemljištu uglavnom mikrobiološkog porekla, veća aktivnost dehidrogenaze ukazuje na veći intenzitet disanja, tj. intenzivniju mineralizaciju sveže organske materije i humusa. Najveća aktivnost je u neutralnim zemljištima sa dosta organske materije.

Amonifikatori se koriste kao pokazatelji sadržaja organskih jedinjenja azota. Na osnovu njihove brojnosti i aktivnosti može se ustanoviti da li je amonijačni azot pristupačan biljkama ili je vezan u ćelijama mikroorganizama.

Gljive i aktinomicete ( $10^4/g$  a.s.z.) produkuju enzime koji su neophodni za razlaganje složenih jedinjenja kao što su lignin, pektin, hitin, celuloza i učestvuju u sintezi humusa (**Jarak i Govedarica**, 2003).

U ispitivanju mikrobioloških svojstava različitih tipova zemljišta **Tintor i sar.** (2011) su konstatovali da je ukupan broj bakterija na černozeu, ritskoj i livadskoj crnici, aluvijalnom zemljištu i gajnjači bio visok, što ukazuje na povoljnu biogenost zemljišta. Dehidrogenazna aktivnost je bila u korelaciji sa ukupnim brojem bakterija i takođe ima visoke vrednosti. Pri tome su najveće vrednosti zabeležene na aluvijalnom zemljištu, a najmanje na gajnjači.

## 5. MATERIJAL I METOD RADA

Ispitivanje uticaja krmnog useva, tipa i plodnosti zemljišta na produktivnost i kvalitet kabaste stočne hrane su izvedena u dve faze:

1) Poljska ispitivanja, sa različitim biljnim vrstama, tipovima zemljišta i klasama plodnosti zemljišta.

2) Laboratorijska ispitivanja. Uzorci zemljišta i biljnog materijala uzeti su sa površina na kojima se gaje lucerka i crvena detelina, sa šest tipova zemljišta (tab. 3) i četiri klase plodnosti, u četiri ponavljanja. Setva je obavljena mašinski tokom septembra 2009. godine, sa rastojanjem između redova biljaka 12,5 cm.

Ispitivani su sledeći faktori:

### 1. Biljna vrsta (faktor A):

A<sub>1</sub> – lucerka (*Medicago sativa* L.)

A<sub>2</sub> – crvena detelina (*Trifolium pratense* L.)

### 2. Tip zemljišta (faktor B)

B<sub>1</sub> – Černozem

B<sub>2</sub> – Smonica (Vertisol)

B<sub>3</sub> – Eutrično smeđe zemljište (Eutrični kambisol)

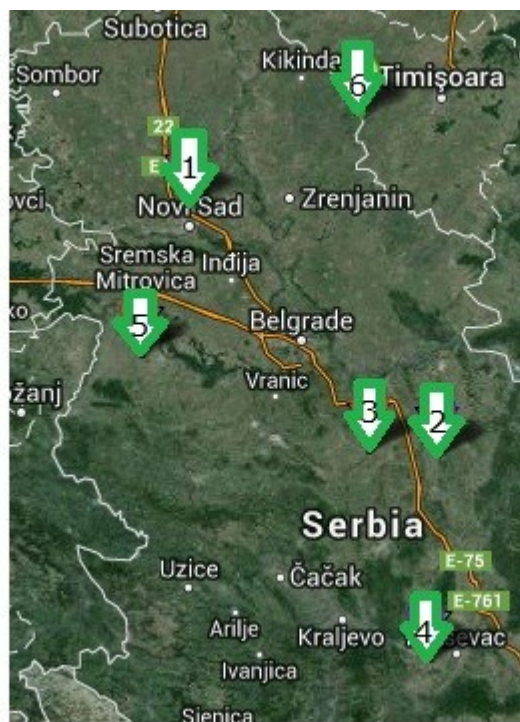
B<sub>4</sub> – Aluvijalno (fluvijativno) zemljište (Fluvisol)

B<sub>5</sub> – Fluvijativno-livadsko zemljište (Humofluvisol)

B<sub>6</sub> – Ritska crnica (Humoglej)

Tabela 3. Opis ispitivanih lokaliteta

Tip zemljišta	Lokalitet	GPS koordinate
1. Černozem	Novi Sad	44°20'00.8"N 19°49'58.6"E
2. Smonica	Žabari	44°21'20.9"N 21°12'23.0"E
3. Eutrično smeđe zemljište	Ratari	44°22'20.2"N 20°49'54.4"E
4. Aluvijalno (fluvijativno)	Kruševac	43°34'54.0"N 21°12'13.0"E
5. Fluvijativno-livadsko zemljište	Šabac	44°45'00.0"N 19°35'00.0"E
6. Ritska crnica	Hetin	44°40'56.8"N 20°46'02.7"E



Slika 1. Satelitski snimak ispitivanih lokaliteta

### 3. Klase plodnosti zemljišta (faktor C):

- C<sub>1</sub> – niska plodnost
- C<sub>2</sub> – srednja plodnost
- C<sub>3</sub> – visoka plodnost
- C<sub>4</sub> – vrlo visoka plodnost

Kriterijumi razvrstavanja zemljišta u određene klase plodnosti:

Tabela 4. Klasifikacija zemljišta prema supstitucionoj kiselosti (prema Thun-u).

Oznaka hemijske reakcije zemljišta	Vrednost pH u suspenziji zemljišta sa KCl
Jako kisela	< 4,50
Kisela	4,50 - 5,50
Slabo kisela	5,50 - 6,50
Neutralna	6,50 - 7,20
Slabo alkalna	7,20 - 8,20
Alkalna	>8,20

Tabela 5. Klasifikacija zemljišta prema sadržaju humusa

<b>Klasa obezbeđenosti</b>	<b>% humusa</b>
Vrlo slabo humozno	0-1
Slabo humozno	1-3
Humozno	3-5
Jako humozno	>5

Tabela 6. Klasifikacija zemljišta prema sadržaju kalcijum karbonata

<b>Klasa obezbeđenosti</b>	<b>% kalcijum karbonata</b>
Beskarbonatno	0
Slabo karbonatno	0-2
Srednje karbonatno	2-5
Karbonatno	5-10
Jako karbonatno	>10

Tabela 7. Nivoi lakopristupačnog fosfora i kalijuma u zemljištu (prema **Manojlović i sar.**, 1995)

<b>Ocena nivoa obezbeđenosti</b>	<b>Sadržaj P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> i K<sub>2</sub>O u zemljištu (mg/100 g)</b>
Vrlo nizak (meliorativan)	5
Nizak (siromašno)	5-10
Srednji (srednje siromašno)	10-15
Optimalan (dobro obezbeđeno)	15-25
Visok (preterano obezbeđeno)	25-40
Vrlo visok (ekstremno obezbeđeno)	40-50
Štetan	>50

Meteorološki podaci dobijeni su iz Republičkog hidrometeorološkog zavoda Srbije. Temperaturno-padavinske karakteristike prikazane su klimadijagramima po Walter-u za višegodišnji prosek, kao i za svaki lokalitet pojedinačno, te odstupanjima padavina i srednjih dnevnih temperatura od višegodišnjeg proseka.

## 5.1. HEMIJSKA ANALIZA ZEMLJIŠTA

Uzorkovanje zemljišta je izvršeno tokom maja 2011. godine, u drugoj proizvodnoj godini lucerke i crvene deteline. Uzorci zemljišta su uzeti u narušenom stanju, agrohemijskom sondom sa dve dubine 0-30 cm i 30-60 cm. Jedan reprezentativan uzorak zemljišta sastojao se od 15-25 pojedinačnih uzoraka. Prikupljeni uzorci su vazdušno sušeni i samleveni mlinom za zemljište do veličine čestica < 2 mm prema SRPS/ISO 11464:2004.

Analizirane hemijske osobine zemljišta i metode ispitivanja :

*Sadržaj humusa* određen je metodom po Tjurin-u (JDPZ, Hemijske metode ispitivanja zemljišta, 1966).

*Ukupan sadržaj azota* određen je po metodi AOAC Official Method 972.43:2000, Microchemical Determination of Carbon, Hydrogen, and Nitrogen, Automated Method, in Official Methods of Analysis of AOAC International.

*Lakopristupačni oblici fosfora i kalijuma* su određeni ekstrakcijom sa amonijum-laktatom po Egneru i Riehm (1960). Sadržaj fosfora u ekstraktu je određen na 830 nm, na UV/VIS spektrofotometru Cary 3E Varian, a sadržaj kalijuma plamenom fotometrijom na plamenom fotometru EVANS Elektroselenium.

*Sadržaj kalcijum-karbonata* je određen volumetrijski na Scheibler-ovom kalcimetru po metodi ISO 10693:1995.

*Aktivna pH vrednost* je određena u suspenziji zemljišta sa vodom, a *supstitucionna* sa 1M KCl, potenciometrijski prema metodi ISO 10390: 2005.

*Ukupan sadržaj kalcijuma, magnezijuma, natrijuma, mikroelemenata: B, Cu, Co, Mo, Mn i Fe i teških metala: Al, Cr, Cd, Ni i Pb* je određen nakon pripreme uzoraka u zatvorenom mikrotalasnom sistemu pod visokim pritiskom Milestone Ethos 1. Digestija uzorka vazdušno suvog i samlevenog zemljišta, mase 1,000 g, je izvršena sa 10 ml cc HNO<sub>3</sub> i 2 ml cc H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> na temperaturi 180 °C, u ukupnom trajanju 35 min (15 min digestija i 20 min hlađenje). Determinacija je izvršena na ICP-OES Vista Pro-Axial Varian po metodi US EPA 6010 C.



*Sadržaj sumpora* je određen mikroelementalnom metodom pomoću CHNSO elemental analyzer-a.

*Sadržaj Hg* je određen tehnikom hladnih para na atomskom apsorpcionom spektrofotometru (Ellis, 1991; Pye, 1984).

## 5.2. MIKROBIOLOŠKA ANALIZA ZEMLJIŠTA

Uzorci za mikrobiološke analize zemljišta uzeti su istovremeno sa uzorkovanjem za hemijske analize, sa svih ispitivanih lokaliteta i istih dubina, u jednakom broju pojedinačnih uzoraka. Vreme inkubacije zavisilo je od ispitivane grupe mikroorganizama. Suspenzije zemljišta i razređenja za određivanje pojedinih sistematskih i fizioloških grupa mikroorganizama su pripremljeni zasejavanjem odgovarajućih selektivnih hranljivih podloga suspenzijom zemljišta određenog decimalnog razređenja ( $10^{-1}$  do  $10^{-8}$ ), zavisno od očekivanog broja fiziološke grupe mikroorganizama u ispitivanom tipu zemljišta (Vojinović i sar., 1966). Vreme inkubacije zavisilo je od ispitivane grupe mikroorganizama. Nakon inkubacije su brojane izrasle kolonije i broj je preračunat na 1,0 g apsolutno suvog zemljišta.

Analizirana mikrobiološka svojstva zemljišta i metode ispitivanja :

Brojnost ispitivanih grupa mikroorganizama određena je indirektno metodom razređenja na odgovarajućim hranljivim podlogama.

*Ukupan broj mikroorganizama* utvrđen je na agarizovanom zemljišnom ekstraktu.

*Brojnost Azotobacter-a* određena je na bezazotnoj podlozi metodom „fertilnih kapi“ (Anderson, 1965).

*Brojnost oligonitrofila* je određena na bezazotnoj podlozi.

*Brojnost amonifikatora* određena je na mesopeptonskom agaru (Poshon and Tardieux, 1962).

*Brojnost aktinomiceta* određen je na sintetičkoj podlozi po Krasiljnikovu (1965).

*Brojnost gljiva* određen je na podlozi Czapek-Dox.

Postupak određivanja *aktivnosti dehidrogenaze* u zemljištu se zasniva na merenju intenziteta ekstinkcije obojenog jedinjenja trifenilformazana (TPF), koji je nastao redukcijom bezbojnog trifeniltetrazolijum hlorida (TTC), spektrofotometrijskom metodom, modifikovanoj po **Thalmann-u** (1968). Aktivnost dehidrogenaze je izražena u µg TPF na 1,0 g vazdušno suvog zemljišta.

### 5.3. ANALIZA BILJNOG MATERIJALA

#### 1) Prinos zelene mase i suve materije

Uzorci biljnog materijala lucerke i crvene deteline uzeti su u maju, u fazi cvetanja - prvi otkos. Krma se skidala ručno u početku cvetanja sa površine 10 m<sup>2</sup>, sečenjem biljaka na visini 5 cm, u četiri ponavljanja. Nakon merenja dobijeni rezultati su preračunati i predstavljaju visinu prinosa zelene mase po jedinici površine (t/ha). Nakon određivanja sadržaja vlage, određen je prinos suve materije po 1 ha u laboratorijskim ispitivanjima sušenjem na 70 °C do konstantne mase.

#### 2) Kvalitativne karakteristike biljaka

Uzorci biljnog materijala za hemijske analize su uzeti neposredno nakon kosidbe iz pokošene mase. Vazdušno su osušeni i samleveni mlinom za biljni materijal. Masa uzorka za analize je iznosila 1000 g.

Analizirani parametri i metode ispitivanja:

*Sadržaj azota* određen je po metodi AOAC Official Method 972.43:2000, Microchemical Determination of Carbon, Hydrogen, and Nitrogen, Automated Method, in Official Methods of Analysis of AOAC International

*Sadržaj sirovih proteina* određen je indirektno preko sadržaja azota, množenjem sa koeficijentom 6,25, koji predstavlja odnos ukupnog azota i sirovih proteina kod leguminoza (**Undersander et al.**, 1993).

*Sadržaj sirove celuloze* određen je po metodi ISO 5498:1981. Determination of crude fibre content.

*Za određivanje sadržaja fosfora, kalijuma, kalcijuma, magnezijuma, natrijuma, mikroelemenata (B, Cu, Co, Mo, Mn i Fe) i teških metala (Al, Cr, Cd, Ni i Pb)*

primenjena je digestija uzoraka u zatvorenom mikrotalasnom sistemu pod visokim pritiskom Milestone Ethos 1. Vazdušno suvi uzorak mase 0.5000 g, podvrgnut je digestiji sa 10 ml cc HNO<sub>3</sub> i 2 ml cc H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> na temperaturi 180 °C, u ukupnom trajanju 35 min (15 min digestija i 20 min hlađenje). Determinacija je izvršena na ICP-OES Vista Pro-Axial Varian sa aksijalno postavljenom plazmom.

*Sadržaj Hg* je određen tehnikom hladnih para na atomskom apsorpcionom spektrofotometru.

*Sadržaj sumpora* je određen mikroelementalnom metodom pomoću CHNSO elemental analyzer-a.

*Sadržaj pepela* određen je po metodi SRPS E.B1.245:1976. Zrne mahunjače i proizvodi od znenih mahunjača. Određivanje pepela.

*Sadržaj nitata* je određen po metodi ISO 6635:1984. Determination of nitrite and nitrate content –Molecular absorption spectrometric method.

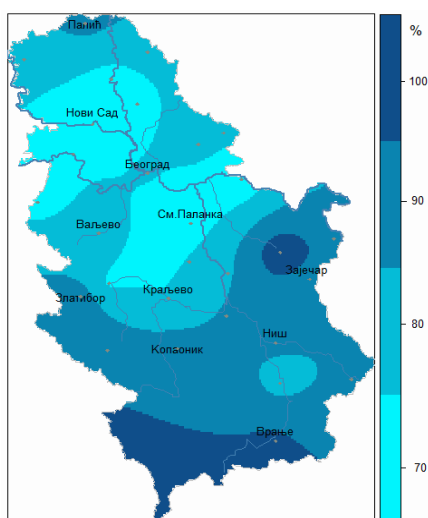
#### **5.4. STATISTIČKA OBRADA PODATAKA**

Podaci dobijeni u ispitivanju obrađeni su metodama deskriptivne statistike. Ispitivanje značajnosti razlika između tretmana je izvršeno analizom varijanse (ANOVA), a povezanosti pojava korelaciono-regresionom analizom. Značajnosti razlika je testirana Fisher-ovim LSD testom.

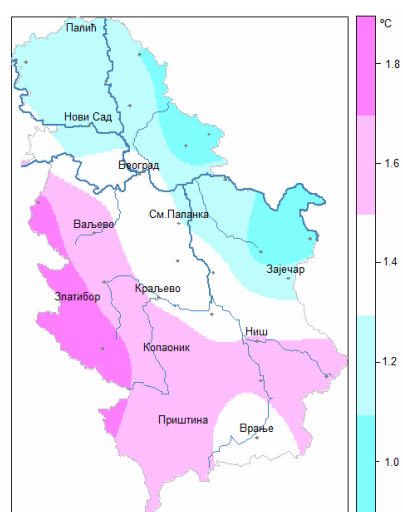
Statistička obrada podataka je urađena upotrebom statističkog programa STATISTICA 10 (StatSoft, Inc. Corporation, Tulsa, OK, USA).

## 6. AGROMETEOROLOŠKI USLOVI

Na teritoriji Srbije su vremenske prilike, od oktobra 2010. do septembra 2011. godine, imale određena odstupanja u odnosu na uobičajena obeležja za naš klimat. Proizvodna godina bila je nešto toplija (slika 2), za 1,3°C, sa 17% manjim prilivom padavina (slika 3) u odnosu na višegodišnji prosek, što je u izvesnoj meri ometalo poljoprivrednu biljnu proizvodnju.

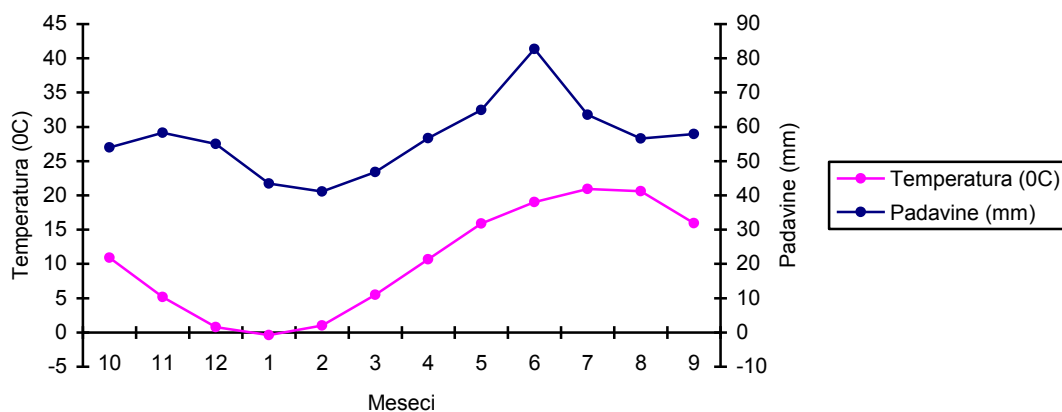


Slika 2. Odstupanje srednje dnevne temperature vazduha u odnosu na višegodišnji prosek za period oktobar 2010.-septembar 2011.



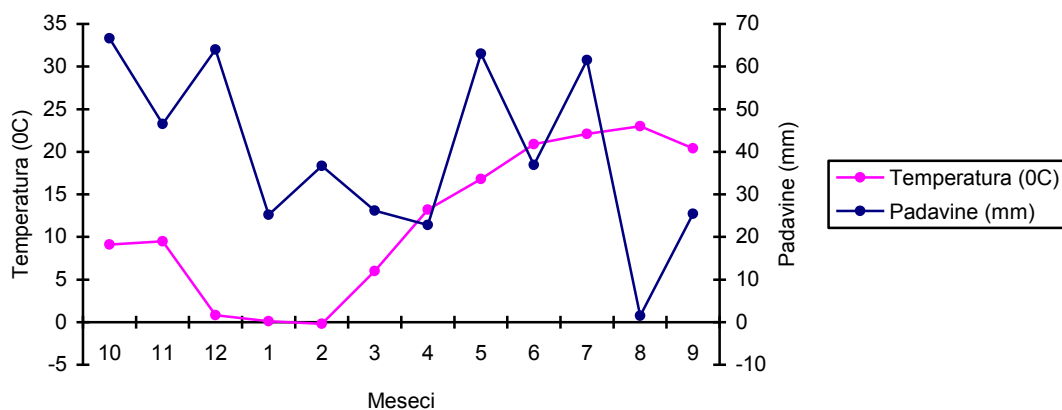
Slika 3. Odstupanje padavina u procentima u odnosu na višegodišnji prosek za period oktobar 2010.- septembar 2011.

Jesenji period (oktobar-novembar) 2010. godine obeležilo je, tokom većeg dela oktobra hladnije, a tokom novembra značajno toplije vreme sa većom količinom padavina od prosečnih za ovo doba godine (grafikon 1-6). Vodno-fizičko stanje poljoprivrednog zemljišta, koje je krajem septembra samo u Vojvodini i zapadnoj Srbiji bilo zadovoljavajuće, a u ostalim delovima zemlje dosta loše, znatno se popravilo tokom oktobra. Zaliha produktivne vlage, na kraju jesenjeg perioda, u slojevima zemljišta do 100 cm se može okarakterisati kao povoljna.



Grafikon 1. Klimadijagram po Walter-u prosečnih vrednosti temperatura i padavina u Republici Srbiji za period od 1981. do 2010. godine

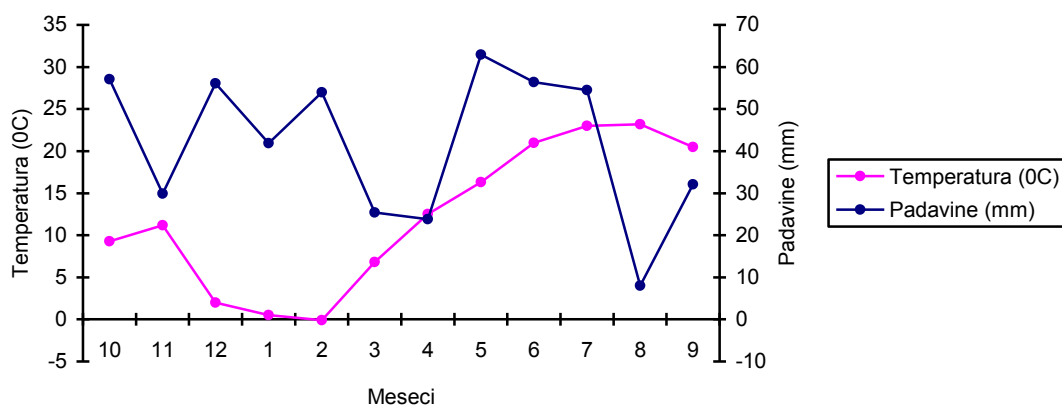
Zima 2010./2011. godine (decembar-februar) imala je uglavnom uobičajene toplotne uslove. Tokom zime u par navrata bilo je perioda sa značajnim otopljenjima i zahlađenjima, koji nisu značajnije remetili fazu mirovanja vegetacije. U vreme pojave najnižih temperatura na većem delu teritorije Srbije postojao je snežni pokrivač dovoljne visine, koji je štitio useve od izmrzavanja. U zimskim mesecima zabeležen je suficit padavina. U većini poljoprivrednih područja površinski i dublji slojevi zemljišta su bili dobro prokvašeni i snabdeveni vodom.



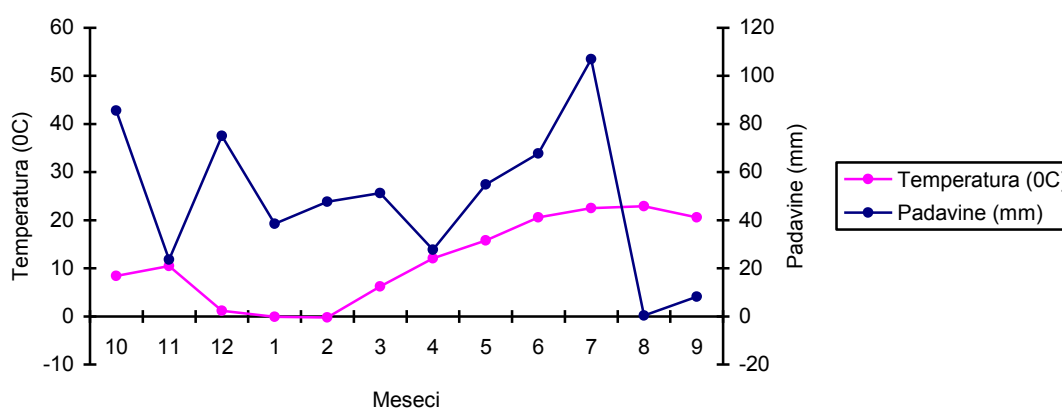
Grafikon 2. Klimadijagram po Walter-u prosečnih vrednosti temperatura i padavina u Novom Sadu za period oktobar 2010.- septembar 2011.

U jugozapadnim i zapadnim delovima Srbije pojedine parcele su posle obilnih padavina početkom decembra i zbog visokog nivoa podzemnih voda, dugo bile pod vodom. Usled topljenja snežnog pokrivača i nešto većeg priliva padavina, krajem

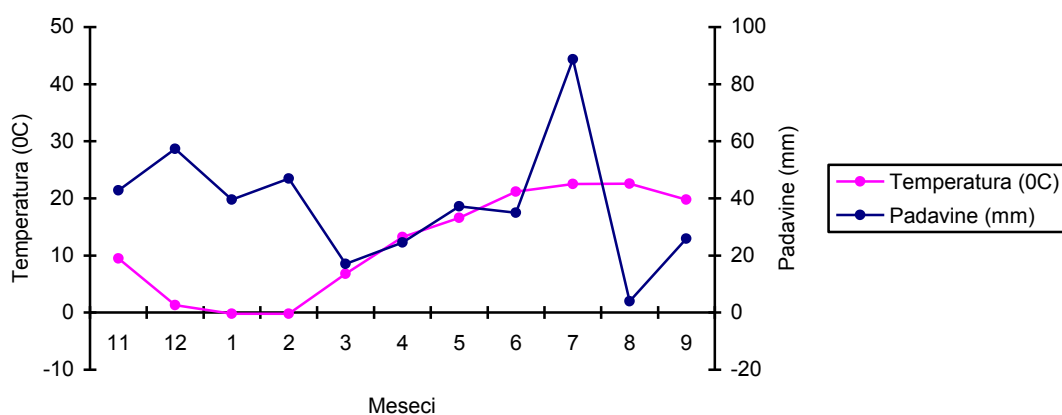
zimskog perioda zemljište je bilo zasićeno vodom tako da su poljoprivredne kulture na proleće imale veoma dobre uslove za nastavak vegetacije.



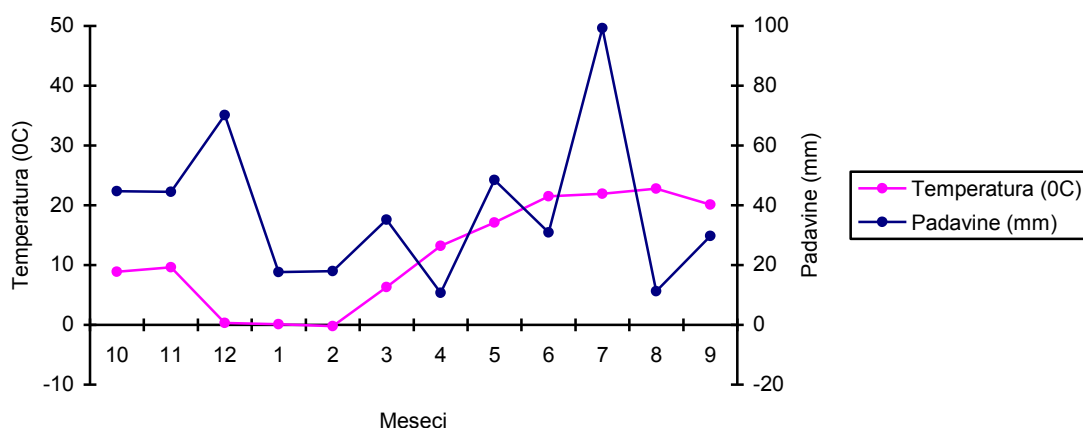
Grafikon 3. Klimadijagram po Walter-u prosečnih vrednosti temperatura i padavina u Smederevskej Palanci za period oktobar 2010.- septembar 2011.



Grafikon 4. Klimadijagram po Walter-u prosečnih vrednosti temperatura i padavina u Kruševcu za period oktobar 2010.- septembar 2011.



Grafikon 5. Klimadijagram po Walter-u prosečnih vrednosti temperatura i padavina u Šapcu za period oktobar 2010.- septembar 2011.



Grafikon 6. Klimadijagram po Walter-u prosečnih vrednosti temperatura i padavina u Kikindi za period oktobar 2010.- septembar 2011.

Prolećni period (mart-maj) bio je nešto topliji od proseka, ali ukupni agrometeorološki uslovi, tokom celog perioda, nisu bili povoljni za poljoprivrednu biljnu proizvodnju. Na osnovu prosečnog dnevnog priraštaja sume temperatura procenjeno je da je vegetacioni period počeo sredinom marta, a toplotni uslovi omogućavali su normalan nastavak vegetacije. Padavine u prolećnom periodu bile su znatno manje od uobičajenih za naše podneblje. U zemljištu, do dubine od 1 m, zaliha vlage, tokom većeg dela prolećnih meseci, bila je optimalna, najviše zbog priliva

padavina u zimskom i ranoprolećnom periodu. U drugoj polovini aprila, naročito tokom treće dekade, zbog slabog priliva padavina, relativno visokih temperatura vazduha i čestih vetrova, došlo je do isušivanja površinskog sloja zemljišta u pojedinim poljoprivrednim područjima, naročito u Banatu, na istoku i jugoistoku Srbije. Došlo je i do pogoršanja stanja vlažnosti u dubljim slojevima tla, pa je krajem maja zaliha vlage, u sloju dubine do 1 m, na zapadu i u centralnim delovima Srbije bila dobra, dok je na severoistoku, istoku, jugoistoku i jugu duže vreme bila dosta nepovoljna.

Sredinom marta započeo je period sa temperaturom vazduha, koja je stabilno viša od 10°C. Suma efektivnih temperatura viših od 10°C do kraja prolećnog perioda imala je uobičajene do umereno povećane vrednosti. Taj trend se nastavio i u letnjim mesecima (jun-avgust).

Letnji period je, takođe, imao manji priliv padavina od uobičajnog, te se stanje zaliha zemljišne vlage postepeno pogoršavalo. U trećojdekadi jula ovaj trend je za izvesno vreme prekinut, zahvaljujući značajnim padavinama. Međutim, veoma slab priliv padavina, visoke temperature vazduha i tla i povećana potrošnja vode u avgustu uslovi su dalje pogoršanje stanja vlažnosti zemljišta, tako da su krajem leta zalihe vlage u tlu bile minimalne na čitavoj teritoriji Srbije.

Septembar, poslednji mesec perioda vegetacije, karakterisalo je znatno toplije vreme od uobičajenog sa izraženim deficitom padavina, velikim brojem sunčanih dana, visokim temperaturama vazduha i nedostatkom obilnijih padavina.

Zalihe produktivne vlage u zemljištu do dubine od 1 m su, kao i u letnjem periodu, bile minimalne, a površinski sloj je tokom većeg dela meseca bio prilično isušen.

Vegetacioni period 2011. godine imao je toplotne uslove koji su malo odstupali od uobičajenih do sredine jula. Međutim, veoma visoke temperature u nastavku vegetacije uslovile su da akumulirane temperaturne sume budu znatno više od prosečnih. Odstupanje je bilo najveće u zapadnoj a najmanje u istočnoj Srbiji.

Uslovi vlažnosti, ocenjeni na osnovu standardizovanog indeksa padavina u ovom periodu, su na većem delu teritorije Srbije imali karakter suše, ali različitog intenziteta. Najizraženija suša bila je na jugoistoku zemlje, kao i u delovima istočne i centralne Srbije. Proizvodna godina okarakterisala se nepovoljnom kombinacijom toplotnih uslova i uslova vlažnosti u kritičnim periodima godine.



## 7. RAZULTATI ISTRAŽIVANJA I DISKUSIJA

### 7.1. KARAKTERIZACIJA ZEMLJIŠTA

#### 7.1.1. Osnovne hemijske osobine

Osnovne hemijske osobine zemljišta svih ispitivanih lokaliteta prikazane su u tabeli 8. Prema pH vrednosti, određenoj u suspenziji sa 1M KCl, zemljišta černozema pripadaju klasi neutralnih i slabo alkalnih zemljišta. Sadržaj  $\text{CaCO}_3$  je bio veoma različit te su zemljišta ovih lokaliteta bila slabo do jako karbonatna. Prema sadržaju humusa zemljišta su slabo humozna i humozna. Vrednosti lakopristupačnog  $\text{P}_2\text{O}_5$  ukazuju na veliku varijabilnost u pogledu obezbeđenosti, od vrlo niskog do visokog nivoa. Sadržaj lakopristupačnog  $\text{K}_2\text{O}$  je bio nizak do štetan. **Dozet** (2010) je u ispitivanju černozema Srema zabeležila sadržaj  $\text{CaCO}_3$  od 0% do 17,7%. Sadržaj humusa je bio od 1,36% do 5,18%. Sadržaj fosfora je bio vrlo nizak do štetan, a kalijuma srednji do štetan. Konstatovana je pH vrednost u intervalu od 5,61 do 7,49.

Na osnovu pH vrednosti zemljišta ispitivani lokaliteti vertisola se mogu svrstati u kisela, slabo kisela, neutralna zemljišta i blago alkalna. Prema sadržaju  $\text{CaCO}_3$  lokaliteti su bili beskarbonatni do srednje karbonatni. Sadržaj humusa svrstava ih u slabo humozna i humozna zemljišta. Sadržaj lakopristupačnog  $\text{P}_2\text{O}_5$  je veoma nizak do nizak, a lakopristupačnog  $\text{K}_2\text{O}$  srednji do visok. **Jelić i sar.** (2011) su u ispitivanju vertisola Srbije zabeležili sadržaj humusa od 2,50% do 4,00%. Sadržaj fosfora je bio vrlo nizak do visok, a lakopristupačnog kalijuma optimalan do štetan. Konstatovana je pH vrednost u intervalu od 4,60 do 6,90.

Zemljište ispitivanih lokaliteta na eutričnom kambisolu prema vrednosti pH u suspenziji zemljišta sa KCl pripadaju jako kiselim i kiselim zemljištima. Nizak sadržaj  $\text{CaCO}_3$  svrstava sve ispitivane lokalitete u kategoriju beskarbonatnih i slabo karbonatnih zemljišta, a sadržaj humusa u veoma slabo humozna do humozna zemljišta. Nivo obezbeđenosti lakopristupačnim  $\text{P}_2\text{O}_5$  je vrlo nizak i nizak, a lakopristupačnim  $\text{K}_2\text{O}$  je optimalan do visok. **Dozet** (2010) je u ispitivanju gajnjača Srema zabeležila sadržaj  $\text{CaCO}_3$  od 0% do 14,93%. Sadržaj humusa je bio od 1,57% do 5,70%.

Tabela 8. Osnovne hemijske osobine zemljišta ispitivanih lokaliteta

Tip zemljišta	Dubina (cm)	pH-KCl	pH-H <sub>2</sub> O	CaCO <sub>3</sub> (%)	Humus (%)	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> (mg/100g)	K <sub>2</sub> O (mg/100g)
Černozem	0-30	6,92-7,69 (7,38±0,24)	7,66-8,31 (8,11±0,18)	0,34-16,42 (5,47±0,34)	2,19-3,40 (2,81±0,44)	5,95-37,90 (15,95±8,04)	16,80-54,50 (29,33±9,76)
	30-60	6,94-7,80 (7,57±0,21)	7,74-8,41 (8,23±0,16)	0,17-29,90 (13,29±9,26)	1,15-2,85 (2,15±0,50)	0,30-16,00 (4,75±5,41)	9,10-31,40 (19,06±6,37)
Vertisol	0-30	5,31-7,06 (5,88±0,47)	6,50-7,87 (6,89±0,38)	0,00-4,63 (0,48±1,15)	1,95-3,11 (2,45±0,40)	0,20-8,90 (3,93±2,89)	17,70-30,50 (23,15±4,52)
	30-60	5,77-7,24 (6,09±0,38)	6,74-8,01 (7,12±0,31)	0,08-2,93 (0,37±0,71)	1,39-2,59 (1,88±0,35)	0,20-6,90 (1,45±1,72)	13,60-21,40 (17,13±2,61)
Eutrični kambisol	0-30	4,27-5,26 (4,76±0,33)	5,74-6,41 (6,05±0,22)	0,08-0,42 (0,22±0,08)	1,69-3,23 (2,25±0,38)	0,00-7,20 (1,93±1,98)	17,70-30,90 (23,56±4,48)
	30-60	4,14-5,23 (4,68±0,39)	5,82-6,76 (6,29±0,31)	0,00-0,42 (0,15±0,10)	0,88-1,93 (1,34±0,33)	0,00-3,20 (0,65±0,87)	16,40-19,10 (17,66±0,77)
Fluvisol	0-30	4,96-6,20 (5,53±0,35)	6,09-7,10 (6,58±0,29)	0,00-0,17 (0,07±0,08)	1,91-2,95 (2,30±0,30)	0,70-8,60 (3,96±2,29)	12,30-22,30 (16,36±3,66)
	30-60	5,26-7,05 (5,77±0,45)	6,49-7,73 (6,89±0,28)	0,00-0,33 (0,07±0,09)	0,86-2,34 (1,74±0,40)	0,70-4,70 (2,26±1,17)	10,50-16,80 (13,38±1,76)
Humofluvisol	0-30	5,60-7,39 (6,52±0,67)	6,78-8,19 (7,55±0,55)	0,00-15,79 (3,75±5,15)	1,54-2,65 (2,11±0,36)	1,20-83,70 (14,66±26,73)	18,60-29,50 (23,17±2,56)
	30-60	5,59-7,49 (6,77±0,72)	6,75-8,32 (7,71±0,59)	0,00-17,08 (5,14±6,62)	1,38-2,63 (1,85±0,34)	0,90-80,70 (13,66±25,94)	12,30-23,20 (17,56±3,03)
Humoglej	0-30	5,16-7,35 (6,43±0,74)	6,22-8,15 (7,30±0,67)	0,08-4,21 (0,91±1,24)	3,07-4,93 (3,59±0,45)	0,10-24,00 (9,48±6,90)	15,90-47,50 (26,08±10,37)
	30-60	5,76-7,69 (7,20±0,60)	6,94-8,39 (8,04±0,47)	0,08-37,50 (11,42±11,70)	1,23-3,65 (2,08±0,78)	0,60-24,30 (5,39±6,28)	10,50-30,90 (17,89±7,07)

Sadržaj fosfora je bio vrlo nizak do štetan, a kalijuma srednji do vrlo visok. Konstatovana je pH vrednost u intervalu od 4,45 do 7,29.

Ispitivani lokaliteti fluvisola, prema supstitucionoj kiselosti zemljišta, pripadaju kiselom, slabo kiselom i neutralnom zemljištu. Sadržaj  $\text{CaCO}_3$  svrstava ih u beskarbonatna i slabo karbonatna, a humusa u veoma slabo i slabo humozna zemljišta. Nivo obezbeđenosti lakopristupačnim  $\text{P}_2\text{O}_5$  je vrlo nizak i nizak, a lakopristupačnim  $\text{K}_2\text{O}$  je srednji do optimalan. **Marinković i sar.** (2008) su ispitivanjem fluvisola u Vojvodini zabeležili neutralnu do blago alkalnu reakciju zemljišta. Zemljišta su se veoma razlikovala po sadržaju kalcijum-karbonata, dok su bila slabo obezbeđena humusom, a srednje lakopristupačnim fosforom. Sadržaj lakopristupačnog kalijuma je bio vrlo nizak do optimalan.

Reakcija zemljišta ispitivane lokalitete humofluvisola je svrstala u slabo kisela, neutralna i slabo alkalna zemljišta. Prema sadržaju  $\text{CaCO}_3$  u ispitivanju su zastupljene sve klase zemljišta, od beskarbonatne do jako karbonatne. Svi ispitivani lokaliteti pripadaju klasi slabo humoznih zemljišta. Prema sadržaju lakopristupačnog  $\text{P}_2\text{O}_5$  zastupljeni su svi nivoi obezbeđenosti zemljišta. Obezbeđenost lakopristupačnim  $\text{K}_2\text{O}$  je bila srednja do visoka. **Dozet** (2010) je u ispitivanju humofluvisola Srema zabeležila sadržaj  $\text{CaCO}_3$  od 0% do 10,08%. Sadržaj humusa je bio od 2,14% do 4,51%. Sadržaj fosfora je bio vrlo nizak do štetan, a kalijuma srednji do štetan. Konstatovana je pH vrednost u intervalu od 5,61 do 7,49.

Prema pH vrednosti zemljišta ispitivani lokaliteti humogleja pripadaju kiselom, slabo kiselom, neutralnom i slabo alkalnom zemljištu. Prema sadržaju  $\text{CaCO}_3$  u zemljišta su bila slabo do jako karbonatna. Prema sadržaju humusa lokaliteti su bili slabo humozni do humozni. Prema nivou obezbeđenosti lakopristupačnim  $\text{P}_2\text{O}_5$  u zemljištu, lokaliteti su bili vrlo nisko do optimalno obezbeđeni, a prema sadržaju lakopristupačnog  $\text{K}_2\text{O}$ , srednji do visoko obezbeđeni. **Belić i sar.** (2011) su u ispitivanju humogleja Banata, koje je obuhvatilo i zemljište Hetina, takođe zabeležili velik interval sadržaja  $\text{CaCO}_3$  od 0% do 38,3%. Sadržaj humusa je bio od 1,5% do 5,23%, dok je sadržaj fosfora bio visok, a kalijuma štetan. Konstatovana je pH vrednost u intervalu od 5,57 do 8,75.

### 7.1.2. Mikrobiološke osobine

Biološka aktivnost zemljišta je praćena preko ukupnog broja mikroorganizama, zastupljenosti diazotrofa (*Azotobacter*-a i oligonitrofila), brojnosti amonifikatora, aktinomiceta, gljiva i aktivnosti enzima dehidrogenaze (tabela 9)

U okviru ukupnog broja mikroorganizama najveći deo čine bakterije. Na ispitivanim površinama zabeležena je njihova visoka brojnost ( $10^7$ /g a.s.z.), što ukazuje na visoku opštu biogenost zemljišta. Na humogleju, gde je zabeležen najveći sadržaj humusa zabeležana je i najveća DHA u površinskom sloju (426 ug TPF g<sup>-1</sup> zemljišta). Aktivost ovog enzima je opadala sa smanjenjem sadržaja humusa. U istraživanju **Milošević i sar. (1990) cit. Govedarica i Jarak (1995)** ukupan broj bakterija u černozeu se kretao 80-230 x 10<sup>6</sup>/g a.s.z., a u ritskoj crnici 110 x 10<sup>6</sup>/g a.s.z. U istom ispitivanju aktivnost dehidrogenaze u istim zemljištima je iznosila 140-250 ug TPF g<sup>-1</sup> zemljišta kod černozeu, te 150 ug TPF g<sup>-1</sup> zemljišta kod ritske crnice.

*Azotobacter* je jedan od najznačajnijih slobodnih, aerobnih azotofiksatora, a njegova brojnost je direktno uslovljena reakcijom zemljišta, te sadržajem humusa i fosfora (**Marinković i sar.**, 2011). S obzirom da je veoma osetljiv na kiselu reakciju zemljišta, nije utvrđen ili je utvrđen u malom broju na lokalitetima, koji su imali slabo kiselu i kiselu reakciju zemljišta, te veoma nizak sadržaj lakopristupaćnog fosfora. To su zemljišta tipa vertisol, eutrićni kambisol i fluvisol. Na zemljištima neutralne reakcije brojnost je *Azotobacteria* bila znatno veća.

Amonifikatori, koji učestvuju u procesima razlaganja i transformacije proteina i oligonitrofilni, koji spadaju u diazotrofe (slobodne azotofiksatore), takođe su značajni pokazatelji biogenosti zemljišta. Visoka zastupljenost oligonitrofila ( $10^6$ /g a.s.z.) i amonifikatora ( $10^7$ /g a.s.z.) u ispitivanim zemljištima ukazuje na njihove dobre karakteristike. Prema istraživanju **Jarak i sar. (1991) cit. Govedarica i Jarak (1995)** brojnost amonifikatora u černozeu je iznosila 100 x 10<sup>6</sup>/g a.s.z., a u ritskoj crnici 90 x 10<sup>6</sup>/g a.s.z.

Tabela 9. Mikrobiološke osobine zemljišta ispitivanih lokaliteta

Tip zemljišta	Dubina (cm)	Ukupan broj mikroba x 10 <sup>7</sup> /g a.s.z.	<i>Azotobacter sp.</i> x 10 <sup>1</sup> /g a.s.z.	Oligonitrofilni x 10 <sup>6</sup> /g a.s.z.	Amonifikatori x 10 <sup>7</sup> /g a.s.z.	Aktinomicete x 10 <sup>4</sup> /g a.s.z.	Gljive x 10 <sup>4</sup> /g a.s.z.	Oligotrofi x 10 <sup>5</sup> /g a.s.z.	Kopiotrofi x 10 <sup>5</sup> /g a.s.z.	DHA ug TPF g <sup>-1</sup> v.s. z.
Černozem	0-30	345 (±107)	143 (±62)	181 (±80)	107 (±121)	43 (±12)	7 (±3)	251 (±79)	297 (±122)	298 (±122)
	30-60	180 (±93)	20 (±39)	143 (±111)	43 (±32)	37 (±11)	3 (±4)	191 (±77)	300 (±179)	300 (±179)
Vertisol	0-30	189	1 (±1)	124 (±76)	65 (±54)	21 (±9)	15 (±6)	233 (±106)	339 (±79)	339 (±79)
	30-60	128 (±46)	1 (±1)	82 (±30)	30 (±28)	9 (±5)	5 (±4)	153 (±60)	229 (±69)	229 (±69)
Eutrični kambisol	0-30	142 (±62)	10 (±19)	56 (±20)	80 (±77)	6 (±5)	15 (±7)	98 (±48)	168 (±45)	168 (±45)
	30-60	200 (±99)	5 (±11)	71 (±19)	63 (±47)	3 (±5)	15 (±14)	163 (±59)	232 (±95)	232 (±95)
Fluvisol	0-30	163 (±50)	1 (±1)	77 (±25)	54 (±42)	9 (±6)	19 (±14)	233 (±82)	283 (±65)	283 (±65)
	30-60	197 (±102)	0 (±0)	110 (±55)	96 (±57)	8 (±8)	13 (±6)	237 (±68)	393 (±160)	393 (±160)
Humofluvisol	0-30	217 (±104)	90 (±73)	161 (±63)	62 (±22)	37 (±22)	7 (±4)	140 (±33)	193 (±67)	193 (±67)
	30-60	375 (±131)	64 (±73)	220 (±51)	98 (±42)	53 (±43)	10 (±6)	207 (±104)	288 (±152)	288 (±152)
Humoglej	0-30	423 (±150)	122 (±107)	219 (±68)	287 (±135)	74 (±46)	18 (±6)	297 (±84)	426 (±167)	426 (±167)
	30-60	174 (±54)	53 (±39)	108 (±35)	29 (±23)	12 (±7)	5 (±3)	218 (±57)	207 (±74)	207 (±74)

Dehidrogenazna aktivnost pokazatelj je oksidoredukcionih procesa u zemljištu, te je značajan indikator biološke aktivnosti zemljišta (**Mathur**, 1982). Na svim ispitivanim lokalitetima zabeležena je visoka aktivnost enzima dehidrogenaze.

## 7.2. PRINOSI ZELENE MASE I SUVE MATERIJE BILJAKA

Prinosi zelene mase i suve materije biljaka su uslovljeni ne samo gentipom, nego i uslovima spoljašnje sredine, prvenstveno fizičko-hemijskim osobinama zemljišta. Velika heterogenost ovih osobina kod različitih tipova zemljišta, kao i raznolikost hranljivih, ali i štetnih materija unutar pojedinačnih tipova zemljišta uzročnici su varijabiliteta prinosa. Prosečni prinosi lucerke iznosili su 19,01 t/ha zelene mase (tabela 10), odnosno 4,42 t/ha suve materije (tabela 11). Prosečni prinosi crvene deteline iznosili su 24,44 t/ha zelene mase, odnosno 4,90 t/ha suve materije.

Rezultati oglada pokazuju da je uticaj tipa zemljišta na prinos zelene mase i suve materije lucerke i crvene deteline bio značajan. Najveći prosečan prinos zelene mase biljke su ostvarile na černozeu 26,16 t/ha zelene mase i 5,89 t/ha suve materije, te na vertisolu 25,07 t/ha zelene mase i 5,81 t/ha suve materije krme.

Tabela 10. Prinos zelene mase u prvom otkosu lucerke i crvene deteline 2011.g. u zavisnosti od krmnog useva, tipa i klasa plodnosti zemljišta (t/ha).

Tip zemljišta	Krmni usev		Prosek
	Lucerka	Crvena detelina	
Černozem	22,43 cde	30,43 ab	<b>26,16 A</b>
Vertisol	20,94 cde	31,25 a	<b>25,07 A</b>
Eutrični kambisol	11,42 f	21,46 cde	<b>16,82 C</b>
Humofluvisol	12,33 f	25,31 bc	<b>18,82 C</b>
Fluvisol	23,30 cde	19,02 de	<b>21,16 BC</b>
Humoglej	24,29 cd	18,54 e	<b>21,22 B</b>
<b>Prosek</b>			
Klase plodnosti			
Niska plodnost	14,53 b	21,45 ab	<b>19,14 B</b>
Srednja plodnost	17,09 b	24,11 a	<b>19,56 B</b>
Visoka plodnost	21,58 ab	26,23 a	<b>23,82 A</b>
Vrlo visoka plodnost	25,53 a	24,28 a	<b>24,59 A</b>
<b>Prosek</b>	<b>19,01 B</b>	<b>24,44 A</b>	<b>21,65</b>

Tretmani označeni istim slovima nemaju statistički signifikantne razlike (Fisherov test na nivou značajnosti 0,05).

U ispitivanju **Mijatović i sar.** (1967) najveći ukupni prinosi lucerke su takođe dobijeni na černozeu, 13,80 t/ha i vertisolu, 12,80 t/ha, dok su prinosi na pseudogleju dostizali

9,90 t/ha. **Stanisavljević i sar.** (2008) su zabeležili na smonici ukupan prinos suve materije lucerke od 12,95 t/ha. U petogodišnjem ispitivanju **Katića i sar.** (2004) prinos suve materije lucerke na černozeu u prvom otkosu u proseku je iznosio 6,40 t/ha. **Simić i sar.** (2011) su na černozeu zabeležili nešto manji prinos suve materije crvene deteline, 4,72 t/ha, dok se u ispitivanju **Baraća i sar.** (2011) na istom tipu zemljišta prinos kretao od 3,94 t/ha do 6,34 t/ha. **Vasiljević i sar.** (2010) su ispitujući proizvodni potencijal domaćih i inostranih sorti crvene deteline, najzastupljenijih na tržištu Republike Srbije, najveći prinos zelene mase dobili u prvom otkosu druge godine, a on je bio u intervalu od 22,4 t/ha do 40,0 t/ha.

Tabela 11. Prinos suve materije u prvom otkosu lucerke i crvene deteline 2011.g. u zavisnosti od krmnog useva, tipa i klasa plodnosti zemljišta (t/ha).

Tip zemljišta	Krmni usev		Prosek
	Lucerka	Crvena detelina	
Černozem	5,81 abc	5,99 ab	5,89 A
Vertisol	5,38 abcd	6,46 a	5,81 AB
Eutrični kambisol	2,84 f	4,89 bcd	3,94 C
Humofluvisol	2,82 f	4,68 bcd	3,75 C
Fluvisol	5,17 abcd	4,28 def	4,72 BC
Humoglej	4,37 de	3,34 ef	3,82 C
<b>Klase plodnosti</b>			
Niska plodnost	3,16 b	4,30 a	3,92 C
Srednja plodnost	4,16 b	5,44 a	4,61 B
Visoka plodnost	4,65 ab	4,92 ab	4,78 AB
Vrlo visoka plodnost	6,53 a	4,57 ab	5,06 A
Prosek	4,42 B	4,90 A	4,66

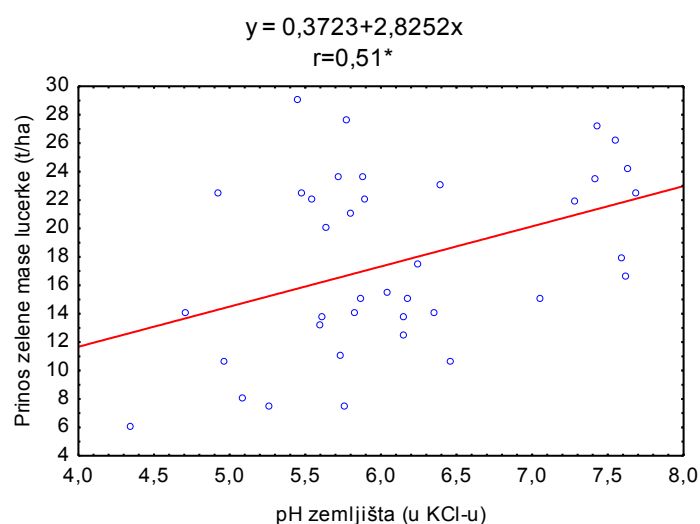
Tretmani označeni istim slovima nemaju statistički signifikantne razlike (Fisherov test na nivou značajnosti 0,05).

Na ostalim tipovima zemljišta prinosi zelene mase i suve materije krmnih biljaka su bili značajno niži, s izuzetkom prinosa suve materije na fluvisolu, koji je iznosio 4,72 t/ha. Slične rezultate dobili su u ispitivanju prinosa crvene deteline iz prvog otkosa na kiselom aluvijalnom zemljištu sa pH 4,8, **Tomić i sar.** (2012), koji su konstatovali da je u proseku prinos zelene mase iznosio 29,00 t/ha, a suve materije 4,64 t/ha.

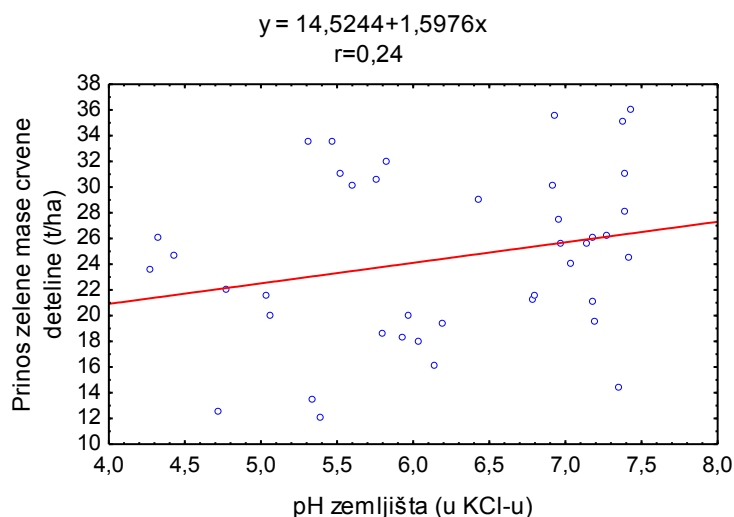


Plodnost zemljišta je imala uticaja na prinose ispitivanih biljaka. Prinosi ispitivanih krmnih useva rasli su sa povećanjem plodnosti zemljišta. U proseku kod oba krmna useva najveći prinosi ostvareni su na zemljištima visoke i vrlo visoke plodnosti. Najmanji prinos krme imale su biljke na zemljištu niske plodnosti, na kojima je prosečan prinos zelene mase iznosio 19,14 t/ha, a suve materije 3,92 t/ha. S obzirom da se zemljišta niže plodnosti, između ostalog, odlikuju i nižim pH vrednostima zemljišta, bilo je i očekivano da su i prinosi niži. Na kiselim zemljištima trajnost lucerišta i niski prinosi su posledica, pre svega, slabo uspostavljene simbiotske asocijacije sa *Rhizobium*-om i kompeticije sa sojevima koji su, takođe, pH rezistentni, ali slabe sposobnosti fiksacije atmosferskog azota (Soto *et al.*, 2004; Segundo *et al.*, 1999).

Korelacionom analizom konstatovana je značajna pozitivna veza između prinosa zelene mase lucerke i pH vrednosti zemljišta ( $r=0,51^*$ ), a regresionom analizom utvrđena je statistički značajna prosečna promena prinosa zelene mase lucerke, koja nastaje pri promeni pH vrednosti zemljišta (grafikon 7). Regresioni koeficijent pokazuje da se prinos zelene mase lucerke poveća za 2,82 t/ha kada se pH vrednost zemljišta poveća za jednu jedinicu. Između prinosa zelene mase crvene deteline i pH vrednosti zemljišta korelaciona veza je bila slaba. Povećanje prinosa zelene mase crvene deteline sa promenom pH vrednosti zemljišta iznosilo je 1,60 t/ha i nije bilo statistički značajno (grafikon 8).



Grafikon 7. Zavisnost prinosa zelene mase lucerke (t/ha) od pH vrednosti zemljišta



Grafikon 8. Zavisnost prinosa zelene mase crvene deteline (t/ha) od pH vrednosti zemljišta

Ovakvi rezultati bili su očekivani s obzirom da crvena detelina ima manje zahteve prema plodnosti zemljišta i uspeva na zemljištima kiselije reakcije, dok je lucerka veoma osetljiva na niže pH vrednosti zemljišta (**Lanyon and Griffith**, 1988) i optimalne vrednosti pH se kreću u intervalu 6,0-7,0. Kisela i krečom siromašna zemljišta, sa manje od 0,2 % izmenjivog kalcijuma, nisu pogodna za gajenje lucerke. Na zemljištima sa pH 3, zbog prevelike koncentracije  $Al^{+3}$  i  $Mn^{+2}$ , nemoguć je rast ponika i nema nodulacije *Rhizobium*-a, te je gajenje na ovakvim zemljištima moguće samo uz prethodnu kalcizaciju i inokulaciju semena pre setve (**Đukić**, 2002). Niska pH vrednost zemljišta utiče negativno na iskorištavanje nekih elemenata (P, Mo) od strane biljaka (**Katić i sar.**, 2006). Tako se na izrazito kiselim zemljištima uočavaju dve negativne pojave: povećanje sadržaja pristupačnog aluminijuma (Al) i gvožđa (Fe), te smanjenje pristupačnog fosfora (**Taylor i Quesenberry**, 1996; **Stevović i sar.**, 2007). Povećanje prinosa leguminoznih biljaka na kiselim zemljištima moguće je ostvariti gajenjem tolerantnijih vrsta, odnosno sorti, inokulacijom sojevima *Rhizobium*-a, koji podnose niže pH vrednosti, kao i kalcizacijom zemljišta (**Zahran**, 1999, **Graham and Vance**, 2000).

Iako uspeva na lošijim i kiselijim zemljištima crvena detelina ipak najbolje rezultate ostvaruje na plodnijim zemljištima. U ispitivanjima **Peaslee and Taylor** (1989) prinos crvene deteline se na zemljištu, čiji je pH 7,5 povećao za 6,5 puta u odnosu na zemljište gde je pH vrednost 4,7.

U ogledu **Stevovića i sar.** (2007) na smonici, čija je pH vrednost 5,1, prinos suve materije lucerke u proseku je iznosio 8,95 t/ha, a crvene deteline 6,48 t/ha. Smanjanjem kiselosti kalcizacijom zemljišta prinos suve materije lucerke u godini primene povećan je na 10,05 t/ha, a crvene deteline na 7,05 t/ha.

Crvena detelina je u proseku lokaliteta ostvarila značajno veće prinose zelene mase, 24,44 t/ha, i suve materije, 4,90 t/h, u odnosu na lucerku, koja je ostvarila prinos zelene mase 19,01 t/ha i suve materije krme 4,42 t/ha. S obzirom da je lucerka veoma osetljiva na niže pH vrednosti zemljišta, te slabije uspeva na kiselijim zemljištima, bilo je očekivano da na zemljištima niske i srednje plodnosti veće prinose ostvari crvena detelina. Međutim, na zemljištima vrlo visoke plodnosti lucerka je imala veći prinos suve materije za 1,96 t/ha, a zelene mase za 1,25 t/ha. Prema **Krstiću** (2012) lucerka je ostvarila prosečan prinos od 1,75 t/ha suve materije u prvom otkosu druge godine proizvodnje. U trogodišnjem ispitivanju **Bijelić** (2009) prinos zelene mase lucerke se nalazio u intervalu 19,14-25,37 t/ha, a suve materije 4,67-5,50 t/ha. Prema **Tomić i sar.** (2007) lucerka ostvaruje prosečne prinose zelene mase 57,80-76,70 t/ha i suve materije 13,60-17,60 t/ha, dok se prinos zelene mase crvene deteline nalazi u intervalu 51,30-55,90 t/ha, a suve materije 9,90-12,30 t/ha.

Prinosi zelene mase i suve materije ispitivanih krmnih useva rasli su sa povećanjem plodnosti zemljišta, što je u skladu sa dosadašnjim istraživanjima. Najveći prosečan prinos zelene mase biljke su ostvarile na černozeu, a najniži na eutričnom kambisolu. S obzirom da je lucerka veoma osetljiva na niže pH vrednosti zemljišta, te slabije uspeva na kiselijim zemljištima, na manje plodnim zemljištima veće prinose ostvarila je crvena detelina. Konstatovano opadanje prinosa lucerke sa smanjenjem pH vrednosti zemljišta zabeležili su i drugi autori. Prinos zelene mase lucerke povećava se za 2,82 t/ha kada se pH vrednost zemljišta poveća za jednu jedinicu.

### 7.3. KVALITATIVNE KARAKTERISTIKE BILJAKA

Pojedine biljne vrste imaju različite zahteve prema određenim elementima mineralne ishrane, a njihov sadržaj u tkivu je različit (**Epstein**, 1972). Njihova količina i pravilan odnos u zavisnosti od biljne vrste, pa i genotipa unutar vrste, omogućava pravilan rast i razvoj biljaka (**Sarić i Krstić**, 1983). Varijacije u sadržaju mineralnih materija u biljkama, nisu uslovljeni samo su biljnom vrstom, nego i karakteristikama zemljišta i primenjenom tehnologijom gajenja (**Živkov-Baloš i sar.**, 1999).

#### 7.3.1. Sirovi proteini i azot

Azot se smatra najvažnijim elementom za ishranu biljaka i nosiocem prinosa. Najveći deo potreba za azotom, 43-80%, lucerka i crvena detelina zadovoljavaju azotofiksacijom u simbiozi sa kvržičnim bakterijama *Rhizobium*. Na broj i veličinu kvržica, a time i na količinu fiksiranog azota, utiču mnogobrojni faktori: mineralna ishrana, pH, temperatura, vlažnost, aerisanost zemljišta i drugi faktori. Povećanje doza azotnih mineralnih đubriva dovodi do smanjenja azotofiksacije (**Adamovich and Adamovich**, 2003).

Prosečan ukupan sadržaj azota u zemljištu iznosio je 0,16%, što znači da je zemljište ispitivanih lokaliteta u proseku bilo srednje obezbeđeno ovim hranljivim elementom (tabela 12).

Konstatovane su statistički značajne razlike u sadržaju ukupnog azota između pojedinih tipova zemljišta. Najveći sadržaj bio je u humogleju (0,18%), koji je inače veoma dobro obezbeđen azotom (**Škorić**, 1986), a zatim u vertisolu (0,17%), između kojih nije bilo statistički značajnih razlika. Slične rezultate u ispitivanju vertisola dobili su **Jelić et al.** (2010), pri čemu je sadržaj azota u njihovom ispitivanju iznosio 0,11%. Sadržaj azota u humogleju u ispitivanju **Belića i sar.** (2011) iznosio je 0,15%. Značajno niža koncentracija ukupnog azota u zemljištu, u odnosu na humoglej, zabeležena je u černozeu (0,16%), ali se nisu značajno razlikovale u odnosu na sadržaj u vertisolu. Prema **Škoriću** (1986) černozeu i vertisol su dobro obezbeđeni azotom. U ispitivanjima (**Džamić i Stevanović**, 2000) ukupan sadržaj azota u površinskom sloju dubini 0-30 cm

iznosio je 0,22% u černozeu, te 0,19% u smonici, dok je sadržaj na dubini 30-40 cm bio niži, 0,20% u černozeu i 0,085% u smonici.

Tabela 12. Ukupan sadržaj azota u zemljištu ispitivanih lokaliteta u zavisnosti od krmnog useva, tipa i dubine zemljišta (%).

Tip zemljišta	Dubina (cm)	Krmni usev		Prosek
		Lucerka	Crvena detelina	
Černozem	0-30	0,17	0,21	0,19 b
	30-60	0,11	0,17	0,14 cd
	Prosek	<b>0,14 c</b>	<b>0,19 a</b>	<b>0,16 BC</b>
Vertisol	0-30	0,22	0,16	0,19 b
	30-60	0,17	0,13	0,16 c
	Prosek	<b>0,20 a</b>	<b>0,15 c</b>	<b>0,17 AB</b>
Eutrični kambisol	0-30	0,17	0,13	0,15 c
	30-60	0,13	0,10	0,10 e
	Prosek	<b>0,14 cd</b>	<b>0,11 e</b>	<b>0,12 E</b>
Humofluvisol	0-30	0,13	0,15	0,14 cd
	30-60	0,12	0,13	0,12 d
	Prosek	<b>0,12 de</b>	<b>0,14 c</b>	<b>0,13 DE</b>
Fluvisol	0-30	0,16	0,15	0,16 c
	30-60	0,13	0,14	0,14 cd
	Prosek	<b>0,15 bc</b>	<b>0,15 bc</b>	<b>0,15 CD</b>
Humoglej	0-30	0,22	0,26	0,24 a
	30-60	0,11	0,14	0,13 d
	Prosek	<b>0,17 b</b>	<b>0,20 a</b>	<b>0,18 A</b>
<b>Prosek</b>	0-30	0,18 a	0,18 a	0,18 a
	30-60	0,13 b	0,13 b	0,13 b
		<b>0,15 A</b>	<b>0,16 A</b>	<b>0,16</b>

Tretmani označeni istim slovima nemaju statistički signifikantne razlike (Fisherov test na nivou značajnosti 0,05).

Još niži sadržaj bio je u fluvisolu (0,15%), koji se značajno razlikovao od prethodno navedenih tipova zemljišta, sa izuzetkom černozeu. Signifikantno najniži ukupan sadržaj azota imali su humofluvisol (0,13%) i eutrični kambisol (0,12%), između kojih nije bilo značajnih razlika, kao ni između humofluvisola i fluvisola. Prema **Jekiću i sar.** (1974) sadržaj azota u u aluvijumu iznosi 0,119%, smonici 0,129% a u gajnjači 0,095%.

Svi pojedinačni tipovi zemljišta bili su srednje obezbeđeni ukupnim azotom.

Između zemljišta pod lucerkom i crvenom detelinom u proseku nisu zabeležene statistički značajne razlike u pogledu sadržaja ukupnog azota. Međutim, u okviru pojedinačnih tipova zemljišta postojale su signifikantne razlike, koje su bile u intervalu od 0,02 do 0,05%, s izuzetkom fluvisola.

Ukupan sadržaj azota u površinskom sloju je u proseku bio veći za 0,05% u odnosu na dublji sloj zemljišta, što predstavlja značajnu razliku. Pojedinačno gledano po tipovima zemljišta, samo u fluvisolu i humofluvisolu razlike u ukupnom sadržaju azota između površinskog i dubljeg sloja nisu bile značajne.

Tabela 13. Sadržaj sirovih proteina u suvoj materiji lucerke i crvene deteline u zavisnosti od krmnog useva, tipa i klasa plodnosti zemljišta (%).

Tip zemljišta	Krmni usev		Prosek
	Lucerka	Crvena detelina	
Černozem	26,28 a	21,33 c	<b>23,80 A</b>
Vertisol	20,19 cde	17,54 f	<b>19,24 C</b>
Eutrični kambisol	13,98 g	18,02 f	<b>16,16 D</b>
Humofluvisol	20,26 de	18,93 ef	<b>19,60 C</b>
Fluvisol	19,16 def	14,33 g	<b>16,74 D</b>
Humoglej	24,06 b	20,59 cd	<b>22,32 B</b>
<b>Prosek</b>			
Klase plodnosti			
Niska plodnost	14,31 e	17,75 de	<b>16,60 C</b>
Srednja plodnost	20,08 cd	16,60 e	<b>18,92 B</b>
Visoka plodnost	22,75 ab	20,90 bc	<b>21,86 A</b>
Vrlo visoka plodnost	25,83 a	19,54 cd	<b>21,12 A</b>
<b>Prosek</b>	<b>20,97 A</b>	<b>18,89 B</b>	<b>19,97</b>

Tretmani označeni istim slovima nemaju statistički signifikantne razlike (Fisherov test na nivou značajnosti 0,05).

Prosečan sadržaj sirovih proteina u suvoj materiji ispitivanih krmnih useva, na nivou čitavog ogleda, iznosio je 19,97% (tabela 13), odnosno 3,19% azota (tabela 14). Prema **Vučkoviću** (1999) u suvoj materiji ovih biljaka nalazi se u proseku 3,0% azota. Prema **Ocokoljiću i sar.** (1977) prosečan sadržaj sirovih proteina u fazi punog cvetanja lucerke u četvrtom otkosu iznosi 19,73%. U ispitivanju **Katića i sar.** (2009) na

černozemu lucerka je imala u drugoj godini prosečan sadržaj proteina 19,69%. Prema istraživanju **Radovića i sar.** (2009) sadržaj azota u biljkama lucerke je iznosio 3,57%.

Tabela 14. Sadržaj azota u suvoj materiji lucerke i crvene deteline u zavisnosti od krmnog useva, tipa i klasa plodnosti zemljišta (%).

Tip zemljišta	Krmni usev		Prosek
	Lucerka	Crvena detelina	
Černozem	4,20 a	3,41 c	<b>3,81 A</b>
Vertisol	3,23 cde	2,81 f	<b>3,08 C</b>
Eutrični kambisol	2,24 g	2,88 f	<b>2,58 D</b>
Humofluvisol	3,24 de	3,03 ef	<b>3,14 C</b>
Fluvisol	3,07 def	2,29 g	<b>2,68 D</b>
Humoglej	3,85 b	3,29 cd	<b>3,57 B</b>
<b>Klase plodnosti</b>			
Niska plodnost	2,29 e	2,84 de	<b>2,66 C</b>
Srednja plodnost	3,21 cd	2,66 e	<b>3,03 B</b>
Visoka plodnost	3,64 ab	3,34 bc	<b>3,50 A</b>
Vrlo visoka plodnost	4,13 a	3,13 cd	<b>3,38 A</b>
<b>Prosek</b>	<b>3,36 A</b>	<b>3,02 B</b>	<b>3,19</b>

Tretmani označeni istim slovima nemaju statistički signifikantne razlike (Fisherov test na nivou značajnosti 0,05).

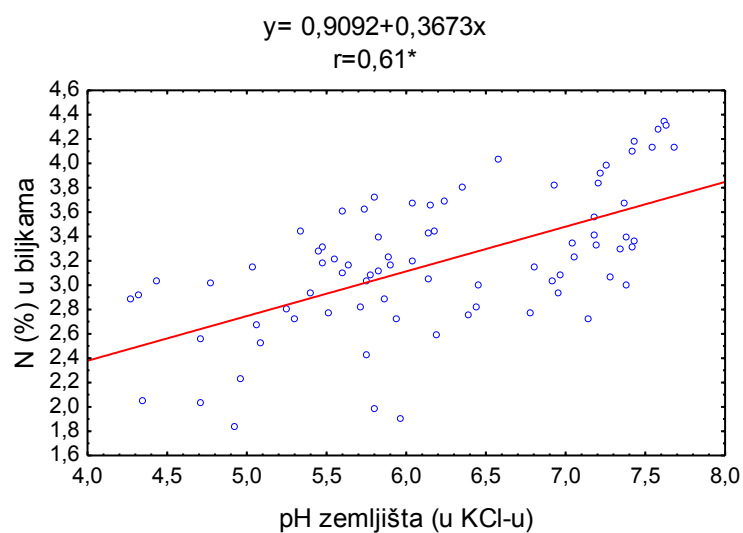
Rezultati oglada pokazuju da je uticaj tipa zemljišta na sadržaj azota i proteina u biljkama lucerke i crvene deteline bio značajan. Najveći prosečan sadržaj konstatovan je u ispitivanim krmnim biljkama poreklom sa černozema, a najniži u suvoj masi biljaka sa eutričnog kambisola i fluvisola. U istraživanju **Najdenovske i sar.** (2007) sadržaj azota u lucerki poreklom sa aluvijalnog zemljišta iznosio je 1,74%, odnosno 10,62% sirovih proteina. **Marković i sar.** (2007b) su konstatovali u drugom otkosu sličan sadržaj azota na aluvijalnom zemljištu u lucerki, 3,52%, a nešto manji u crvenoj detelini, 3,19%.

U ogledu **Stevovića i sar.** (2007) na smonici, čija je pH vrednost 5,1, sadržaj sirovih proteina lucerke u proseku je iznosio 19,45%, a crvene deteline 17,90%. Slične rezultate na smonici dobili su **Stanisavljević i sar.** (2008), koji su na istom tipu zemljišta zabeležili 19,47 % proteina u suvoj materiji lucerke.

Zemljišta na kojima je ostvaren veći sadržaj azota i proteina u suvoj masi biljaka odlikuju se većim sadržajem ukupnog azota, ali prvenstveno većom fiksacijom azota, s

obzirom da imaju povoljne uslove za mikrobiološku aktivnost. To se prvenstveno odnosi na pH vrednost, jer je najveća brojnost kvržičnih bakterija u neutralnim i blago alkalnim zemljištima (**Jakšić i sar.**, 2013d). U kiselim zemljištima njihova brojnost je manja zbog nedostatka Ca i toksičnog dejstva Al (**Govedarica i Jarak**, 1995). U zemljištima sa pH ispod 5,5 usporena je ili skoro zaustavljena deoba kvržičnih bakterija.

**Grewal and Williams** (2003) navode da je na tretmanima sa kalcizacijom utvrđen značajno veći sadržaj sirovih proteina, dok **Stout et al.** (1997) ističu da je primenom krečnog materijala 5 t/ha CaO na zemljištu pH 5,1 ostvareno povećanje sadržaja sirovih proteina od 9,2% na 16,3%. Korelacionom analizom konstatovana je značajna pozitivna veza između sadržaja azota u krmnim biljkama i pH vrednosti zemljišta ( $r=0,61^*$ ), a regresionom analizom utvrđena je statistički značajna prosečna promena sadržaja azota u biljkama, koja nastaje pri promeni pH vrednosti (grafikon 9). Regresioni koeficijent pokazuje da se sadržaj azota u biljkama poveća za 0,37% kada se pH vrednost zemljišta poveća za jednu jedinicu. Negativan uticaj povećanja kiselosti na nodulaciju, a time i fiksaciju N zapazili su i **Rice et al.** (1977) u ogledu sa lucerkom. Povećanjem pH vrednosti zemljišta sadržaj proteina raste (**Petit et al.**, 1992).

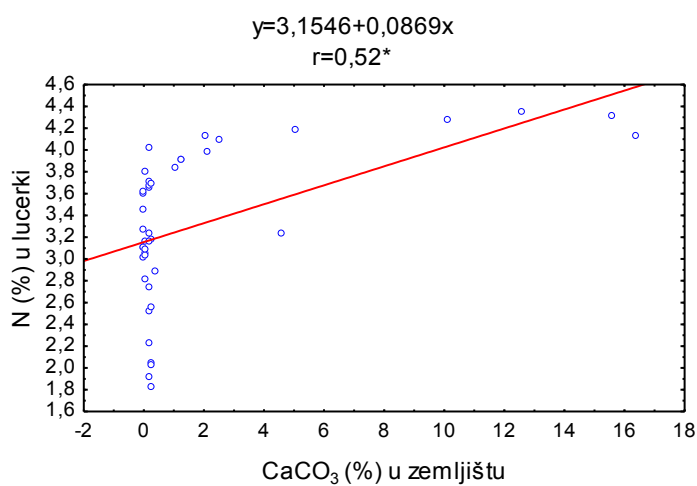


Grafikon 9. Zavisnost sadržaja azota (%) u suvoj materiji krmnih biljaka od pH vrednosti zemljišta

Korelacionom analizom konstatovana je značajna pozitivna veza između sadržaja azota u lucerki i sadržaja  $\text{CaCO}_3$  u zemljištu ( $r=0,52^*$ ), a regresionom analizom

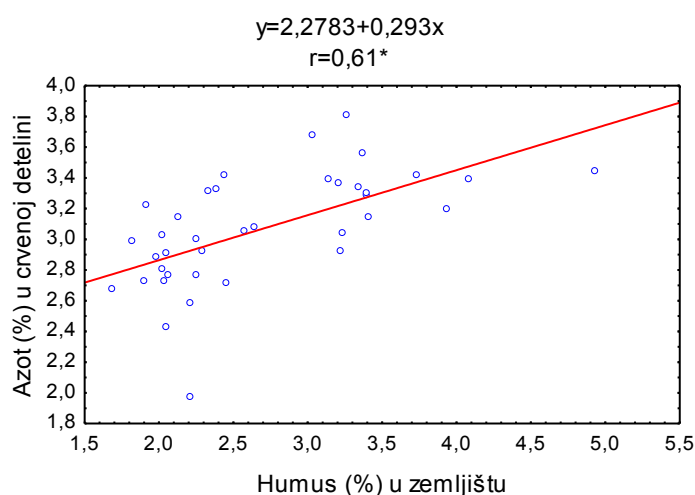


utvrđena je statistički značajna prosečna promena sadržaja azota u biljkama, koja nastaje pri promeni sadržaja  $\text{CaCO}_3$  u zemljištu (grafikon 10). Regresioni koeficijent pokazuje da se sadržaj azota u biljkama poveća za 0,09% kada se sadržaj  $\text{CaCO}_3$  u zemljištu poveća za jednu jedinicu. U ogledu sa rastućim dozama krečnog materijala **Berenji et al.** (2012) su takođe utvrdili povećanje intenziteta nodulacije, ali i rasta korena i sadržaja suve materije sa povećanjem količine dodatog kreča ( $r=0,84$ ). Povećanjem kiselosti intenzitet nodulacije se značajno smanjivao.



Grafikon 10. Zavisnost sadržaja azota (%) u suvoj materiji lucerke od sadržaja  $\text{CaCO}_3$ (%) u zemljištu

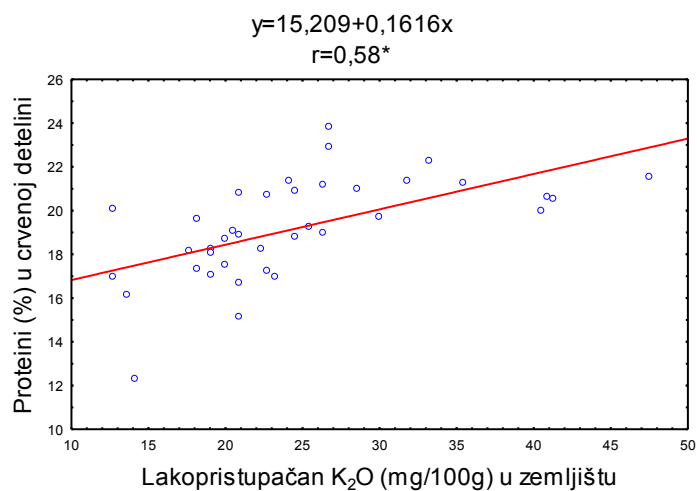
Velik uticaj na sadržaj azota i sirovih proteina u ispitivanim biljkama imala je plodnost zemljišta. U proseku oba krmna useva najveći sadržaj ostvaren je na zemljištima vrlo visoke i visoke plodnosti. Značajno niži sadržaj imale su biljke na zemljištu srednje, a najniže na zemljištu niske plodnosti. Zemljišta visoke plodnosti odlikuju se povoljnim fizičko-hemijskim osobinama, koje podrazumevaju dobru snabdevenost hranljivim materijama, ali i stvaranje optimalnih uslova za rad simbiotskih mikroorganizama. Prema **Lukiću** (2000) lucerka pozitivno reaguje na dodavanje mineralnih đubriva na zemljištima deficitarnim u fosforu, koji, između ostalog, povoljno deluje na aktivnost nitrogenaze, jer se ugrađuje u ATP, i na taj način utiče na metabolizam azota i sadržaj sirovih proteina, kao i na brojnost i veličinu kvržica.



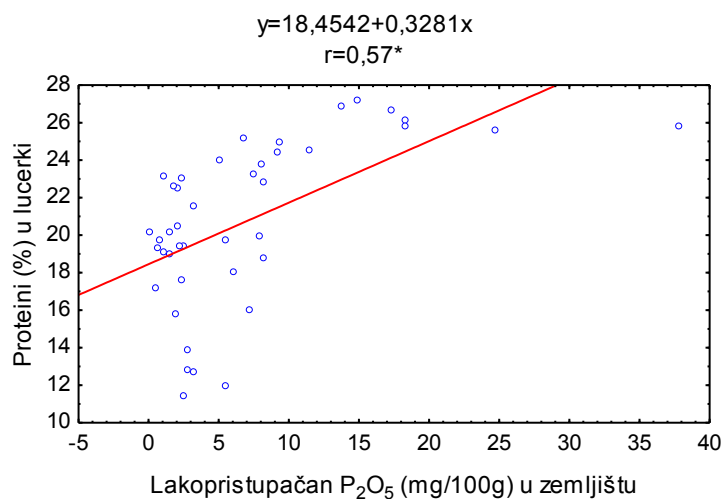
Grafikon 11. Zavisnost sadržaja azota (%) u suvoj materiji crvene deteline od sadržaja humusa (%) u zemljištu

Takođe, konstatovana je značajna pozitivna korelacija između sadržaja azota u crvenoj detelini i sadržaja humusa u zemljištu ( $r=0,61^*$ ), a regresionom analizom utvrđena je statistički značajna prosečna promena sadržaja azota u biljkama, koja nastaje pri promeni sadržaja humusa u zemljištu (grafikon 11). Regresioni koeficijent pokazuje da se sadržaj azota u biljkama poveća za 0,29% kada se sadržaj humusa u zemljištu poveća za jednu jedinicu. Prisustvo većih količina organske materije u zemljištu povećava sadržaj neophodnih elemenata za ishranu biljaka, s obzirom da se njihovim razlaganjem hranljivi elementi prevode u mineralne oblike pristupačne biljkama (Ubavić i Bogdanović, 1995). Takođe, humus ima stimulatívni efekat na povećanje biomase i usvajanje makroelemenata (Chen and Aviad, 1990).

Korelacionom analizom konstatovana je značajna pozitivna veza između sadržaja proteina u crvenoj detelini i sadržaja lakopristupačnog kalijuma u zemljištu ( $r=0,58^*$ ), a regresionom analizom utvrđena je statistički značajna prosečna promena sadržaja proteina u biljkama, koja nastaje pri promeni sadržaja lakopristupačnog kalijuma u zemljištu (grafikon 12). Regresioni koeficijent pokazuje da se sadržaj proteina u biljkama poveća za 0,16% kada se sadržaj lakopristupačnog kalijuma u zemljištu poveća za jednu jedinicu. Kalijum pozitivno utiče na rast kvržičnih bakterija, formiranje kvržica i njihovo funkcionisanje, ali i na rast biljke, što se odražava na veću azotofiksaciju (Divito and Sadras, 2014). Takođe K utiče na metabolizam N potpomažući sintezu proteina (Ubavić i Bogdanović, 1995).



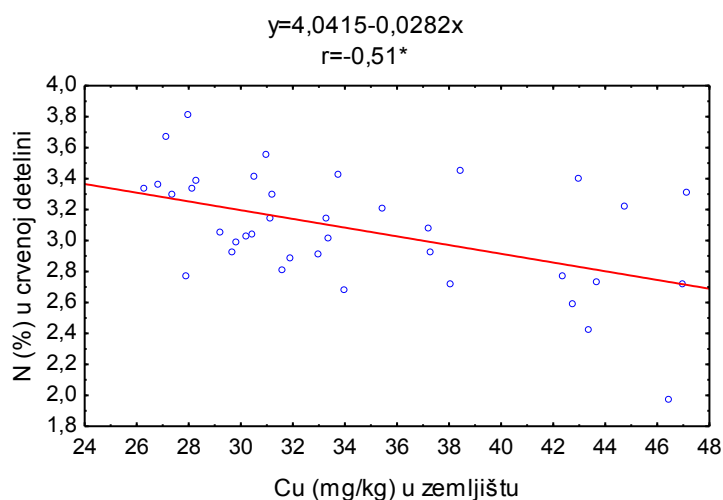
Grafikon 12. Zavisnost sadržaja proteina (%) u suvoj materiji crvene deteline od sadržaja lakopristupačnog kalijuma u zemljištu (mg/100g)



Grafikon 13. Zavisnost sadržaja proteina (%) u suvoj materiji lucerke od sadržaja lakopristupačnog fosfora u zemljištu (mg/100g)

Konstatovana je značajna pozitivna korelacija između sadržaja proteina u lucerki i sadržaja lakopristupačnog fosfora u zemljištu ( $r=0,57^*$ ), a regresionom analizom utvrđena je statistički značajna prosečna promena sadržaja proteina u biljkama, koja nastaje pri promeni sadržaja lakopristupačnog fosfora u zemljištu (Grafikon 13). Regresioni koeficijent pokazuje da se sadržaj proteina u biljkama poveća za 0,33% kada se sadržaj lakopristupačnog fosfora u zemljištu poveća za jednu jedinicu. U ispitivanju

uticaja hranljivih elemenata na nodulaciju i azotofiksaciju **Divito i Sadras** (2014) su utvrdili značajan pozitivan uticaj fosfora na oba procesa, kao i na rast biljke.

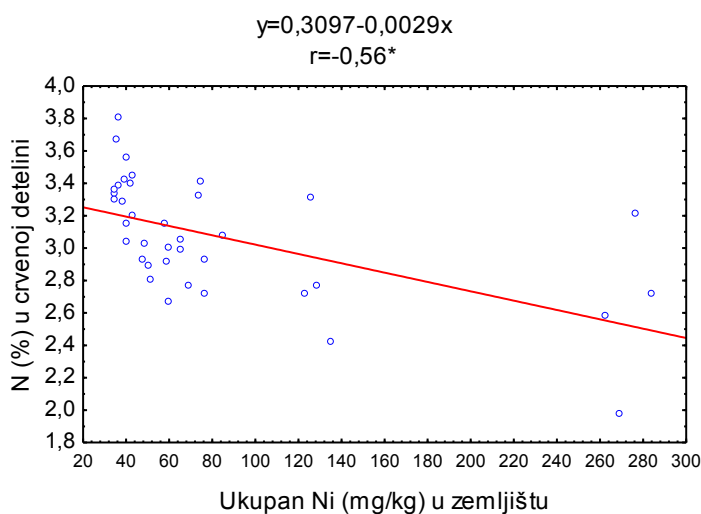


Grafikon 14. Zavisnost sadržaja N (%) u suvoj materiji crvene deteline od ukupnog sadržaja Cu (mg/kg) u zemljištu

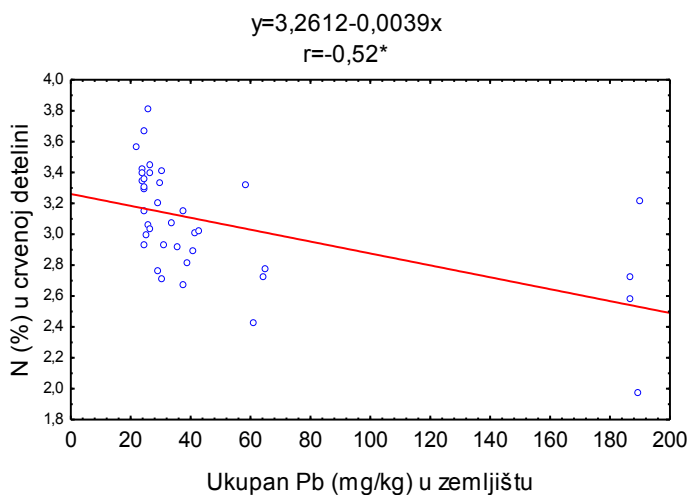
Konstatovana je značajna negativna korelaciona veza između sadržaja azota u crvenoj detelini i ukupnog sadržaja Cu u zemljištu ( $r=-0,51^*$ ). Regresionom analizom utvrđena je statistički značajna prosečna promena sadržaja N u biljkama, koja nastaje pri promeni ukupnog sadržaja Cu u zemljištu (grafikon 14). Regresioni koeficijent pokazuje da se sadržaj N u biljkama smanji za 0,028% kada se ukupan sadržaj Cu u zemljištu poveća za jednu jedinicu. Inhibirajući uticaj bakra na usvajanje azota konstatovan je i u istraživanju **Blaudez et al.** (2000). Bakar inhibira rast i aktivnost mikroorganizama, što se negativno odražava na nodulaciju i azotofiksaciju (**Khan and Scullion, 2002; Lakzian et al., 2002**). **Lanaras et al.** (1993) su na osnovu sadržaja ukupnog, rastvorljivog i proteinskog N utvrdili da Cu pri većim koncentracijama u hranljivom supstratu inhibira usvajanje N.

Između sadržaja azota u crvenoj detelini i ukupnog sadržaja Ni u zemljištu konstatovana je značajna negativna korelaciona veza ( $r=-0,56^*$ ). Regresionom analizom utvrđena je statistički značajna prosečna promena sadržaja N u biljkama, koja nastaje pri promeni ukupnog sadržaja Ni u zemljištu (grafikon 15). Regresioni koeficijent pokazuje da se sadržaj N u biljkama smanji za 0,0029% kada se ukupan sadržaj Ni u zemljištu poveća za jednu jedinicu. Veće količine Ni u zemljištu imaju antagonističko

dejstvo na usvajanje N (Singh *et al.*, 2011). Veće količine Ni smanjuju nodulaciju leguminoza tj. azotofiksaciju (McGrath *et al.*, 1988; Jarak *et al.*, 1997).



Grafikon 15. Zavisnost sadržaja N (%) u suvoj materiji crvene deteline od ukupnog sadržaja Ni (mg/kg) u zemljištu



Grafikon 16. Zavisnost sadržaja N (%) u suvoj materiji crvene deteline od ukupnog sadržaja Pb (mg/kg) u zemljištu

Između sadržaja azota u crvenoj detelini i ukupnog sadržaja Pb u zemljištu konstatovana je značajna negativna korelacija ( $r=-0,52^*$ ), a regresionom analizom utvrđena je statistički značajna prosečna promena sadržaja N u biljkama, koja nastaje

pri promeni ukupnog sadržaja Pb u zemljištu (grafikon 16). Regresioni koeficijent pokazuje da se sadržaj N u biljkama smanji za 0,0039% kada se ukupan sadržaj Pb u zemljištu poveća za jednu jedinicu. Olovo redukuje broj i veličinu korenovih dlačica (**Singh et al.**, 2003), kao i ukupnu površinu lista, te aktivnost nitrat reduktaze (**Kastori i sar.**, 1997).

Na svim ispitivnim tipovima zemljišta lucerka je ostvarila veći sadržaj azota i sirovih proteina u suvoj materiji u odnosu na crvenu detelinu, u proseku 0,34%, a razlika nije bila statistički značajna samo na humofluvisolu. Samo na zemljištu niske plodnosti lucerka nije imala veći sadržaj azota u suvoj masi u odnosu na crvenu detelinu, dok je na svim ostalim klasama plodnosti taj sadržaj bio veći za 0,30-1,00%. Prema **Džamićevoj i Stevanoviću** (2000) sadržaj azota u punom cvetanju nešto je niži kod crvene deteline i iznosi 2,6%, u odnosu na lucerku koja sadrži 2,9% azota. Sadržaj proteina u crvenoj detelini se kreće 18,64-22,64% (**Lugić et al.**, 2002; **Lugić et al.**, 2006). **Caddel et al.**, (2004) navode da je prosečan sadržaj N u senu lucerke 3,00%, dok sadržaj u crvenoj detelini iznosi 2,52% (**Ignjatović i sar.**, 2001). Prema **Krstiću** (2012) lucerka je ostvarila prosečan sadržaj azota od 3,32% u prvom otkosu druge godine proizvodnje. Na osnovu rezultata hemijskih analiza lucerke (**Bijelić**, 2009) sadržaj sirovih proteina u suvoj materiji kretao se od 17,28% do 18,43 %. Prema **Tomić et al.** (2007) sadržaj sirovih proteina u lucerki se kreće 16,22-22,88%. U istraživanju **Milića et al.** (2011) sadržaj proteina u biljkama lucerke je u proseku iznosio 20,10%. Prema **Diniću et al.** (2005) lucerka sadržava 21,31% sirovih proteina u suvoj materiji.

Iako su svi pojedinačni tipovi zemljišta bili su srednje obezbeđeni ukupnim azotom između njih su postojale razlike. Najveći sadržaj bio je u humogleju (0,18%), a najniži na eutričnom kambisolu (0,12%). Takođe, na plodnijim zemljištima lucerka i crvena detelina su imale veći sadržaj azota, odnosno sirovih proteina, što ukazuje na neophodnost sagledavanja trenutnog stanja i mogućnost poboljšanja fizičko-hemijskih osobina zemljišta u konkretnim agroekološkim uslovima za svaki tip zemljišta prilikom gajenja krmnog bilja. Na plodnijim zemljištima lucerka je imala veći sadržaj sirovih proteina, odnosno azota, u odnosu na crvenu detelinu.

Konstatovana je značajna pozitivna korelacija između sadržaja azota, odnosno proteina i pH vrednosti zemljišta, sadržaja kalcijum-karbonata, humusa, lakopristupačnog kalijuma i fosfora u zemljištu. Negativna korelacija zabeležena je

između sadržaja azota u biljkama i ukupnog sadržaja bakra, nikla i olova u zemljištu. Rezultati su u skladu sa dosadašnjim istraživanjima.

### 7.3.2. Sirova celuloza

Sirova celuloza je značajno hemijsko jedinjenje, koje ulazi u građu mnogih organa biljke i biljkama daje čvrstinu i elastičnost, a najveći značaj ima u izgradnji ćelijske membrane. U ishrani domaćih životinja sirova celuloza ima manju hranljivu vrednost, te prevelik sadržaj sirove celuloze dovodi do opadanja kvaliteta lucerke (Hill *et al.*, 1988).

Tabela 15. Sadržaj sirove celuloze u suvoj materiji lucerke i crvene deteline u zavisnosti od krmnog useva, tipa i klasa plodnosti zemljišta (%).

Tip zemljišta	Krmni usev		Prosek
	Lucerka	Crvena detelina	
Černoziem	16,68 de	15,28 ef	<b>15,98 C</b>
Vertisol	19,34 c	17,02 d	<b>18,42 B</b>
Eutrični kambisol	18,61 bc	16,56 de	<b>17,50 B</b>
Humofluvisol	17,03 d	15,77 de	<b>16,40 C</b>
Fluvisol	21,70 a	20,72 ab	<b>21,21 A</b>
Humoglej	15,70 de	14,20 f	<b>14,95 D</b>
<b>Klase plodnosti</b>			
Niska plodnost	20,79 a	16,49 bc	<b>17,93 A</b>
Srednja plodnost	18,20 b	17,93 b	<b>18,10 A</b>
Visoka plodnost	17,11 b	15,31 c	<b>16,24 B</b>
Vrlo visoka plodnost	16,30 bc	14,95 c	<b>15,28 B</b>
<b>Prosek</b>	<b>17,88 A</b>	<b>16,19 B</b>	<b>17,06</b>

Tretmani označeni istim slovima nemaju statistički signifikantne razlike (Fisherov test na nivou značajnosti 0,05).

Prosečan sadržaj sirove celuloze u suvoj materiji lucerke iznosio je 17,88%, a crvene deteline 16,19% a razlika od 1,69% je bila značajna (tabela 15). U periodu 1964-2007. kod 24 domaće sorte lucerke utvrđen je prosečan sadržaj sirove celuloze od 26,13 % suve materije, koji je u negativnoj korelaciji sa sadržajem sirovih proteina, a raste sa starošću biljke, dok je prosečan sadržaj kod crvene deteline iznosio 22,04% (Đukić i

sar, 2007). Prema **Tomić et al.** (2007) sadržaj sirove celuloze u lucerki varira u intervalu 23,91-32,60%, a u crvenoj detelini 19,01-23,29%. U ispitivanju **Bijelić** (2009) sadržaj sirove celuloze u lucerki je bio u intervalu 26,96-30,73%. Prema **Diniću et al.** (2005) lucerka sadrži 24,76% sirove celuloze.

Rezultati oglada pokazuju da je uticaj tipa zemljišta na sadržaj sirove celuloze u ispitivanim krmnim biljkama bio značajan. Najveći prosečan sadržaj konstatovan je u biljkama poreklom sa fluvisola (21,21%). U ispitivanju **Najdenovske i sar.** (2007) lucerka, gajena na aluvijalnom zemljištu, sadržavala je 20,80% celuloze. Značajno niži sadržaj sirove celuloze imale su biljke sa vertisola (18,42%) i eutričnog kambisola (17,50%). U ogledu **Stevovića i sar.** (2007) na vertisolu, čiji je pH vrednost 5,1, sadržaj sirove celuloze lucerke u proseku je iznosio 30,00%, a crvene deteline 29,00%. **Stanisavljević i sar.** (2008) su zabeležili na smonici 26,22 % sirove celuloze u suvoj materiji lucerke.

Sadržaj sirove celuloze u biljkama sa humofluvosola (16,40%) i černoze (15,98%) je bio značajno niži u odnosu na sva prethodno nabrojana zemljišta, dok je najniži sadržaj zabeležen u biljkama sa humogleja (14,95%). U istraživanju **Milića et al.** (2011) sadržaj celuloze u biljkama lucerke na černozeu je u proseku iznosio 30,20%. U petogodišnjem ispitivanju **Katića i sar.** (2004) sadržaj sirove celuloze u lucerki na černozeu u prvom otkosu u proseku je iznosio 23,85%.

Najveći sadržaj sirove celuloze u suvoj masi lucerke je zabeležen na fluvisolu i iznosio je 21,70%. Značajno niži sadržaj celuloze imala je lucerka na vertisolu (19,34%) i eutričnom kambisolu (18,61%). Biljke lucerke poreklom sa humofluvisola, černoze i humogleja imale su najniži sadržaj sirove celuloze, koji je bio za 3,41% u proseku niži u odnosu na rezultate sa ostalih tipova zemljišta, što predstavlja statistički značajnu razliku.

Između biljka crvene deteline, poreklom sa različitih tipova zemljišta, razlike u sadržaju sirove celuloze su bile statistički značajne. Najveći sadržaj sirove celuloze u suvoj masi imale su biljke na fluvisolu (20,72%), dok je najmanji sadržaj konstatovan na humogleju (14,20%).

Plodnost zemljišta je imala uticaja na sadržaj sirove celuloze u ispitivanim biljkama. U proseku oba krmna useva najmanji sadržaj ostvaren je na zemljištima vrlo visoke (15,28%) i visoke plodnosti (16,24%). Značajno niži sadržaj imale su biljke na

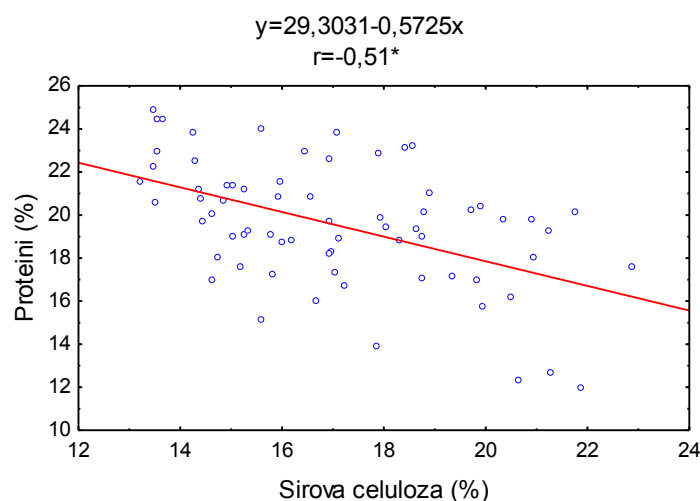


zemljištu srednje (18,10%) i niske plodnosti (17,93%), što se može objasniti većim udelom lisne površine na zemljištima bolje obezbeđenim hranljivim materijama i povoljnije pH vrednosti. U ispitivanju **Bijelić** (2009) đubrenje je u proseku dovelo do smanjenja sadržaja sirove celuloze u suvoj materiji krme, tako da se najvećim sadržajem odlikuju tretmani bez N, a najmanjima tretmani sa 210 kg/ha. **Stringer et al.** (1996) takođe u svojim istraživanjima kvaliteta lucerkine smeše pod uticajem đubrenja N navode da đubrenje smanjuje sadržaj sirove celuloze u suvoj materiji krme. To smanjenje se kreće od 11-16 g/kg suve materije.

Što se tiče lucerke, najviše celuloze je imala na zemljištu niske plodnosti (20,79%), a značajno niži sadržaj zabeležen je na ostalim zemljištima.

Biljke crvene deteline su, takođe, veći sadržaj sirove celuloze imale na manje plodnim zemljištima, a manji na zemljištima visoke i vrlo visoke plodnosti.

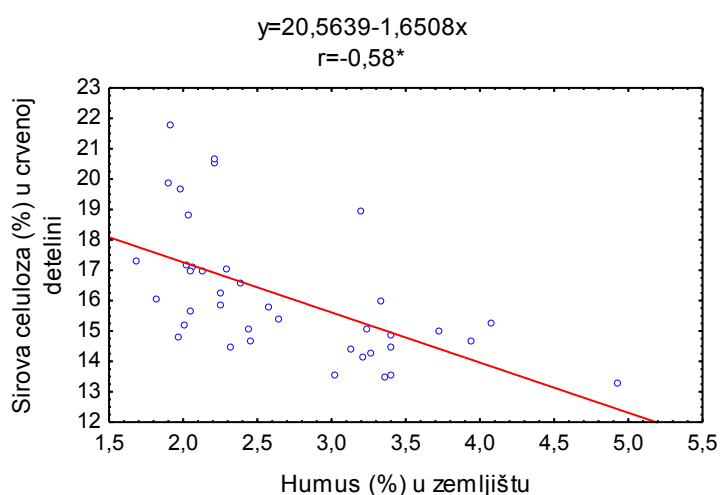
Korelacionom analizom konstatovana je značajna negativna veza između sadržaja sirove celuloze i proteina u krmnim biljkama ( $r=-0,51^*$ ) (grafikon 17). Sadržaj sirovih proteina je u negativnoj genetičkoj korelaciji sa sadržajem sirove celuloze i prema ispitivanju **Katića** (2001), a koeficijent je iznosio  $r=-0,62$ .



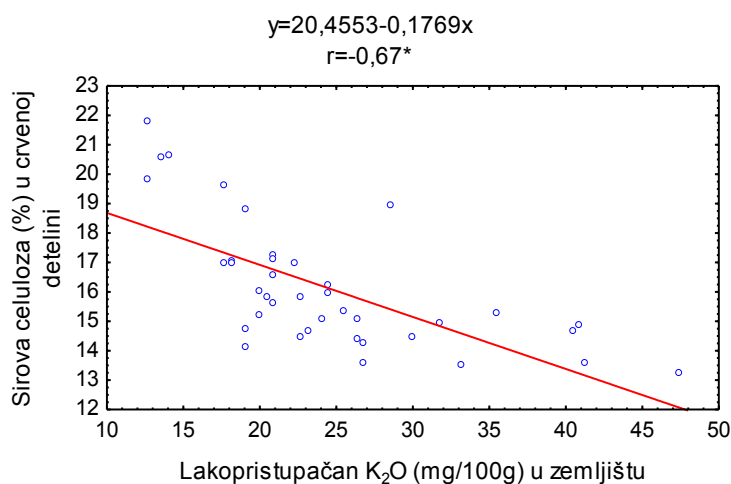
Grafikon 17. Zavisnost sadržaja sirove celuloze (%) i proteina (%) u suvoj materiji krmnih biljaka

Konstatovana je značajna negativna korelaciona veza između sadržaja celuloze u crvenoj detelini i humusa u zemljištu ( $r=-0,58^*$ ). Regresionom analizom utvrđena je statistički značajna prosečna promena sadržaja celuloze u biljkama, koja nastaje pri

promeni sadržaja humusa u zemljištu (grafikon 18). Regresioni koeficijent pokazuje da se sadržaj celuloze u biljkama smanji za 1,65% kada se sadržaj humusa u zemljištu poveća za jednu jedinicu. Prisustvo većih količina humusa u zemljištu pretpostavlja i veći sadržaj azota. U ispitivanju **Tomić i sar.** (2010) kod čistog useva lucerke javlja se depresija u sadržaju sirove celuloze u suvoj materiji krme na tretmanima sa većim sadržajem azota. U ogledu na prirodnim livadama tipa *Agrostis-Capillaris-Festuca fallax* u Rodopskim planinama povećavanjem količina N, P i K smanjivao se sadržaj celuloze u biljkama (**Kozhouharov and Lingorski, 2012**).

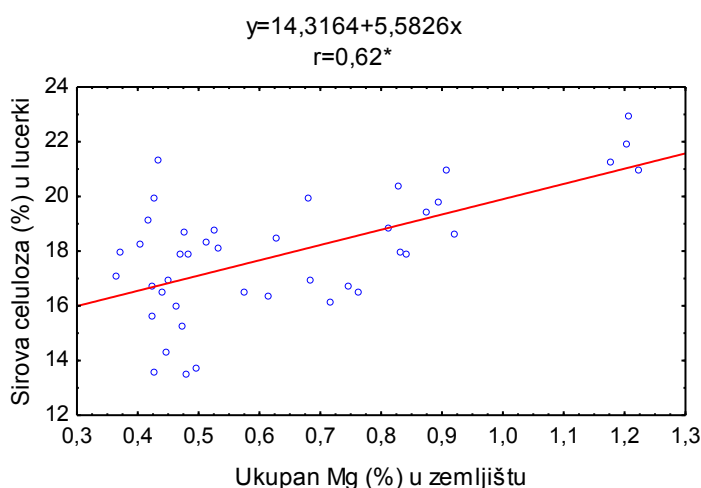


Grafikon 18. Zavisnost sadržaja sirove celuloze (%) u suvoj materiji crvene deteline od sadržaja humusa u zemljištu (mg/100g zemljišta)



Grafikon 19. Zavisnost sadržaja sirove celuloze (%) u suvoj materiji crvene deteline od sadržaja lakopristupačnog kalijuma u zemljištu (mg/100g zemljišta)

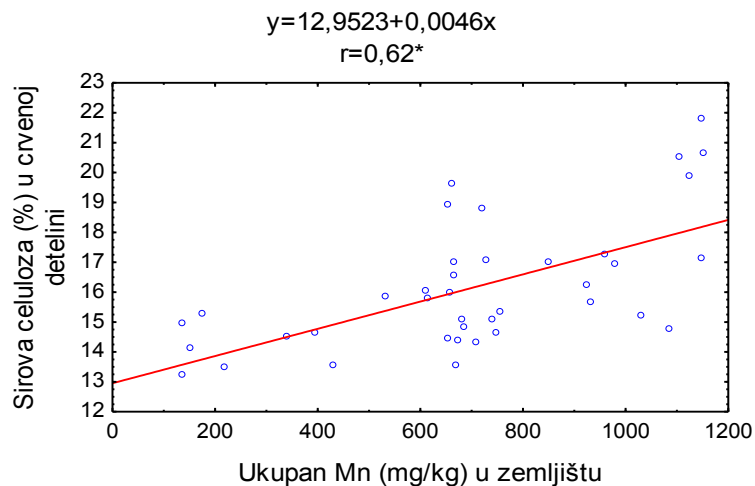
Korelacionom analizom konstatovana je značajna negativna veza između sadržaja celuloze u crvenoj detelini i sadržaja lakopristupačnog kalijuma u zemljištu ( $r=-0,67^*$ ), a regresionom analizom utvrđena je statistički značajna prosečna promena sadržaja celuloze u biljkama, koja nastaje pri promeni sadržaja lakopristupačnog kalijuma u zemljištu (grafikon 19). Regresioni koeficijent pokazuje da se sadržaj celuloze u biljkama smanji za 0,18% kada se sadržaj lakopristupačnog kalijuma u zemljištu poveća za jednu jedinicu. U ogledu na prirodnim livadama tipa *Agrostis-Capillaris-Festuca fallax* u Rodpskim planinama povećavanjem količina K smanjivao se sadržaj celuloze u biljkama (Kozhouharov and Lingorski, 2012).



Grafikon 20. Zavisnost sadržaja sirove celuloze (%) u suvoj materiji lucerke od ukupnog sadržaja Mg (%) u zemljištu

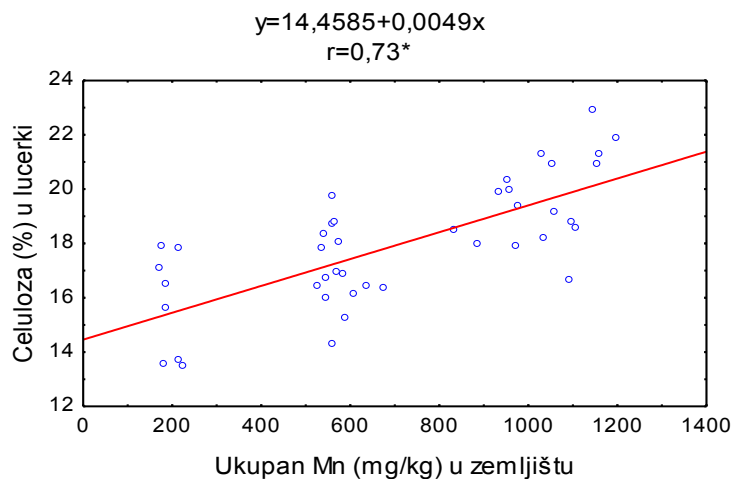
Korelacionom analizom konstatovana je značajna pozitivna veza između sadržaja celuloze u lucerki i ukupnog sadržaja Mg u zemljištu ( $r=0,62^*$ ), a regresionom analizom utvrđena je statistički značajna prosečna promena sadržaja celuloze u biljkama, koja nastaje pri promeni ukupnog sadržaja Mg u zemljištu (grafikon 20). Regresioni koeficijent pokazuje da se sadržaj celuloze u biljkama poveća za 5,58% kada se ukupan sadržaj Mg u zemljištu poveća za jednu jedinicu.

Značajna pozitivna korelaciona veza je konstatovana između sadržaja celuloze u biljkama i ukupnog sadržaja Mn u zemljištu. Regresionom analizom utvrđena je statistički značajna prosečna promena sadržaja celuloze u biljkama, koja nastaje pri promeni ukupnog sadržaja Mn u zemljištu (grafikon 21-22).



Grafikon 21. Zavisnost sadržaja sirove celuloze (%) u suvoj materiji crvene deteline od ukupnog sadržaja Mn (mg/kg) u zemljištu

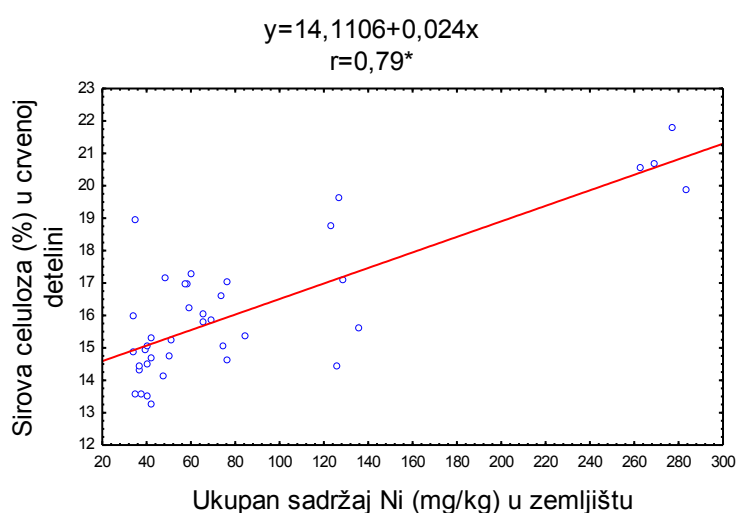
Regresioni koeficijent pokazuje da se sadržaj celuloze u crvenoj detelini povećava za 0,0046%, a u lucerki za 0,0049% kada se ukupan sadržaj Mn u zemljištu poveća za jednu jedinicu. Mangano u suvišku može nepovoljno da deluje na usvajanje N (**Ubavić i Bogdanović, 1995**), što može dovesti do smanjenja sadržaja proteina.



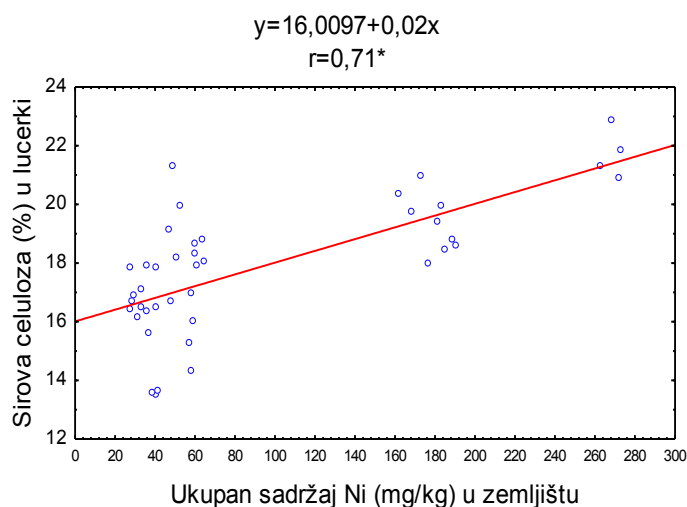
Grafikon 22. Zavisnost sadržaja sirove celuloze (%) u suvoj materiji lucerke od ukupnog sadržaja Mn (mg/kg) u zemljištu

Jaka pozitivna korelaciona veza konstatovana je između sadržaja celuloze u krmnim biljkama i ukupnog sadržaja Ni u zemljištu. Regresionom analizom utvrđena je statistički značajna prosečna promena sadržaja celuloze u biljkama, koja nastaje pri

promeni ukupnog sadržaja Ni u zemljištu (grafikon 23-24). Regresioni koeficijent pokazuje da se sadržaj celuloze u biljkama poveća za 0,024% u crvenoj detelini, te za 0,02% u lucerki kada se ukupan sadržaj Ni u zemljištu poveća za jednu jedinicu. Veće količine Ni u zemljištu imaju antagonističko dejstvo na usvajanje N (Singh *et al.*, 2011). Veće količine Ni smanjuju nodulaciju leguminoza tj. azotofiksaciju (McGrath and Brookes, 1988; Jarak *et al.*, 1997) i pogoršanje kvaliteta.

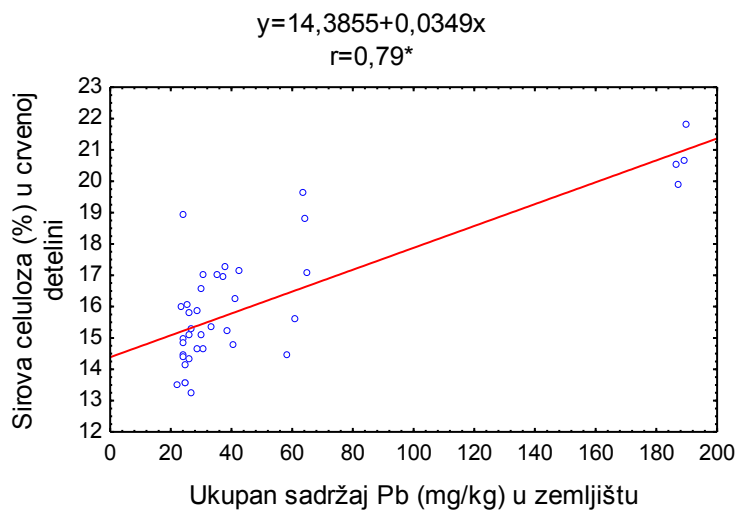


Grafikon 23. Zavisnost sadržaja sirove celuloze (%) u suvoj materiji crvene deteline od ukupnog sadržaja Ni (mg/kg) u zemljištu

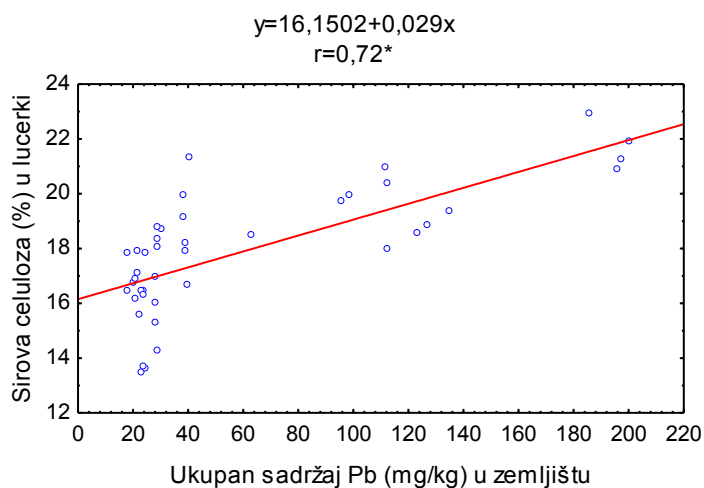


Grafikon 24. Zavisnost sadržaja sirove celuloze (%) u suvoj materiji lucerke od ukupnog sadržaja Ni (mg/kg) u zemljištu

Takođe, jaka pozitivna korelaciona veza između sadržaja celuloze u biljkama i ukupnog sadržaja Pb u zemljištu. Regresionom analizom utvrđena je statistički značajna prosečna promena sadržaja celuloze u biljkama, koja nastaje pri promeni ukupnog sadržaja Pb u zemljištu (grafikon 25-26).



Grafikon 25. Zavisnost sadržaja sirove celuloze (%) u suvoj materiji crvene deteline od ukupnog sadržaja Pb (mg/kg) u zemljištu



Grafikon 26. Zavisnost sadržaja sirove celuloze (%) u suvoj materiji lucerke od ukupnog sadržaja Pb (mg/kg) u zemljištu

Regresioni koeficijent pokazuje da se sadržaj celuloze u crvenoj detelini povećava za 0,0349%, a u lucerki za 0,029% kada se ukupan sadržaj Pb u zemljištu povećava za jednu jedinicu. Olovo redukuje broj i veličinu korenovih dlačica (**Singh et al.**, 2003), kao i ukupnu površinu lista, te aktivnost nitrat reduktaze (**Kastori i sar.**, 1997), što negativno utiče na udeo proteina i kvalitet. Olovo nepovoljno utiče na usvajanje K, P, Ca, Mg, Fe, Cu, Zn i Mn, čak i pri veoma niskim koncentracijama u hranljivom rastvoru  $10^{-8}$  M (**Kastori i sar.**, 1997).

Na manje plodnim zemljištima krmne biljke su sadržavale više celuloze. Ovi rezultati, kao i dosadašnja istraživanja, ukazuju da kvalitet krme, između ostalog, opada i sa smanjanjem plodnosti zemljišta. Lucerka je imala veći sadržaj celuloze u odnosu na crvenu detelinu, a razlika je posebno naglašena na zemljištima slabijeg kvaliteta. Na različitim tipovima zemljišta biljke su sadržavale različite količine sirove celuloze, najviše na fluvisolu, a najmanje na humogleju. Sadržaj celuloze u biljkama bio je u negativnoj korelaciji sa sadržajem proteina, te sadržajem humusa i lakopristupačnog kalijuma u zemljištu. U pozitivnoj korelacionoj vezi bio je sadržaj celuloze sa ukupnim sadržajem magnezijuma, mangana, nikla i olova u zemljištu.

### 7.3.3. Pepeo

Prosečan sadržaj pepela u suvoj masi lucerke i crvene deteline iznosio je 8,79% i bio je pod velikim uticajem heterogenosti tipova zemljišta (tabela 16). Najveći prosečan sadržaj pepela u biljkama lucerke i crvene deteline konstatovan je na zemljištu tipa humofluvisol (9,68%), černozeu (9,56%) i humogleju (9,38%). S obzirom da su glavni elementi koji formiraju pepeo Al, Ca, Fe, K, Mg, Na, P i Si (**Radojević i sar.**, 2010) više zastupljeni u černozeu, humofluvisolu i humogleju, i sadržaj pepela je bio veći u biljkama sa ovih zemljišta. U ispitivanju **Katića i sar.** (2009) na černozeu lucerka je imala u drugoj godini prosečan sadržaj pepela 10,81%. Na osnovu rezultata **Bijelić** (2009) sadržaj pepela lucerke varirao je od 8,65% do 9,65%. U ispitivanju **Vasiljević et al.** (2011) crvena detelina je ostvarila prosečan sadržaj pepela od 8,48% suve materije u prvom otkosu druge godine proizvodnje. **Dinić et al.** (1990, 1994, 2005) navode da sadržaj pepela u crvenoj detelini iznosi 10,30 -13,17%.

Značajno niži sadržaj pepela imale su biljke sa eutričnog kambisola (8,65%).

Tabela 16. Sadržaj pepela u suvoj materiji lucerke i crvene deteline u zavisnosti od krmnog useva, tipa i klasa plodnosti zemljišta (%).

Tip zemljišta	Krmni usev		Prosek
	Lucerka	Crvena detelina	
Černozem	9,52 b	9,61 ab	<b>9,56 A</b>
Vertisol	7,68 d	7,33 d	<b>7,54 C</b>
Eutrični kambisol	8,88 bc	8,46 c	<b>8,65 B</b>
Humofluvisol	10,32 a	8,95 bc	<b>9,68 A</b>
Fluvisol	7,26 d	6,96 d	<b>7,11 C</b>
Humoglej	9,29 b	9,47 b	<b>9,38 A</b>
<b>Prosek</b>			
Klase plodnosti			
Niska plodnost	8,38 ab	8,60 a	<b>8,53 BC</b>
Srednja plodnost	8,76 a	7,31 b	<b>8,28 C</b>
Visoka plodnost	9,08 a	9,24 a	<b>9,16 AB</b>
Vrlo visoka plodnost	9,97 a	9,40 a	<b>9,54 A</b>
<b>Prosek</b>	<b>8,93 A</b>	<b>8,64 A</b>	<b>8,79</b>

Tretmani označeni istim slovima nemaju statistički signifikantne razlike (Fisherov test na nivou značajnosti 0,05).

Najniži sadržaj zabeležen je vertisolu (7,54%) i fluvisolu (7,54%), između kojih nije bilo statistički značajnih razlika. U istraživanju **Najdenovske i sar.** (2007) sadržaj pepela u lucerki poreklom sa aluvijalnog zemljišta iznosio je 6,20%, što je niže u odnosu na dobijene rezultate sa našeg oglada. U ogledu **Stevovića i sar.** (2007) na smonici, čija je pH vrednost 5,1 i klasifikuje se kao kiselo zemljište, sadržaj pepela lucerke u proseku je iznosio 9,05%, a crvene deteline 10,01%. **Stanisavljević i sar.** (2008) su zabeležili na smonici 9,61% pepela u suvoj materiji lucerke.

Najveći sadržaj pepela u suvoj masi lucerke konstatovan je na humofluvisolu i iznosilo je 10,32%. Niži sadržaj pepela, u proseku za 0,91%, imala je lucerka na černozemu i humogleju. Značajno niži sadržaj u odnosu na rezultate sa humofluvisola imale su biljke crvene deteline sa eutričnog kambisola (8,88%), ali nije bilo statistički značajnih razlika u odnosu na černozem i humoglej. Najniži sadržaj pepela u lucerki zabeležen je na fluvisolu (7,26 %).

Crvena detelina je najveći sadržaj pepela ostvarila na černozemu (9,61%), a zatim na humogleju (9,47%) i humofluvisolu (8,95%), između kojih nije bilo značajnih

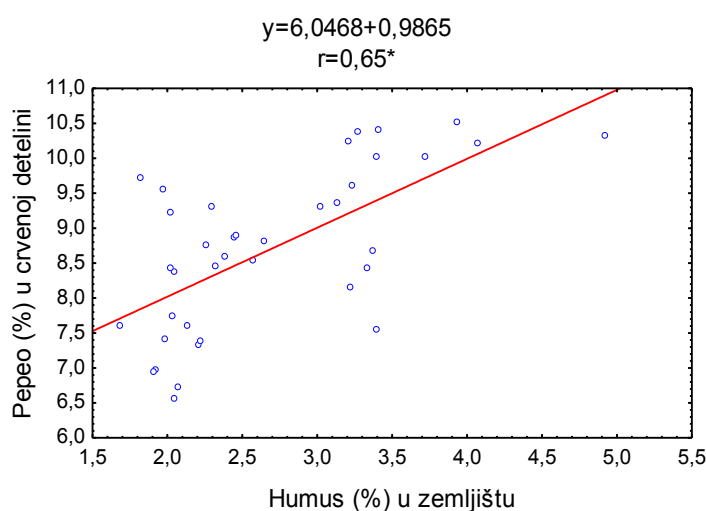


razlika. Niži sadržaj pepela konstatovan je na eutričnom kambisolu (8,46%), a nije se razlikovao samo od rezultata dobijenih sa humofluvisola. Biljke crvene deteline poreklom sa fluvisola imale su najniži sadržaj pepela (6,96 %).

Prosečan sadržaj pepela u suvoj materiji lucerke se kretao od 9,97% na zemljištu vrlo visoke plodnosti, do 8,38% na zemljištu niske plodnosti, ali ustanovljene razlike nisu bile statistički značajne. Kako u sastav pepela ne ulaze neke isparljive i sagorljive materije, koje takođe čine elemente plodnosti zemljišta, nije bilo značajnije povezanosti između sadržaja pepela u biljkama i plodnosti zemljišta.

Prema sadržaju pepela na zemljištima različite plodnosti, sa statističkom značajnošću, izdvojile su se biljke crvene deteline poreklom sa zemljišta srednje plodnosti, koje su imale za 1,77% niži sadržaj u odnosu na biljke sa ostalih zemljišta.

Korelacionom analizom konstatovana je značajna pozitivna veza između sadržaja pepela u crvenoj detelini i sadržaja humusa u zemljištu ( $r=0,65^*$ ), a regresionom analizom utvrđena je statistički značajna prosečna promena sadržaja pepela u biljkama koja nastaje pri promeni sadržaja humusa u zemljištu (grafikon 27). Regresioni koeficijent pokazuje da se sadržaj pepela u biljkama poveća za 0,99% kada se sadržaj humusa u zemljištu poveća za jednu jedinicu. Prema tome, sadržaj pepela u biljkama biće veći na zemljištima sa većim sadržajem humusa, s obzirom da humus predstavlja izvor hranljivih elemenata za biljke (Ubavić i Bogdanović, 1995).

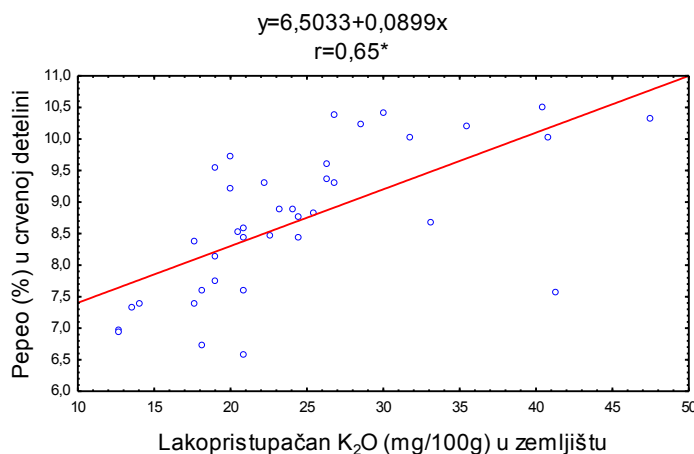


Grafikon 27. Zavisnost sadržaja pepela (%) u suvoj materiji crvene deteline od sadržaja humusa (%) u zemljištu

Osim toga, humus ima stimulatívni efekat na povećanje biomase i usvajanje makroelemenata (**Chen and Aviad**, 1990).

Između lucerke i crvene deteline, u proseku, nije bilo značajne razlike u pogledu ovog kvalitativnog pokazatelja. Takođe, ni u okviru svakog pojedinačnog tipa zemljišta nije bilo razlika, s izuzetkom humofluvisola, gde su biljke lucerke imale značajno viši sadržaj pepela u odnosu na crvenu detelinu. Prema **Vučkoviću** (2000) prosečan sadržaj pepela u suvoj materiji crvene deteline iznosi 7,90%, a prema ispitivanju **Vasiljević i sar.** (2011) 8,07%, dok je sadržaj u lucerki 7,91% (**Milić et al.**, 2011).

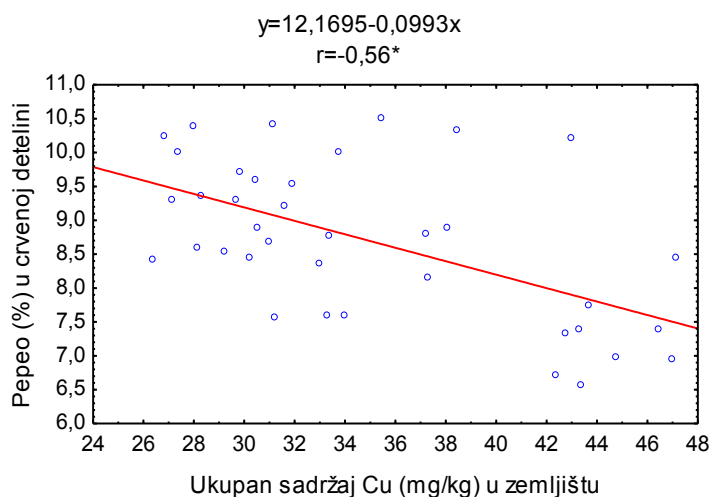
Korelacionom analizom konstatovana je značajna pozitivna veza između sadržaja pepela u crvenoj detelini i sadržaja lakopristupačnog kalijuma u zemljištu ( $r=0,65^*$ ), a regresionom analizom utvrđena je statistički značajna prosečna promena sadržaja pepela u biljkama, koja nastaje pri promeni sadržaja lakopristupačnog kalijuma u zemljištu (grafikon 28). Regresioni koeficijent pokazuje da se sadržaj pepela u biljkama poveća za 0,09% kada se sadržaj lakopristupačnog K u zemljištu poveća za jednu jedinicu. S obzirom da je K jedan od glavnih konstituenata pepela (**Radojević i sar.**, 2010), povećanjem sadržaja biljkama pristupačnog K veće je i usvajanje.



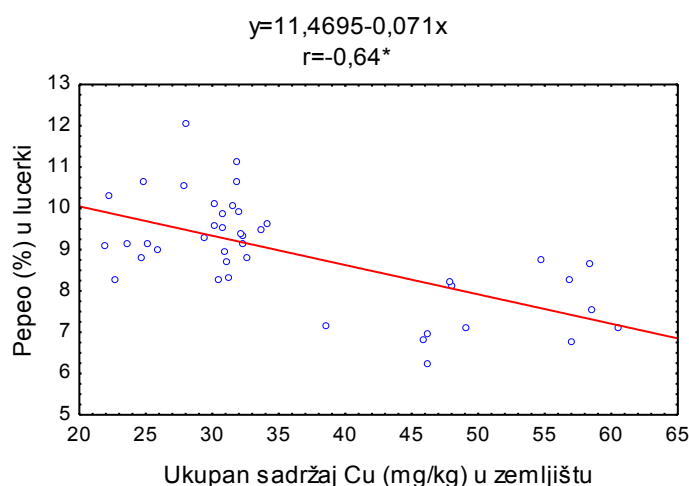
Grafikon 28. Zavisnost sadržaja pepela (%) u suvoj materiji crvene deteline od sadržaja lakopristupačnog kalijuma u zemljištu (mg/100g zemljišta)

Konstatovana je značajna negativna korelaciona veza između sadržaja pepela u krmnim biljkama i ukupnog sadržaja Cu u zemljištu. Regresionom analizom utvrđena je statistički značajna prosečna promena sadržaja pepela u biljkama, koja nastaje pri promeni ukupnog sadržaja Cu u zemljištu (grafikon 29-30). Regresioni koeficijent

pokazuje da se sadržaj pepela u crvenoj detelini smanji za 0,099%, a u lucerki za 0,071% kada se ukupan sadržaj Cu u zemljištu poveća za jednu jedinicu. Bakar u suvišku može negativno da utiče na usvajanje drugih elemenata, koji čine elemente pepela. Negativan uticaj Cu na stabilnost sadržaja K u biljkama zapazio je **Younis** (2007) u ogledu sa rastućim količinama teških metala.



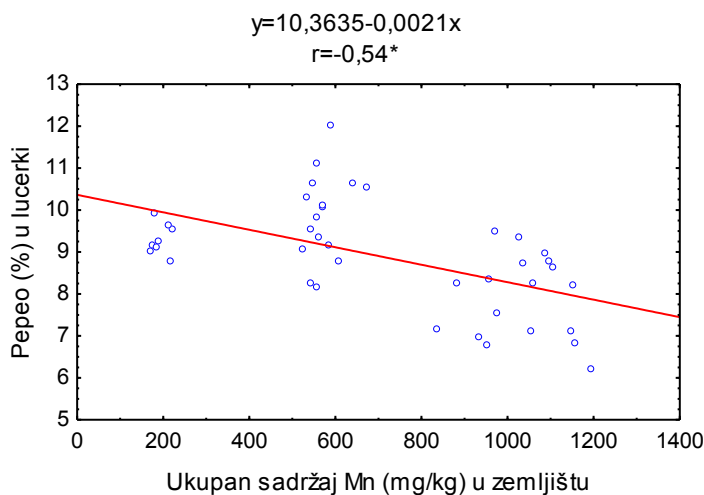
Grafikon 29. Zavisnost sadržaja pepela (%) u suvoj materiji crvene deteline od ukupnog sadržaja Cu (mg/kg) u zemljištu



Grafikon 30. Zavisnost sadržaja pepela (%) u suvoj materiji lucerke od ukupnog sadržaja Cu (mg/kg) u zemljištu

U korenu kukuruza progresivno smanjuje koncentraciju Ca i Fe, a u manjoj meri deluje i na usvajanje K (**Ouzounidou et al.**, 1995; **Kastori**, 1997). Bakar inhibira rast i aktivnost mikroorganizama, što se negativno odražava na nodulaciju i azotofiksaciju

(Khan and Scullion, 2002; Lakzian *et al.*, 2002). Lanaras *et al.* (1993) su na osnovu sadržaja ukupnog, rastvorljivog i proteinskog N utvrdili da Cu pri većim koncentracijama u hranljivom supstratu inhibira usvajanje N.

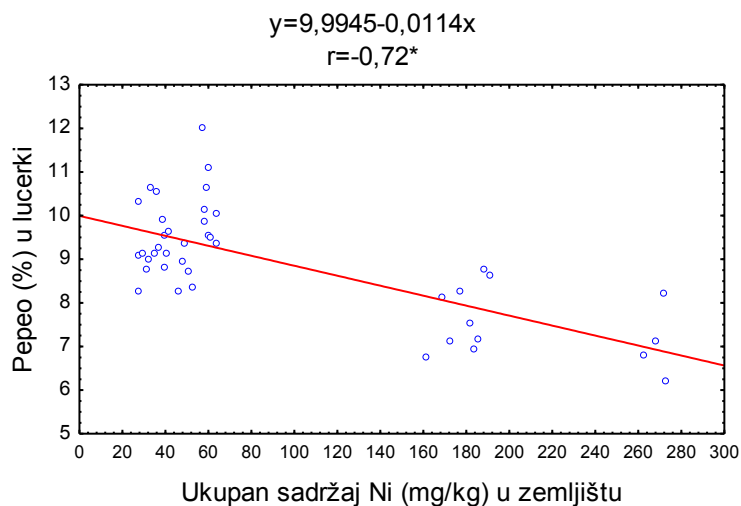


Grafikon 31. Zavisnost sadržaja pepela (%) u suvoj materiji lucerke od ukupnog sadržaja Mn (mg/kg) u zemljištu

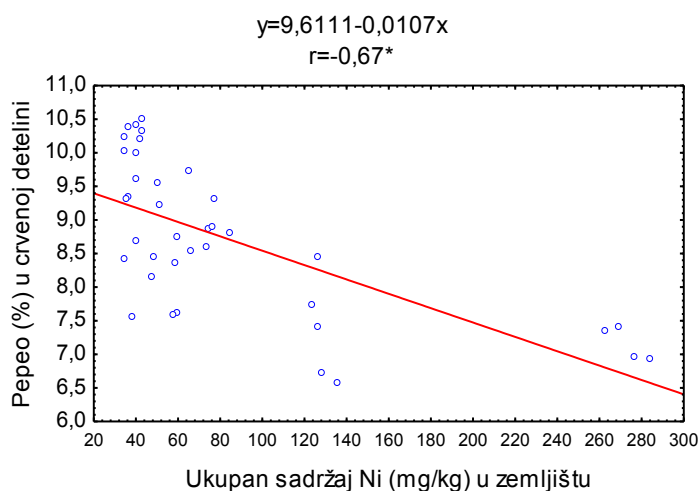
Korelacionom analizom konstatovana je značajna negativna veza između sadržaja pepela u lucerki i ukupnog sadržaja Mn u zemljištu. Regresionom analizom utvrđena je statistički značajna prosečna promena sadržaja pepela u biljkama, koja nastaje pri promeni ukupnog sadržaja Mn u zemljištu (grafikon 31). Regresioni koeficijent pokazuje da se sadržaj pepela smanji za 0,0021% u lucerki kada se ukupan sadržaj Mn u zemljištu poveća za jednu jedinicu. Mangan u suvišku može nepovoljno da deluje na usvajanje K, P i Ca, koji su elementi pepela (Ubavić i Bogdanović, 1995). Takođe nepovoljno deluje na usvajanje Fe i Mg (Millaleo *et al.*, 2010).

Takođe, konstatovana je značajna negativna veza između sadržaja pepela u crvenoj detelini i ukupnog sadržaja Ni u zemljištu ( $r=-0,67$ ). Između sadržaja pepela u lucerki (%) i ukupnog sadržaja Ni u zemljištu korelaciona veza je bila jaka i negativnog smera ( $r=-0,72$ ). Regresionom analizom utvrđena je statistički značajna prosečna promena sadržaja pepela u biljkama, koja nastaje pri promeni ukupnog sadržaja Ni u zemljištu (grafikon 32-33). Regresioni koeficijent pokazuje da se sadržaj pepela u biljkama smanji za 0,0107% u crvenoj detelini, a za 0,0114% u lucerki kada se ukupan sadržaj Ni u zemljištu poveća za jednu jedinicu. U ogledu sa rastućim dozama Ni Abdel

–**Sabour** (1991) je zapazio opadanje sadržaja suve materije u biljkama crvene deteline pri koncentraciji Ni većoj od 50 mg/kg u glinovitom, a preko 10 mg/kg u peskovitom zemljištu. Nikl inhibira usvajanje Ca, Mg, Fe, Zn, Mn i Cu, kao i njihov transport iz korena u nadzemne organe (**Aller et al.** 1990; **Tang and Miller**, 1991). **Petrović i sar.** (2005) su konstatovali negativan uticaj najviših doza Ni (120 g/ha) na usvajanje P, K, Mg i Cu.



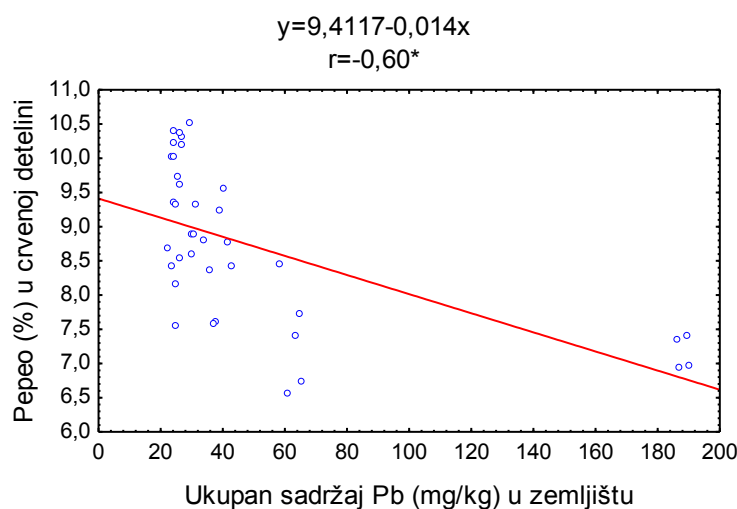
Grafikon 32. Zavisnost sadržaja pepela (%) u suvoj materiji lucerke od ukupnog sadržaja Ni (mg/kg) u zemljištu



Grafikon 33. Zavisnost sadržaja pepela (%) u suvoj materiji crvene deteline od ukupnog sadržaja Ni (mg/kg) u zemljištu

Značajna negativna korelaciona veza konstatovana je između sadržaja pepela u crvenoj detelini i ukupnog sadržaja Pb u zemljištu ( $r=-0,60^*$ ). Regresionom analizom

utvrđena je statistički značajna prosečna promena sadržaja pepela u biljkama, koja nastaje pri promeni ukupnog sadržaja Pb u zemljištu (grafikon 34). Regresioni koeficijent pokazuje da se sadržaj pepela u biljkama smanji za 0,014% kada se ukupan sadržaj Pb u zemljištu poveća za jednu jedinicu. Olovo nepovoljno utiče na usvajanje K, P, Ca, Mg, Fe, Cu, Zn i Mn, čak i pri veoma niskim koncentracijama u hranljivom rastvoru  $10^{-8}$  M (Kastori i sar., 1997).



Grafikon 34. Zavisnost sadržaja pepela (%) u suvoj materiji crvene deteline od ukupnog sadržaja Pb (mg/kg) u zemljištu

Smanjenje sadržaja K i Ca u biljkama suncokreta povećanjem količine Pb u hranljivom rastvoru konstatovali su **Azad et al.** (2011). U ogledu sa rastućim dozama Pb 0-100  $\mu$ M Pb u hranljivom rastvoru zabeleženo je smanjenje sadržaja K u biljkama *Vallisneria natans* (**Wang et al.**, 2011).

Nije bilo značajnije povezanosti između sadržaja pepela u biljkama i plodnosti zemljišta, kao ni razlike između lucerke i crvene deteline u pogledu njegovog sadržaja. Rezultati drugih autora takođe ukazuju na gotovo jednak sadržaj pepela u ispitivanim krmnim biljkama. S obzirom da su glavni elementi koji formiraju pepeo više zastupljeni u černozemu, humofluvisolu i humogleju, i sadržaj pepela je bio veći u biljkama sa ovih zemljišta. Sadržaj pepela u biljkama bio je u pozitivnoj korelaciji sa sadržajem humusa i lakopristupačnog kalijuma u zemljištu, a negativna korelacija je zabeležena sa ukupnim sadržajem bakra, mangana, nikla i olova.

### 7.3.4. Nitrati

Suviše visok sadržaj azota u zemljištu može negativno uticati na kvalitet krme, jer se povećanjem količine usvojivog azota u zemljišnom rastvoru, povećava i usvajanje nitrata u biljkama, što dovodi do njihovog nagomilavanja u biljnim tkivima (**Petrović**, 2003; **Thomet *et al.***, 2008). Sadržaj nitrata u biljkama je u direktnoj zavisnosti od sadržaja nitrata u zemljištu (**Ilin**, 2000). Međutim, i mnogi drugi faktori podstiču preterano nagomilavanje nitrata u krmi: vlaga, zemljišni uslovi, vrsta biljke i stres (suša i niske temperature), deficit sumpora ili fosfora, molibdena (**Stoltenow and Lardy**, 1998).

U ovom ispitivanju prosečan sadržaj nitrata u biljkama iznosio je 171,50 mg/kg, a značajno se razlikovao između pojedinih tipova zemljišta (tabela 17). Najveći prosečan sadržaj nitrata imale su biljke sa vertisola (287,00 mg/kg). Značajno niža koncentracija nitrata je konstatovana u biljkama sa fluvisola (220,15 mg/kg). Još niži sadržaj nitrata konstatovan je na humofluvisolu, černozemu i humogleju.

Tabela 17. Sadržaj nitrata u suvoj materiji lucerke i crvene deteline u zavisnosti od krmnog useva, tipa i klasa plodnosti zemljišta (mg/kg).

Tip zemljišta	Krmni usev		Prosek
	Lucerka	Crvena detelina	
Černozem	103,50 e	219,15 b	<b>161,32 C</b>
Vertisol	290,00 a	284,00 a	<b>287,00 A</b>
Eutrični kambisol	77,06 e	89,75 e	<b>85,52 D</b>
Humofluvisol	200,00 bc	158,00 cd	<b>172,00 BC</b>
Fluvisol	225,60 b	214,70 b	<b>220,15 B</b>
Humoglej	227,00 b	128,15 de	<b>161,10 C</b>
<b>Klase plodnosti</b>			
Niska plodnost	151,33 abc	60,50 bc	<b>121,05 B</b>
Srednja plodnost	200,50 abc	133,00 bc	<b>155,50 B</b>
Visoka plodnost	33,00 c	169,10 abc	<b>135,07 B</b>
Vrlo visoka plodnost	245,00 a	294,50 a	<b>269,75 A</b>
<b>Prosek</b>	<b>175,24 A</b>	<b>168,88 B</b>	<b>171,50</b>

Tretmani označeni istim slovima nemaju statistički signifikantne razlike (Fisherov test na nivou značajnosti 0,05).

Najmanji sadržaj nitrata je zabeležen u biljkama sa eutričnog kambisola (85,52 mg/kg).

Lucerka je najveći sadržaj nitrata imala na vertisolu (290,00 mg/kg). Značajno niži sadržaj nitrata lucerka je imala na humofluvisolu, fluvisolu i humogleju u proseku za 72,47 mg/kg. Najniži sadržaj nitrata bio je u biljkama lucerke gajenim na eutričnom kambisolu (77,06 mg/kg) i černozemu (103,50 mg/kg). Eutrični kambisol je u odnosu na ostala ispitivna zemljišta imao najmanji sadržaj azota i najnižu pH vrednost (4,14-5,26). U kiselim zemljištima mineralizacija organskog azota se odvija do obrazovanja  $\text{NH}_4\text{-N}$ , a nitrifikacija usporeno, zbog osetljivosti nitratnih bakterija na nisku pH vrednost. U kiselim zemljištima se zato proces nitrifikacije završava na prvoj fazi tj. do obrazovanja  $\text{NO}_2\text{-N}$  (nitritacija) (**Black**, 1968), pa su manje količine  $\text{NO}_3\text{-N}$  u zemljištu, što direktno utiče na sadržaj nitrata u biljkama. Černozem je uprkos sredenjoj obezbeđenosti azotom u biljkama imao nizak sadržaj nitrata, što je verovatno posledica đubrenja ili uticaja ekoloških faktora.

Crvena detelina je najveću koncentraciju nitrata imala na vertisolu (284,00 mg/kg), dok je za 67,07 mg/kg manji sadržaj nitrata, u proseku, bio na černozemu i fluvisolu. Značajno niži sadržaj bio je na humofluvisolu (158,00 mg/kg), dok su najniži sadržaj imale biljke crvene deteline na humogleju (128,15 mg/kg) i eutričnom kambisolu (89,75 mg/kg).

Plodnost zemljišta imala je uticaj na prosečan sadržaj nitrata u biljkama, te su na zemljištima vrlo visoke plodnosti biljke sadržavale 132,54 mg/kg više nitrata u odnosu na ostale klase plodnosti zemljišta. Na plodnijim zemljištima veći sadržaj azota u zemljištu dovodi do povećanja sadržaja nitratnog jona, a time i intenzivnijeg usvajanja od strane biljaka. **Jeremić i Stošić** (1981) utvrdili su da u smeši lucerke i livadskog vijuka (70:30) sadržaj nitratnog azota raste sa povećanjem doze azota u ishrani. Sa 30 kgN/ha sadržaj nitratnog azota iznosi 19 mg/100g, zatim kod 90 kgN/ha sadržaj se povećava na 24 mg/100g, a đubrenjem sa 180 kgN/ha na 30 mg/100g.

Kod lucerke je signifikantna razlika u sadržaju nitrata zabeležena samo između biljaka sa zemljišta visoke (33,00 mg/kg) i vrlo visoke plodnosti (245,00 mg/kg).

Crvena detelina je značajno veći sadržaj nitrata imala na zemljištima vrlo visoke plodnosti (294,50 mg/kg) u odnosu na zemljišta niske (60,50 mg/kg) i srednje plodnosti (133,00 mg/kg).



U proseku celog ogleda, lucerka (175,24 mg/kg) je akumulirala više nitrata u odnosu na crvenu detelinu (168,88 mg/kg), što je bilo i očekivano, s obzirom da lucerka ima veoma razgranat korenov sistem, koji dopire duboko u zemljište. U ogledima sa rastućim dozama azota primenjenim u lucerištu: 0, 112 i 224 kg/ha N, sadržaj nitrata je rastao sa povećanjem količine primenjenog azota (**Chase et al.**, 1976). Na osnovu rezultata **Bijelić** (2009) sadržaj nitrata u lucerki varirao je od 1042-1834 mg/kg. Ispitivanjem sadržaja  $\text{NO}_3^-$  u stočnoj hrani **Marinković i Grčić** (1993) su zaključili da se sadržaj nitrata u senu lucerke 0-1700 mg/kg.

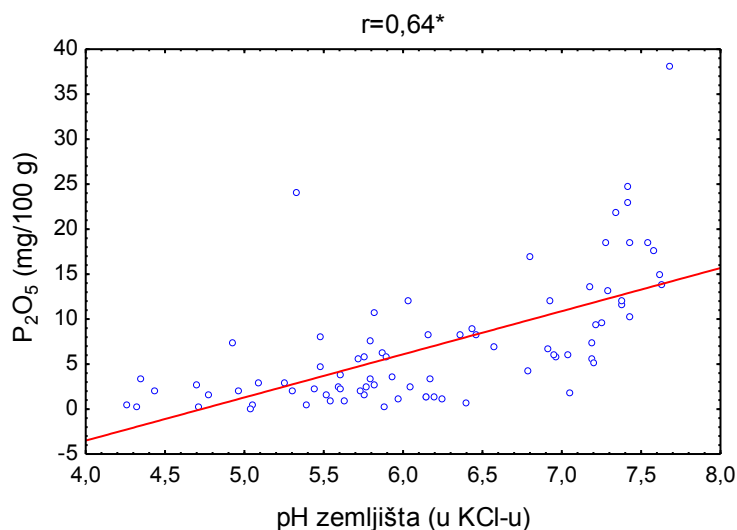
U Republici Srbiji nije zakonom regulisan kvalitet stočne hrane s aspekta sadržaja nitrata, ali u literaturi postoje različiti podaci o potencijalno opasnim koncentracijama. Kakav će biti uticaj povećanog sadržaja na životinje zavisi već i od zdravstvenog stanja životinje, starosti, ishrane, izloženosti stresovima i povredama (**Wright and Davison**, 1964 cit. po **MacKown and Weik**, 2004). Agronomy Research Council je još 1980. godine, u Velikoj Britaniji, potvrdio da se koncentracije nitrata od 3000-5000 mg/kg suve materije moraju smatrati potencijalno opasnim i izbegavati kod određenih grupa životinja kao što je bremenita stoka zbog abortusa (**Shiel et al.**, 1999). U Sjedinjenim Američkim Državama veoma je širok spektar ograničenja u zavisnosti od regiona. Tako u nekim državama koncentracija nitrata  $>9000$  mg/kg se smatra toksičnim za životinje, a u nekim tek koncentracija od  $>15\ 000$  mg/kg suve materije (**Hartwig and Barnhart**, 2001).

Prema **Stoltenow and Lardy** (1998) koncentracija  $\text{NO}_3^-$  u krmi do 6500 mg/kg može se smatrati bezbednom za upotrebu. Ako su koncentracije nitrata u krmi od 6500-20.000 mg/kg mora se voditi računa prilikom ishrane životinja da im se u obrok dodaje još neka koncentrovana hrana bez nitrata. Sadržaj iznad 20.000 mg/kg treba izbegavati jer je toksičan za životinje. **Adams et al.** (1992) navode da koncentracije nitrata od 1-3% suve materije mogu da izazovu akutna trovanja kod životinja i smatraju se opasnim.

Lucerka je akumulirala više nitrata u odnosu na crvenu detelinu, što je konstatovano i u drugim istraživanjima, s obzirom da lucerka ima veoma razgranat korenov sistem, koji dopire duboko u zemljište i usvaja nitrate iz dubljih slojeva zemljišta. Na plodnijim zemljištima veći sadržaj azota u zemljištu dovodi do povećanja sadržaja nitrarnog jona, a time i intenzivnijeg usvajanja od strane biljaka, a navedenu pravilnost su zapazili i drugi autori.

### 7.3.5. Fosfor

**Fosfor** je limitirajući faktor prinosa i kvaliteta lucerke i crvene deteline, s obzirom na njihove velike zahteve u pogledu ishrane ovim elementom, koji su nešto manji od zahteva za kalijumom. Na usvajanje fosfora od strane biljaka, pored genotipa, utiče i sadržaj lakopristupačnog fosfora, koji je znatno manji od ukupnog, a zavisi od pH zemljišta i sadržaja gline (Ubavić i Bogdanović, 1995). Sa povećanjem pH vrednosti povećava se pristupačnost fosfora, a pri visokim vrednostima preovlađuju fosfati kalcijuma, koji su rastvorljiviji od fosfata seskvioksida (Fe i Al). Korelacionom analizom konstatovana je značajna pozitivna veza između sadržaja lakopristupačnog fosfora i pH vrednosti zemljišta ( $r=0,64^*$ ), (grafikon 35). Pri veoma niskim vrednostima pH fosfor obrazuje sa Al i Fe slabo rastvorljiva jedinjenja (Jensen, 2010). Optimalne vrednosti pH zemljišta sa aspekta pristupačnosti fosfora se nalaze u intervalu od 6 do 7, dok vrednosti  $< 5,5$  i iznad  $>7,3$  dovode do velike redukcije pristupačnosti P (Busman *et al.*, 2002).



Grafikon 35. Zavisnost sadržaja lakopristupačnog fosfora u zemljištu (mg/100 g zemljišta) od pH vrednosti zemljišta.

Prema sadržaju lakopristupačnog fosfora (6,92 mg/100 g) zemljišta su u proseku bila siromašna (tabela 18). Najbolje obezbeđena zemljišta su bila humofluvisol (14,16 mg/100 g) i černozem (10,35 mg/kg), koja su bila srednje siromašna. Prema Škoriću (1986) ukupan sadržaj fosfora u černozemu je 0,1-0,3%, dok je količina fiziološki aktivnog znatno manja.

Tabela 18. Sadržaj lakopristupačnog fosfora u zemljištu ispitivanih lokaliteta u zavisnosti od krmnog useva, tipa i dubine zemljišta (mg/100 g).

Tip zemljišta	Dubina (cm)	Krmni usev		Prosek
		Lucerka	Crvena detelina	
Černozem	0-30	19,80	11,56	15,95 a
	30-60	7,06	2,10	4,75 bc
	Prosek	<b>13,43 b</b>	<b>6,83 bcd</b>	<b>10,35 AB</b>
Vertisol	0-30	3,63	4,37	3,93 bc
	30-60	1,17	1,88	1,45 bc
	Prosek	<b>2,40 cd</b>	<b>3,12 cd</b>	<b>2,69 CD</b>
Eutrični kambisol	0-30	3,45	0,63	1,93 bc
	30-60	1,13	0,24	0,65 c
	Prosek	<b>2,29 c</b>	<b>0,44 d</b>	<b>1,29 D</b>
Humofluvisol	0-30	2,89	26,44	14,66 a
	30-60	2,51	24,80	13,66 a
	Prosek	<b>2,70 cd</b>	<b>25,62 a</b>	<b>14,16 A</b>
Fluvisol	0-30	2,38	2,28	2,33 bc
	30-60	2,05	1,45	1,75 bc
	Prosek	<b>2,21 cd</b>	<b>1,86 cd</b>	<b>2,04 CD</b>
Humoglej	0-30	7,61	11,13	9,48 ab
	30-60	2,10	8,32	5,39 bc
	Prosek	<b>4,86 cd</b>	<b>9,73 bc</b>	<b>7,44 BC</b>
<b>Prosek</b>	0-30	7,10 ab	10,54 a	8,78 a
	30-60	2,77 b	7,48 ab	5,07 b
		<b>4,93 B</b>	<b>9,01 A</b>	<b>6,92</b>

Tretmani označeni istim slovima nemaju statistički signifikantne razlike (Fisherov test na nivou značajnosti 0,05).

U ispitivanju sadržaja lakopristupačnog fosfora u zemljištima Vojvodine **Vasin i sar.** (2006) konstatovali su da samo trećina uzoraka zemljišta pripada klasi sa optimalnim sadržajem fosfora za većinu ratarskih i povrtarskih biljaka. Šestina uzoraka zemljišta (16,8 %) pripada klasama sa vrlo siromašnim i siromašnim sadržajem, dok oko 10% pripada klasama sa štetnim i toksičnim sadržajem ovog makrohraniva. **Bogdanović i sar.** (1993) su utvrdili da je na černozemu od ukupnog broja uzoraka u 72,00% bilo 15-50 mg/100 g zemljišta, u 22,50% je bilo 5-15 mg/100 g zemljišta, a svega 6,00% uzoraka je imalo sadržaj preko 50 mg/100 g zemljišta.

Značajno niži sadržaj lakopristupačnog fosfora u odnosu na humofluvisol bio je u humogleju, koji je imao nizak nivo obezbeđenosti, što je u skladu sa dosadašnjim istraživanjima (**Škorić**, 1986), ali nije bilo razlike u odnosu na černoziem. Sadržaj fosfora u humogleju u ispitivanju **Belića i sar.** (2011) iznosio je 14,09 mg/100g.

Zemljište pod usevom crvene deteline imalo je u proseku 4,08 mg/100 g veći sadržaj lakopristupačnog fosfora u odnosu na zemljište pod usevom lucerke. U okviru pojedinačnih tipova zemljišta signifikantno veći sadržaj je bio u eutričnom kambisolu pod usevom lucerke i u humofluvisolu pod usevom crvene deteline.

Sadržaj lakopristupačnog fosfora bio je veći u proseku u površinskom sloju za 3,71 mg/100 g u odnosu na dublji sloj zemljišta, što predstavlja značajnu razliku. U okviru pojedinačnih tipova zemljišta značajno veći sadržaj (za 11,20 mg/100 g) bio je u sloju 0-30 cm u odnosu na dublji sloj zemljišta. Sa dubinom sadržaj opada, što je posledica biološke akumulacije i unošenja đubriva (**Ubavić i Bogdanović**, 1995).

Prosečan sadržaj fosfora u suvoj materiji ispitivanih krmnih useva, na nivou čitavog ogleada, iznosio je 0,239% (tabela 19). Prema **Lukiću** (2000) u suvoj materiji ovih biljaka nalazi se u proseku 0,2-0,4% fosfora.

Kod vertisola (2,69 mg/100 g) i fluvisola (2,04 mg/100 g) sadržaj bio značajno niži u odnosu na oba prethodna tipa zemljišta. Smonice su inače slabije obezbeđene fosforom (**Škorić**, 1986). **Jelić et al.** (2010) u ispitivanju vertisola konstatovali su sadržaj lakopristupačnog fosfora od 5,20 mg/100g. Najslabije obezbeđeno zemljište je bilo eutrični kambisol sa prosečnim sadržajem 1,29 mg/100 g. Prema **Škoriću** (1986) eutrični kambisol ima dovoljno ukupnog fosfora, ali je malo fiziološki aktivnog.

Rezultati ogleada pokazuju da je uticaj tipa zemljišta na sadržaj fosfora u biljkama lucerke i crvene deteline bio značajan. Prema prosečnom sadržaju fosfora u ispitivanim krmnim usevima biljke gajene na različitim tipovima zemljišta su se podelile u dve grupe, koje su se statistički značajno razlikovale. Prvoj grupi, sa višim sadržajem fosfora, pripadaju biljke sa černoziema (0,259%), humogleja (0,262%) i vertisola (0,291%). Prema **Krstiću** (2012) lucerka je na černoziem ostvarila prosečan sadržaj fosfora od 0,18% u prvom otkosu druge godine proizvodnje. **Stanisavljević i sar.** (2008) su zabeležili na vertisolu 0,24 % fosfora u suvoj materiji lucerke.

Tabela 19. Sadržaj fosfora u suvoj materiji lucerke i crvene deteline u zavisnosti od krmnog useva, tipa i klasa plodnosti zemljišta (%).

Tip zemljišta	Krmni usev		Prosek
	Lucerka	Crvena detelina	
Černozem	0,263 ab	0,254 abc	<b>0,259 A</b>
Vertisol	0,311 a	0,277 ab	<b>0,291 A</b>
Eutrični kambisol	0,256 abc	0,144 e	<b>0,195 B</b>
Humofluvisol	0,244 bc	0,174 de	<b>0,209 B</b>
Fluvisol	0,204 cd	0,177 de	<b>0,191 B</b>
Humoglej	0,273 ab	0,250 bc	<b>0,262 A</b>
<b>Klase plodnosti</b>			
Niska plodnost	0,245 ab	0,143 c	<b>0,177 B</b>
Srednja plodnost	0,246 ab	0,218 b	<b>0,234 A</b>
Visoka plodnost	0,289 a	0,237 b	<b>0,265 A</b>
Vrlo visoka plodnost	0,273 ab	0,220 b	<b>0,236 A</b>
<b>Prosek</b>	<b>0,263 A</b>	<b>0,214 B</b>	<b>0,239</b>

Tretmani označeni istim slovima nemaju statistički signifikantne razlike (Fisherov test na nivou značajnosti 0,05).

Drugoj grupi, sa sadržajem fosfora nižim u proseku za 0,073%, pripadaju biljke sa fluvisola (0,191%), eutričnog kambisola (0,195%) i humofluvisola (0,209%). U istraživanju **Najdenovske i sar.** (2007) sadržaj fosfora u lucerki poreklom sa aluvijalnog zemljišta iznosio je 0,30% P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>. **Marković i sar.** (2007b) na istom tipu zemljišta konstatovali su isti sadržaj u lucerki, dok je u crvenoj detelini iznosio 0,28%. Veći sadržaj fosfora u biljkama posledica je većeg sadržaja lakopristupačnog fosfora u zemljištu. Naime, na tipovima zemljišta, na kojima su biljke imale veći sadržaj fosfora u suvoj materiji, konstatovan veći sadržaj lakopristupačnog fosfora u zemljištu. Izuzetak čini humofluvisol, koji je imao prekomerno visok (štetan) sadržaj lakopristupačnog fosfora (82,30 mg/100 g) na dva lokaliteta, koji se, naravno, nije mogao proporcionalno odraziti na sadržaj u biljnom materijalu, dok je na svim ostalim lokalitetima sadržaj lakopristupačnog fosfora bio niži. Sadržaj lakopristupačnog fosfora zavisi od pH zemljišta i sadržaja gline (**Ubavić i Bogdanović**, 1995), koji su specifični za određene tipove zemljišta. Povećanjem pH vrednosti povećava se pristupačnost fosfora. **Grewal and Williams** (2003) ističu da primena krečnjaka povećava sadržaj fosfora u biljkama lucerke.

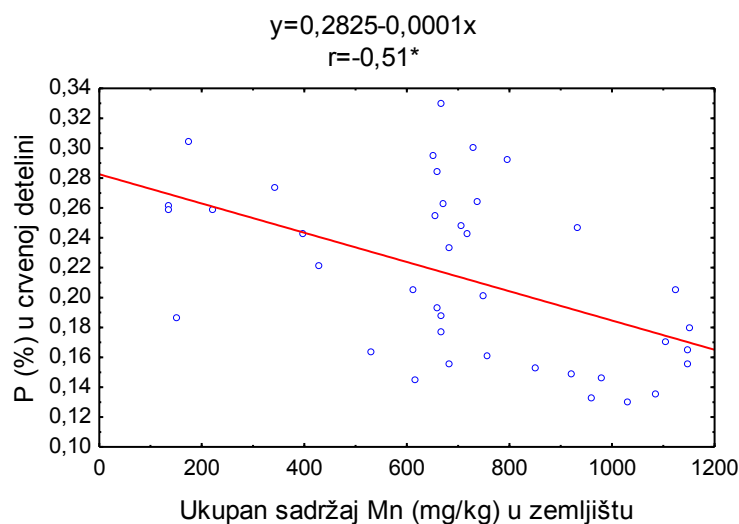
Najveći sadržaj fosfora u suvoj masi lucerke zabeležen je na vertisolu i iznosio je 0,311%. Nešto niži sadržaj fosfora imala je lucerka na humogleju (0,273%), černozeu (0,263%) i eutričnom kambisolu (0,256%), ali između njih nije bilo statistički značajnih razlika. Sadržaj fosfora u lucerki zabeležen na humofluvisolu (0,244%) bio je u proseku niži za 0,032% od prethodno nabrojanih tipova zemljišta, ali statistički se nije značajno razlikovao, s izuzetkom vertisola, koji je imao za 0,067% viši sadržaj fosfora. Najniži sadržaj fosfora u suvoj masi imale su biljke lucerke, koje su rasle na fluvisolu (0,204%), a statistički se nije jedino razlikovao od rezultata sa humofluvisola i eutričnog kambisola.

Najveća koncentracija fosfora u suvoj masi biljaka crvene deteline ostvarena je na vertisolu (0,277%), a nešto niža na černozeu (0,254%) i humogleju (0,250%). Međusobno se nisu značajno razlikovale. Biljke crvene deteline gajene na eutričnom kambisolu (0,144%), humofluvisolu (0,174%) i fluvisolu (0,177%) imale su značajno nižu koncentraciju fosfora, u proseku za 0,095%. Između njih samih nije bilo značajnih razlika.

Plodnost zemljišta je značajno uticala na sadržaj fosfora u biljkama, s obzirom da je neposredno povezana sa sadržajem lakopristupačnog fosfora. U proseku oba krmna useva najveći sadržaj fosfora ostvaren je na zemljištima vrlo visoke (0,236%), visoke (0,265%) i srednje plodnosti (0,234%), koja imaju veći sadržaj lakopristupačnog fosfora. Značajno niža koncentracija fosfora u biljkama, 0,068% u proseku, konstatovana je na zemljištu niske plodnosti (0,177%).

Što se tiče lucerke, najbolje rezultate ostvarila je na zemljištima vrlo visoke (0,273%) i visoke plodnosti (0,289%), a za 0,03% u proseku niži sadržaj fosfora u biljkama zabeležen je na zemljištima srednje (0,246%) i niske plodnosti (0,245%), međutim ove razlike nisu bile statistički značajne. Lucerka u uslovima adekvatne mineralne ishrane sadrži najmanje 0,2% P (**Koenig et al**, 1999).

Biljke crvene deteline imale su najvišu koncentraciju fosfora takođe na najplodnijim (0,220% i 0,237%) i srednje plodnim zemljištima (0,218%), a najnižu na zemljištu slabije obezbeđenom hranljivim materijama (0,143%). Razlike su bile statistički značajne, a nalazile su u intervalu od 0,094% do 0,075%.



Grafikon 36. Zavisnost sadržaja P (%) u suvoj materiji crvene deteline od ukupnog sadržaja Mn (mg/kg) u zemljištu

Konstatovana je značajna negativna korelaciona veza između sadržaja fosfora u crvenoj detelini i ukupnog sadržaja Mn u zemljištu ( $r=-0,51^*$ ). Regresionom analizom utvrđena je statistički značajna prosečna promena sadržaja fosfora u biljkama, koja nastaje pri promeni sadržaja Mn u zemljištu (grafikon 36). Regresioni koeficijent pokazuje da se sadržaj fosfora u biljkama smanji za 0,0001% kada se sadržaj Mn u zemljištu poveća za jednu jedinicu. Mangan u suvišku može nepovoljno da deluje na usvajanje P (Ubavić i Bogdanović, 1995; Millaleo *et al.*, 2010).

Iako je zemljište pod usevom crvene deteline imalo u proseku 4,08 mg/100 g veći sadržaj lakopristupačnog fosfora u odnosu na zemljište pod usevom lucerke, u suvoj materiji lucerke bio je značajno veći sadržaj fosfora u odnosu na crvenu detelinu, u proseku za 0,049%. U okviru pojedinačnih tipova zemljišta samo je na eutričnom kambisolu i humofluvisolu ta razlika bila signifikantna. Takođe, lucerka je u okviru svake klase plodnosti zemljišta imala veći sadržaj fosfora u odnosu na crvenu detelinu, ali je samo na zemljištu niske i visoke plodnosti ta razlika bila signifikantna. Različit hemijski sastav ove dve biljne vrste posledica je genetski uslovljenog nejednakog usvajanja i akumulacije hranljivih materija. U odnosu na crvenu detelinu, lucerka usvaja veće količine P (Vučković, 2004). Za proizvodnju 100 kg sena lucerka utroši 0,9 kg P, a crvena detelina 0,7 kg P. Prosečan sadržaj P u lucerki iznosi od 0,24% (Caddel *et al.*, 2004) do 0,34% (Koenig *et al.* 1999). Prema istraživanju Markovića *et al.* (2009)

sadržaj P u biljkama lucerke je iznosio 0,30%. U ispitivanju hemijskog sastava lucerke, uzetih sa 12 različitih lokacija u Vojvodini, **Živkov-Baloš et al.** (2011) su konstatovali sadržaj fosfora od 0,24%. Prema **Diniću et al.** (2005) lucerka sadržava 0,43% fosfora. Sadržaj fosfora u suvoj materiji crvene deteline se nalazi u intervalu 0,09-0,45% (**Vučković**, 2004). Prema **Ignjatoviću i sar.** (2001) crvena detelina u fazi cvetanja sadrži 0,30% P. U ispitivanju **Vasiljević et al.** (2011) crvena detelina je ostvarila prosečan sadržaj fosfora od 0,30% suve materije u prvom otkosu druge godine proizvodnje. **Fairey (1988)** navodi da se sadržaj fosfora u suvoj materiji crvene deteline nalazi u intervalu 0,2-0,4%, ukoliko zemljište nije ograničeno deficitom fosfora.

Prema sadržaju lakopristupačnog fosfora od 6,92 mg/100 g, zemljišta su u proseku bila siromašna. Najbolje obezbeđeno zemljište je bilo humofluvisol, 14,16 mg/100 g, koje je bilo srednje obezbeđeno, a najslabije eutrični kambisol sa prosečnim sadržajem 1,29 mg/100 g. Plodnost zemljišta je značajno uticala na sadržaj fosfora u biljkama, s obzirom da je neposredno povezana sa sadržajem lakopristupačnog fosfora, kako navode i drugi autori. Lakopristupačni fosfor bio je u pozitivnoj korelaciji sa pH vrednošću zemljišta. Viši sadržaj fosfora imale su krmne biljke sa černoze (0,259%), humogleja (0,262%) i vertisola (0,291%), u odnosu na ostale tipove zemljišta. U suvoj materiji lucerke (0,263%) bio je značajno veći sadržaj fosfora u odnosu na crvenu detelinu (0,214%), s obzirom da prema dosadašnjim istraživanjima usvaja veće količine ovog elementa. Konstatovana je značajna negativna korelaciona veza između sadržaja fosfora u crvenoj detelini i ukupnog sadržaja Mn u zemljištu.

### 7.3.6. Kalijum

Kalijum nije konstitucioni elemenat kod biljaka, ali je njegova uloga višestruko značajna (**Stanković**, 2010). Prema brojnim istraživanjima, sa starenjem biljaka koncentracija kalijuma opada (**Rominger et al.**, 1975).

Lucerka i crvena detelina, kao kaliofilne biljke, imaju posebno izražene zahteve prema ovom elementu. Dobra obezbeđenost lakopristupačnim kalijumom, u odnosu na druge hranljive elemente, značajnije utiče na povećanje prinosa i njegov sadržaj u biljnom materijalu.



Tabela 20. Sadržaj lakopristupačnog kalijuma u zemljištu ispitivanih lokaliteta u zavisnosti od krmnog useva, tipa i dubine zemljišta (mg/100 g).

Tip zemljišta	Dubina (cm)	Krmni usev		Prosek
		Lucerka	Crvena detelina	
Černozem	0-30	29,94	28,63	29,33 a
	30-60	18,45	19,76	19,06 c
	Prosek	<b>24,19 ab</b>	<b>24,19 ab</b>	<b>24,19 A</b>
Vertisol	0-30	25,41	19,77	23,15 b
	30-60	18,04	15,75	17,13 cd
	Prosek	<b>21,73 bcd</b>	<b>17,76 efg</b>	<b>20,14 B</b>
Eutrični kambisol	0-30	27,50	20,19	23,56 b
	30-60	18,03	17,34	17,66 cd
	Prosek	<b>22,77 bc</b>	<b>17,76 def</b>	<b>20,61 B</b>
Humofluvisol	0-30	23,95	22,40	23,18 b
	30-60	19,26	15,86	17,56 cd
	Prosek	<b>21,61 bcde</b>	<b>19,13 cdef</b>	<b>20,37 B</b>
Fluvisol	0-30	13,30	13,28	13,29 de
	30-60	11,38	13,08	12,23 e
	Prosek	<b>12,34 h</b>	<b>13,17 gh</b>	<b>12,76 C</b>
Humoglej	0-30	18,57	32,76	26,08 ab
	30-60	13,53	21,77	17,89 c
	Prosek	<b>16,05 fgh</b>	<b>27,26 a</b>	<b>21,99 AB</b>
<b>Prosek</b>	0-30	23,87 a	24,08 a	23,98 a
	30-60	16,88 b	17,79 b	17,32 b
		<b>20,38 A</b>	<b>20,94 A</b>	<b>20,65</b>

Tretmani označeni istim slovima nemaju statistički signifikantne razlike (Fisherov test na nivou značajnosti 0,05).

Usvajanje od strane biljaka zavisi od strukture i pH vrednosti zemljišta, osobina biljaka, temperature, obrade i vlažnosti zemljišta (Džamić i Stevanović, 2000). Prosečan sadržaj lakopristupačnog kalijuma u zemljištu ispitivanih lokaliteta iznosio je 20,65 mg/100 g, što znači da je obezbeđenost ovim hranljivim elementom u proseku bila optimalna (tabela 20). Najveći sadržaj konstatovan je u černozemu (24,19 mg/100g), koji i prema Škoriću (1986) ima zadovoljavajuću obezbeđenost kalijumom, te humogleju (21,99 mg/100g), između kojih nije bilo statistički značajnih razlika. Sadržaj kalijuma u humogleju u ispitivanju Belića i sar. (2011) iznosio je 39,40 mg/100g. Značajno niži sadržaj kalijuma u odnosu na černozem bio je u eutričnom

kambisolu, humofluvisolu i vertisolu, koji prema Škoriću (1986) imaju zadovoljavajuću bezbedenost ovim elementom. Slične rezultate u ispitivanju vertisola dobili su Jelić *et al.* (2010), pri čemu je sadržaj kalijuma u njihovom ispitivanju iznosio 22,0 mg/100g. Najniži sadržaj je zabeležen u fluvisolu (12,76 mg/100g).

Sadržaj lakopristupačnog kalijuma u površinskom sloju je u proseku bio veći za 6,66 mg/100 g u odnosu na dublji sloj zemljišta, što predstavlja značajnu razliku. Pojedinačno gledano po tipovima zemljišta, samo u fluvisolu razlika u sadržaju lakopristupačnog kalijuma između površinskog i dubljeg sloja nije bila značajna. Ova razlika posledica je iznošenja kalijuma iz dubljih slojeva putem biljaka (Džamić i Stevanović, 2000), kao i samim načinom formiranja ovog tipa zemljišta.

Tabela 21. Sadržaj kalijuma u suvoj materiji lucerke i crvene deteline u zavisnosti od krmnog useva, tipa i klasa plodnosti zemljišta (%).

Tip zemljišta	Krmni usev		Prosek
	Lucerka	Crvena detelina	
Černozem	1,58 bcd	1,79 ab	<b>1,68 A</b>
Vertisol	1,44 cde	1,33 de	<b>1,40 B</b>
Eutrični kambisol	1,49 bcde	1,46 cde	<b>1,47 B</b>
Humofluvisol	1,91 a	1,80 ab	<b>1,84 A</b>
Fluvisol	0,95 f	1,20 ef	<b>1,07 C</b>
Humoglej	1,69 abc	1,77 ab	<b>1,73 A</b>
<b>Klase plodnosti</b>			
Niska plodnost	1,38 c	1,48 bc	<b>1,44 B</b>
Srednja plodnost	1,46 c	1,35 c	<b>1,42 B</b>
Visoka plodnost	1,72 ab	1,70 ab	<b>1,71 A</b>
Vrlo visoka plodnost	1,73 ab	1,84 a	<b>1,82 A</b>
<b>Prosek</b>	<b>1,56 A</b>	<b>1,59 A</b>	<b>1,58</b>

Tretmani označeni istim slovima nemaju statistički signifikantne razlike (Fisherov test na nivou značajnosti 0,05).

Prosečan sadržaj kalijuma u biljkama na nivou čitavog ogleda je iznosio 1,58% (tabela 21), a inače njegov sadržaj u suvoj materiji biljaka iznosi oko 1,5% (Džamić i Stevanović, 2000).

Uticaj različitosti tipova zemljišta na koncentraciju kalijuma u biljkama lucerke i crvene deteline bio je veoma značajan. Najveći prosečan sadržaj kalijuma u suvoj masi lucerke i crvene deteline konstatovan je na zemljištu tipa humofluvisol (1,84%), te

zatim na humogleju (1,73%) i černozeu (1,68%), i između njih nije bilo statistički značajnih razlika, što je posledica dobre obezbeđenosti ovih zemljišta lakopristupačnim kalijumom. U ispitivanju **Katića i sar.** (2009) na černozeu lucerka je imala u drugoj godini prosečan sadržaj kalijuma 4,44%. Prema **Krstiću** (2012) lucerka je na černozeu ostvarila prosečan sadržaj kalijuma od 1,72% u prvom otkosu druge godine proizvodnje.

Značajno niža koncentracija kalijuma u biljkama, od 0,21% do 0,44%, bila je na eutričnom kambisolu (1,47%) i vertisolu (1,40%), koje se međusobno nisu značajno razlikovale. **Stanisavljević i sar.** (2008) su zabeležili na smonici 1,49 % kalijuma u suvoj materiji lucerke.

Najniži sadržaj kalijuma zabeležen je na fluvisolu (1,07%) i statistički se značajno razlikovao od sadržaja kalijuma u biljkama na ostalim tipovima zemljišta, što je posledica njegove slabije obezbeđenosti lakopristupačnim kalijumom, u odnosu na ostale tipove zemljišta. U istraživanju **Najdenovske i sar.** (2007) sadržaj kalijuma u lucerki poreklom sa aluvijalnog zemljišta iznosio je 1,54% K<sub>2</sub>O. Sadržaj kalijuma u oglecima **Markovića i sar.** (2007b) na istom tipu zemljišta bio je 2,14% kod lucerke, te 1,84% kod crvene deteline. Pristupačnost kalijuma zavisi od strukture, pH vrednosti, vlažnosti i temperature zemljišta. Ukoliko zemljište sadrži više koloidne gline tipa montmorilonita i ilita, te više Ca, više su zastupljeni teže pristupačni oblici K.

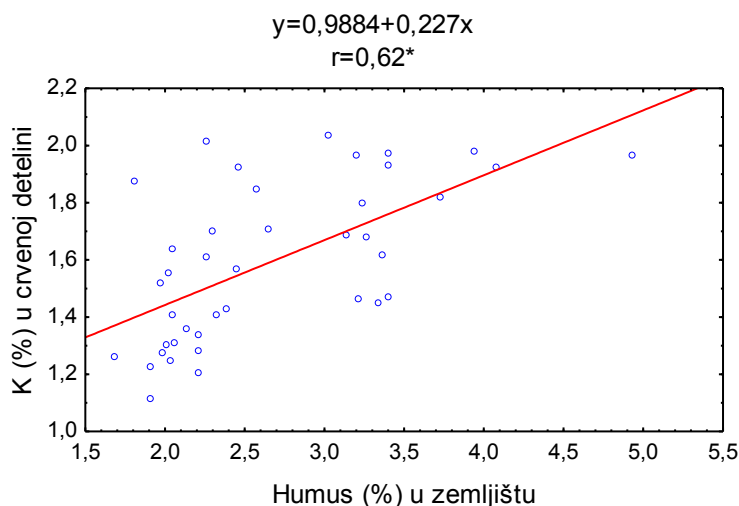
Najveća koncentracija kalijuma u suvoj masi lucerke konstatovana je na humofluvisolu i iznosila je 1,91%. Za 0,22% niži sadržaj kalijuma imala je lucerka na humogleju (1,69%), ali između njih nije bilo statistički značajnih razlika. Najniži sadržaj kalijuma u lucerki zabeležen je na fluvisolu (0,95%) i statistički se značajno razlikovao od sadržaja kalijuma u suvoj masi biljaka sa ostalih tipova zemljišta.

Crvena detelina je najveći sadržaj u pogledu koncentracije kalijuma u biljnom materijalu ostvarila na humofluvisolu (1,80%), zatim na černozeu (1,79%) i humogleju (1,77%). Između njih nije bilo statistički značajnih razlika. Biljke crvene deteline poreklom sa fluvisola imale su najnižu koncentraciju kalijuma (1,20%), međutim nije bilo značajnih razlika u odnosu na biljke, koje su rasle na eutričnom kambisolu i vertisolu.

Plodnost zemljišta je imala velikog uticaja na sadržaj kalijuma u biljkama. Na zemljištima vrlo visoke i visoke plodnosti, gde je biodostupnost kalijuma veća, biljke

lucerke i crvene deteline prosečno su imale najveći sadržaj kalijuma (1,82% i 1,71%) i između njih nije bilo statistički značajnih razlika. Značajno niža koncentracija kalijuma u biljkama, u proseku za 0,33%, konstatovana je na zemljištima srednje (1,42%) i niske plodnosti (1,44%).

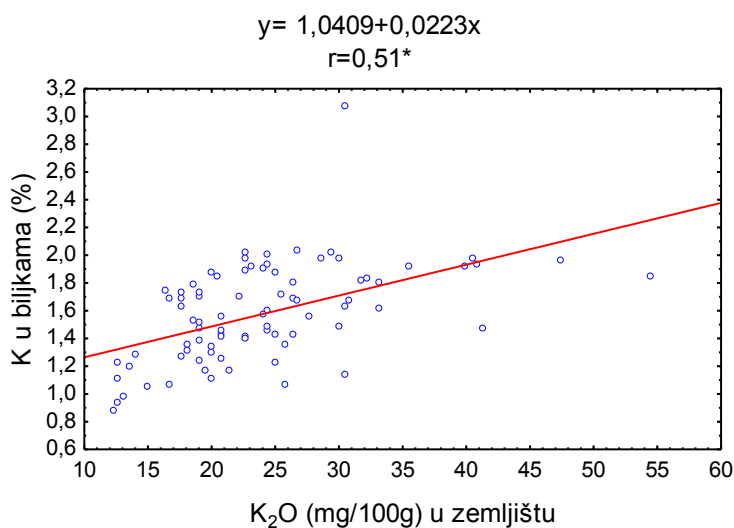
Korelacionom analizom konstatovana je značajna pozitivna veza između sadržaja kalijuma u crvenoj detelini i sadržaja humusa u zemljištu ( $r=0,62^*$ ), a regresionom analizom utvrđena je statistički značajna prosečna promena sadržaja kalijuma u biljkama, koja nastaje pri promeni sadržaja humusa u zemljištu (grafikon 37). Regresioni koeficijent pokazuje da se sadržaj kalijuma u biljkama poveća za 0,23% kada se sadržaj humusa u zemljištu poveća za jednu jedinicu. Prisustvo većih količina organske materije u zemljištu povećava sadržaj neophodnih elemenata za ishranu biljaka, s obzirom da se njihovim razlaganjem hranljivi elementi prevode u mineralne oblike pristupačne biljkama (Ubavić i Bogdanović, 1995). Kalijum se u humusu uglavnom nalazi u adsorbovanom tj. zamenljivom obliku. Osim toga, humus ima stimulatívni efekat na povećanje biomase i usvajanje makroelemenata (Chen and Aviad, 1990).



Grafikon 37. Zavisnost sadržaja kalijuma u suvoj materiji crvene deteline (%) od sadržaja humusa u zemljištu (%)

Korelacionom analizom konstatovana je značajna pozitivna veza između sadržaja kalijuma u krmnim biljkama i sadržaja lakopristupačnog kalijuma u zemljištu ( $r=0,51^*$ ), a regresionom analizom utvrđena je statistički značajna prosečna promena

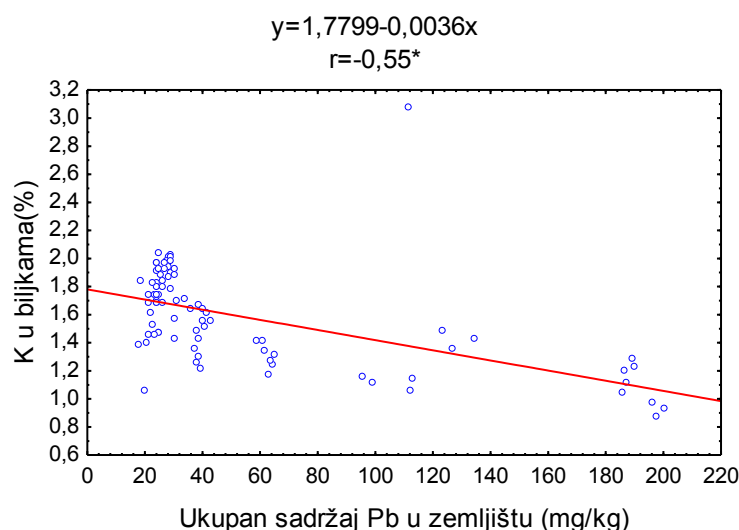
sadržaja kalijuma u biljkama, koja nastaje pri promeni sadržaja lakopristupačnog kalijuma u zemljištu (grafikon 38).



Grafikon 38. Zavisnost sadržaja kalijuma u suvoj materiji krmnih biljaka (%) od sadržaja lakopristupačnog kalijuma u zemljištu (mg/100g)

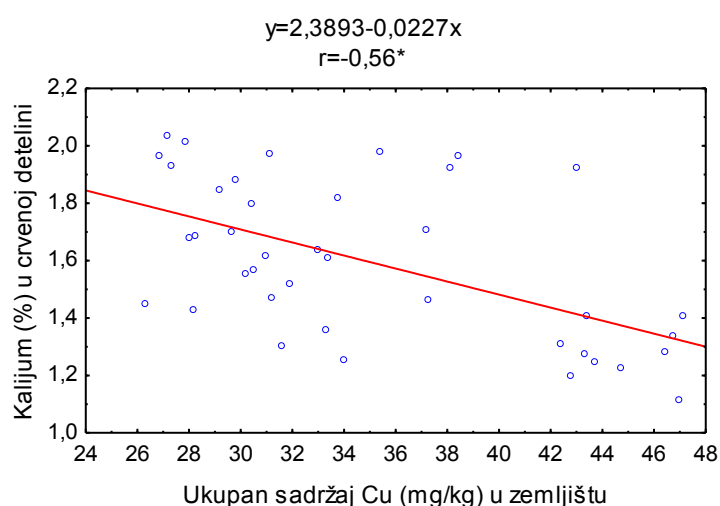
Regresioni koeficijent pokazuje da se sadržaj kalijuma u biljkama poveća za 0,02% kada se sadržaj lakopristupačnog kalijuma u zemljištu poveća za jednu jedinicu.

Korelacionom analizom konstatovana je značajna negativna veza između sadržaja kalijuma u krmnim biljkama i sadržaja olova u zemljištu ( $r = -0,55^*$ ), a regresionom analizom utvrđena je statistički značajna prosečna promena sadržaja kalijuma u biljkama, koja nastaje pri promeni sadržaja olova u zemljištu (grafikon 39). Regresioni koeficijent pokazuje da se sadržaj kalijuma u biljkama smanji za 0,0036% kada se sadržaj olova u zemljištu poveća za jednu jedinicu. **Kastori et al.** (1991) su u mladim biljkama soje utvrdili da olovo, između ostalog, nepovoljno utiče i na usvajanje kalijuma čak i pri veoma niskim koncentracijama u hranljivom rastvoru,  $10^{-8}$ M. Povećane koncentracije Pb u zemljištu utiču na manju koncentraciju K u listovima lucerke (**Lopez et al.**, 2007). Olovo nepovoljno utiče na usvajanje K čak i pri veoma niskim koncentracijama u hranljivom rastvoru  $10^{-8}$  M (**Kastori i sar.**, 1997). U ogledu sa rastućim dozama Pb 0-100  $\mu$ M Pb u hranljivom rastvoru zabeleženo je smanjenje sadržaja K u biljkama *Vallisneria natans* (**Wang et al.**, 2011).



Grafikon 39. Zavisnost sadržaja kalijuma (%) u suvoj materiji krmnih biljaka od ukupnog sadržaja olova u zemljištu (mg/kg)

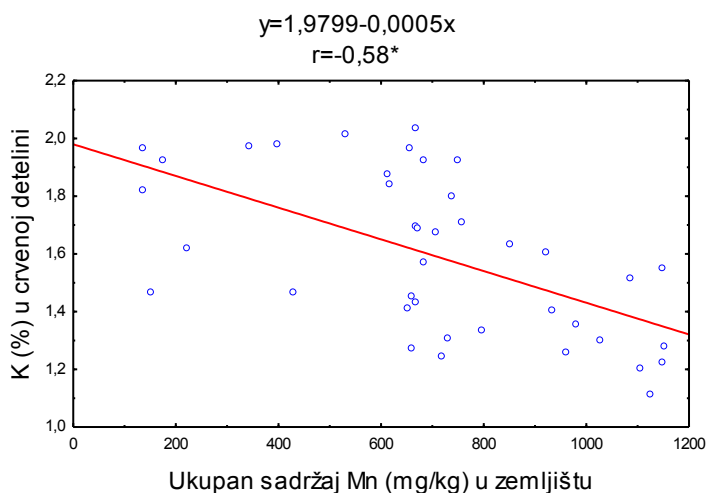
Konstatovana je značajna negativna korelaciona veza između sadržaja kalijuma u crvenoj detelini i sadržaja bakra u zemljištu ( $r=-0,56^*$ ). Regresionom analizom utvrđena je statistički značajna prosečna promena sadržaja kalijuma u biljkama, koja nastaje pri promeni sadržaja bakra u zemljištu (grafikon 40).



Grafikon 40. Zavisnost sadržaja kalijuma (%) u suvoj materiji crvene deteline od ukupnog sadržaja Cu (mg/kg) u zemljištu

Regresioni koeficijent pokazuje da se sadržaj kalijuma u biljkama smanji za 0,0227% kada se sadržaj bakra u zemljištu poveća za jednu jedinicu. Pri suvišku Cu smanjeno je usvajanje i sadržaj K (**Ouzounidou et al.**, 1995). Negativan uticaj Cu na stabilnost

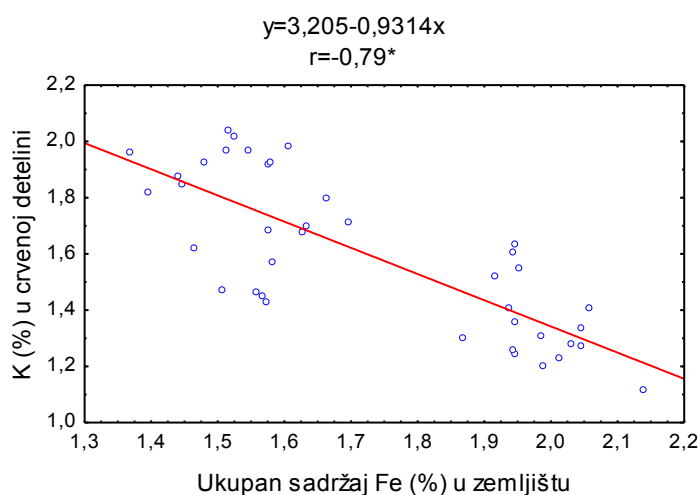
sadržaja K u biljkama zapazio je **Younis** (2007) u ogledu sa rastućim količinama teških metala.



Grafikon 41. Zavisnost sadržaja kalijuma (%) u suvoj materiji crvenoj detelini od ukupnog sadržaja Mn (mg/kg) u zemljištu

Takođe je konstatovana značajna negativna korelaciona veza između sadržaja kalijuma u crvenoj detelini i sadržaja Mn u zemljištu ( $r = -0,58^*$ ). Regresionom analizom utvrđena je statistički značajna prosečna promena sadržaja kalijuma u biljkama, koja nastaje pri promeni sadržaja Mn u zemljištu (grafikon 41). Regresioni koeficijent pokazuje da se sadržaj kalijuma u biljkama smanji za 0,0005% kada se sadržaj mangana u zemljištu poveća za jednu jedinicu. Mangan u suvišku može nepovoljno da deluje na usvajanje K (**Ubavić i Bogdanović**, 1995).

Jaka negativna korelaciona veza konstatovana je između sadržaja kalijuma u crvenoj detelini i ukupnog sadržaja Fe u zemljištu ( $r = -0,79^*$ ). Regresionom analizom utvrđena je statistički značajna prosečna promena sadržaja kalijuma u biljkama, koja nastaje pri promeni sadržaja Fe u zemljištu (grafikon 42). Regresioni koeficijent pokazuje da se sadržaj kalijuma u biljkama smanji za 0,93% kada se sadržaj Fe u zemljištu poveća za jednu jedinicu. Suvišak Fe kod biljaka kukuruza je izazvao veće usvajanje ovog metala, ali i manju akumulaciju K (**Kovačević et al.**, 1988; **Çelik et al.**, 2010).



Grafikon 42. Zavisnost sadržaja kalijuma (%) u suvoj materiji crvene deteline od ukupnog sadržaja Fe (%) u zemljištu

Lucerka je najveći sadržaj K ostvarila na zemljištima vrlo visoke (1,73%) i visoke plodnosti (1,72%), a statistički značajno niži sadržaj kalijuma u biljkama zabeležen je na zemljištima srednje (1,46%) i niske plodnosti (1,38%). Optimalna količina kalijuma u suvoj materiji lucerke, u uslovima adekvatne mineralne ishrane, iznosi 2,00% (**Koenig et al.**, 1999).

Biljke crvene deteline imale su najveću koncentraciju kalijuma takođe na najplodnijim zemljištima (1,84% i 1,70%), a najnižu na zemljištima slabije obezbeđenim hranljivim materijama (1,48% i 1,35%).

Prosečan sadržaj kalijuma u suvoj materiji lucerke (1,56%) na svim tipovima zemljišta bio je za oko 0,03% u proseku niži u odnosu na crvenu detelinu (1,59%), međutim razlike nisu bile statistički značajne, kako u okviru pojedinačnih tipova zemljišta, tako i klasa plodnosti. Za proizvodnju 100 kg sena lucerka usvoji 1,8 kg K, a crvena detelina 2,0 kg K (**Vučković**, 2004). Prosečan sadržaj K u suvoj materiji lucerke nalazi se u intervalu od 2,07 % (**Caddel et al.**, 2004) do 2,49% (**Koenig et al.**, 1999). Prema istraživanju **Markovića et al.** (2009) sadržaj K u biljkama lucerke je iznosio u proseku 2,09%. U ispitivanju hemijskog sastava lucerke, uzetih sa 12 različitih lokacija u Vojvodini, **Živkov-Baloš et al.** (2011) su konstatovali sadržaj kalijuma od 1,79%. Sadržaj K u biljkama crvene deteline kreće se od 0,57% do 2,67% (**Vučković**, 2004), a prema **Ignjatoviću i sar.** (2001) prosečna koncentracija u fazi cvetanja iznosi 1,64%. U ispitivanju **Vasiljević et al.** (2011) crvena detelina je ostvarila prosečan sadržaj kalijuma



od 2,56% suve materije u prvom otkosu druge godine proizvodnje. **Fairey (1988)** navodi da je sadržaj kalijuma u suvoj materiji crvene deteline 1,8%, ukoliko zemljište nije ograničeno deficitom kalijuma.

Prosečan sadržaj lakopristupačnog kalijuma u zemljištu ispitivanih lokaliteta iznosio je 20,65 mg/100 g, što znači da je obezbeđenost ovim hranljivim elementom u proseku bila optimalna. Najveći prosečan sadržaj konstatovan je u černozeu, a najniži u fluvisolu. Uticaj različitosti tipova zemljišta na sadržaj kalijuma u biljkama je bio značajan. Najveći prosečan sadržaj kalijuma u suvoj materiji lucerke i crvene deteline konstatovan je na humofluvisolu, te na humogleju i černozeu, a najmanji na fluvisolu. Na plodnim zemljištima gde je biodostupnost kalijuma veća, kako navode i drugi autori, biljke lucerke i crvene deteline su imale najveći sadržaj kalijuma. Sadržaj kalijuma u biljkama se poveća za 0,02 % kada se sadržaj lakopristupačnog kalijuma poveća za 1 mg/100g zemljišta. Između samih krmnih useva nije bilo razlike u usvajanju i akumulaciji kalijuma. Konstatovana je pozitivna korelaciona veza između sadržaja kalijuma u biljkama i sadržaja lakopristupačnog kalijuma i humusa u zemljištu, a negativna sa ukupnim sadržajem olova, bakra, mangana i gvožđa u zemljištu.

### **7.3.7. Sekundarni elementi**

Za pravilan razvoj svih biljaka neophodni su kako makroelementi, tako i sekundarni elementi. Njihova količina i pravilan odnos, u zavisnosti od biljne vrste, kao i genotipa unutar vrste, omogućavaju pravilan rast i razvoj biljaka.

#### **7.3.7.1. Kalcijum**

Kalcijum se obično nalazi na drugom mestu po zastupljenosti katjona, a kod krmnih biljaka ima izuzetno veliki značaj (**Đukić i Erić, 1995**). Sadržaj u suvoj materiji lucerke i crvene deteline se kreće od 1,0 do 1,8%, što ih čini izuzetno povoljnom stočnom hranom. Prema tome, ispitivane krmne biljke usvajaju značajne količine ovog elementa, a ograničavajući faktor može biti niska pH (ispod 6,0) ili smanjena

obezbeđenost zemljišta kalcijumom. **Grewal and Williams** (2003) ističu da primena krečnjaka povećava sadržaj Ca u biljkama lucerke.

U slučaju povećanih količina kalijuma u zemljištu, smanjena je koncentracija kalcijuma u biljkama (**Tesar**, 1981). Antagonizam Ca jona uočen je i prema magnezijumu i amonijumovom jonu, te usled veće njihove prisutnosti u zemljištu može doći do smanjenog usvajanja kalcijuma. Crvena detelina je otpornija na niže pH vrednosti zemljišta u odnosu na lucerku, te se može gajiti na kiselijim zemljištima.

Tabela 22. Sadržaj kalcijuma u zemljištu ispitivanih lokaliteta u zavisnosti od krmnog useva, tipa i dubine zemljišta (%).

Tip zemljišta	Dubina (cm)	Krmni usev		Prosek
		Lucerka	Crvena detelina	
Černozem	0-30	2,15	0,91	1,56 c
	30-60	3,66	2,69	3,21 a
	Prosek	<b>2,90 a</b>	<b>1,80 b</b>	<b>2,39 A</b>
Vertisol	0-30	0,75	0,58	0,69 de
	30-60	0,68	0,56	0,64 de
	Prosek	<b>0,72 cd</b>	<b>0,57 d</b>	<b>0,66 C</b>
Eutrični kambisol	0-30	0,41	0,43	0,42 e
	30-60	0,50	0,46	0,48 e
	Prosek	<b>0,45 d</b>	<b>0,44 d</b>	<b>0,45 C</b>
Humofluvisol	0-30	0,46	1,87	1,16 cd
	30-60	0,47	2,58	1,53 c
	Prosek	<b>0,46 d</b>	<b>2,23 b</b>	<b>1,34 B</b>
Fluvisol	0-30	0,44	0,45	0,44 e
	30-60	0,47	0,45	0,46 e
	Prosek	<b>0,46 d</b>	<b>0,45 d</b>	<b>0,45 C</b>
Humoglej	0-30	0,76	0,75	0,75 de
	30-60	3,35	1,61	2,43 b
	Prosek	<b>2,05 b</b>	<b>1,18 c</b>	<b>1,59 B</b>
<b>Prosek</b>	0-30	0,88 b	0,89 b	0,88 b
	30-60	1,65 a	1,52 a	1,59 a
		<b>1,27 A</b>	<b>1,20 A</b>	<b>1,23</b>

Tretmani označeni istim slovima nemaju statistički signifikantne razlike (Fisherov test na nivou značajnosti 0,05).

Prosečan sadržaj kalcijuma u zemljištu ispitivanih lokaliteta iznosio je 1,23% (tabela 22). Konstatovane su statistički značajne razlike u sadržaju kalcijuma između različitih tipova zemljišta što je posledica različitih geoloških podloga na kojima su zemljišta obrazovana (**Džamić i Stevanović**, 2000). Najveći sadržaj kalcijuma bio je na ispitivanim lokalitetima černoze i iznosio je 2,39%. Značajno niži sadržaj kalcijuma imali su humoglej (1,59%) i humofluvisol (1,34%). Vertisol, eutrični kambisol i fluvisol su bila zemljišta sa signifikantno najnižim sadržajem, koji se nalazio u intervalu 0,45-0,66%. Slične rezultate u ispitivanju vertisola dobili su **Jelić et al.** (2010), pri čemu je sadržaj kalcijuma u njihovom ispitivanju iznosio 0,31%. Prema **Popoviću** (1989) sadržaj CaO u sloju 0-15 cm varira u zavisnosti od tipa zemljišta: gajnjača 2,32 %, smonica 1,29 %, te na dubini 0-20 cm: černoze karbonatni 1,73%, černoze beskarbonatni 1,54 % i ogajnjačeni černoze 2,56%.

Između zemljišta pod lucerkom i crvenom detelinom nisu zabeležene statistički značajne razlike u pogledu prosečnog sadržaja kalcijuma. U okviru pojedinačnih tipova zemljišta značajno viši sadržaj bio je u černoze (za 1,10%) i humogleju (za 0,87%) pod usevom lucerke, te u humofluvisolu (za 1,77%) pod usevom crvene deteline.

Sadržaj kalcijuma u dubljem sloju je u proseku bio veći za 0,71% u odnosu na površinski sloj zemljišta, što predstavlja značajnu razliku. Pojedinačno gledano po tipovima zemljišta, samo u černoze i humogleju razlika u sadržaju kalcijuma između površinskog i dubljeg sloja je bila značajna.

Prosečan sadržaj kalcijuma u suvoj materiji biljaka lucerke i crvene deteline iznosio je 1,26% (tabela 23). Koncentracija kalcijuma u biljkama bila je pod jakim uticajem heterogenosti tipova zemljišta. U proseku najveći sadržaj kalcijuma u suvoj materiji lucerka i crvena detelina su imale na zemljištu tipa vertisol (1,45%), te zatim na černoze (1,39%) i humofluvisolu (1,24%). Između njih nije bilo statistički značajnih razlika. U ispitivanju **Katića i sar.** (2009) na černoze lucerka je imala u drugoj godini prosečan sadržaj kalcijuma 1,55%. U odnosu na biljke sa vertisola značajno niža koncentracija kalcijuma u biljkama bila je na humogleju (1,20%), ali se nije razlikovala od rezultata na černoze i fluvisolu. **Stanisavljević i sar.** (2008) su zabeležili na smonici 1,71% kalcijuma u suvoj materiji lucerke.

Tabela 23. Sadržaj kalcijuma u suvoj materiji lucerke i crvene deteline u zavisnosti od krmnog useva, tipa i klasa plodnosti zemljišta (%).

Tip zemljišta	Krmni usev		Prosek
	Lucerka	Crvena detelina	
Černozem	1,50 ab	1,26 abcd	<b>1,39 AB</b>
Vertisol	1,56 a	1,30 abc	<b>1,45 A</b>
Eutrični kambisol	1,23 abcd	1,02 cd	<b>1,11 C</b>
Humofluvisol	1,32 abc	1,17 cd	<b>1,24 ABC</b>
Fluvisol	1,22 abcd	0,88 d	<b>1,05 C</b>
Humoglej	1,23 abcd	1,16 cd	<b>1,20 BC</b>
<b>Prosek</b>			
Klase plodnosti			
Niska plodnost	1,20 b	1,02 b	<b>1,08 B</b>
Srednja plodnost	1,29 b	1,09 b	<b>1,22 AB</b>
Visoka plodnost	1,51 a	1,25 b	<b>1,39 A</b>
Vrlo visoka plodnost	1,35 ab	1,16 b	<b>1,22 AB</b>
<b>Prosek</b>	<b>1,36 A</b>	<b>1,15 B</b>	<b>1,26</b>

Tretmani označeni istim slovima nemaju statistički signifikantne razlike (Fisherov test na nivou značajnosti 0,05).

Najniži sadržaj kalcijuma zabeležen je na fluvisolu (1,05%) i eutričnom kambisolu (1,11%), koji se statistički nisu razlikovali međusobno, kao ni sa sadržajem kalcijuma u biljkama sa humofluvisola i humogleja. U odnosu na rezultate sa černozema i vertisola postojale su statistički značajne razlike. U istraživanjima **Markovića i sar.** (2007b) na aluvijalnom zemljištu sadržaj kalcijuma u biljnom materijalu lucerke je iznosio 1,80%, a crvene deteline 1,46%. Prema **Krstiću** (2012) lucerka je na černozemu ostvarila prosečan sadržaj kalcijuma od 1,57% u prvom otkosu druge godine proizvodnje, dok je u ispitivanju **Vasiljević et al.** (2011) crvena detelina imala prosečan sadržaj kalcijuma od 1,73% suve materije.

Najveća koncentracija kalcijuma u suvoj materiji lucerke konstatovana je na vertisolu i iznosila je 1,56%, dok je najniži sadržaj kalcijuma u lucerki zabeležen na fluvisolu (1,22%). Međutim, nije bilo statistički značajnih razlika u pogledu sadržaja kalcijuma u suvoj materiji biljaka poreklom sa različitih tipova zemljišta.

Najveća koncentracija kalcijuma u biljnom materijalu crvene deteline zabeležena je na vertisolu (1,30%), a najniži na fluvisolu (0,88%) i između ovih vrednosti razlika je

bila statistički signifikantna. Između koncentracije kalcijuma u biljkama crvene deteline sa ostalih tipova zemljišta nije bilo statistički značajnih razlika.

Sadržaj kalcijuma u crvenoj detelini bio je u intervalu od 1,25% na zemljištu visoke plodnosti do 1,02% na zemljištu niske plodnosti, ali razlike nisu bile statistički značajne.

Uticao plodnosti zemljišta na sadržaj kalcijuma u biljkama lucerke je bio signifikantan. Na zemljištima vrlo visoke i visoke plodnosti biljke lucerke su imale najveći sadržaj kalcijuma (1,35% i 1,51%) i između njih nije bilo statistički značajnih razlika. Značajno niža koncentracija kalcijuma u biljkama u odnosu na zemljište visoke plodnosti konstatovana je na zemljištima srednje (1,29%) i niske plodnosti (1,20%), između kojih nisu postojale značajne razlike. U odnosu na zemljište vrlo visoke plodnosti nije bilo značajnih razlika.

U suvoj materiji lucerke prosečna koncentracija Ca je bila 1,36%, a crvene deteline 1,15%, što čini razliku od 0,21%, koja je statistički signifikantna. Lucerka je ostvarila veći sadržaj Ca i u okviru svakog pojedinačnog tipa zemljišta, ali ta razlika nije bila statistički značajna. U okviru svake pojedinačne klase plodnosti zemljišta, lucerka je, takođe, imala veći sadržaj, ali je samo na zemljištu visoke plodnosti ta razlika bila signifikantna. Brojna istraživanja su dokazala da je lucerka, od svih leptirnjača, najveći potrošač i akumulator kalcijuma, što je čini izuzetno pogodnom stočnom hranom. Prema **Kellingu** (1982) u toku vegetacionog perioda sadržaj Ca u lucerki se kreće od 1,13% do 1,57%, a može da iznosi čak i do 3,0%, dok je prema rezultatima **Caddela et al.** (2004) prosečan sadržaj u senu iznosio 1,20%. **Lanyon and Griffith** (1988) navode da se sadržaj Ca u lucerki kreće u intervalu 1,4-1,9%. Prema istraživanju **Markovića et al.** (2009) sadržaj Ca u biljkama lucerke je iznosio 2,13%. U ispitivanju hemijskog sastava lucerke, uzetih sa 12 različitih lokacija u Vojvodini, **Živkov-Baloš et al.** (2011) su konstatovali sadržaj kalcijuma od 1,0%. Prema **Diniću et al.** (2005) lucerka sadrži 1,59% kalcijuma. Sadržaj Ca u suvoj materiji crvene deteline varira u intervalu 0,97% do 2,29% (**Vučković**, 2004). U istraživanjima **Ignjatovića i sar.** (2001) prosečan sadržaj Ca u fazi cvetanja u prvom otkosu crvene deteline iznosio je 1,75%.

Iako je sadržaj Ca u lucerki veoma visok, njegova pristupačnost nekada može da bude niska, usled prisustva kalcijum-oksalata. U lucerki 20-33% Ca je prisutno u obliku nerastvorljivog kalcijum-oksalata i nepristupačno je životinjama (**Martz *et al.***, 1990).

Konstatovane su statistički značajne razlike u sadržaju kalcijuma između različitih tipova zemljišta. Najveći sadržaj kalcijuma bio je na ispitivanim lokalitetima černozema, a najniži na eutričnom kambisolu i fluvisolu. Lucerka je, od svih leptirnjača, najveći potrošač i akumulator kalcijuma, što je čini izuzetno pogodnom stočnom hranom, i u odnosu na crvenu detelinu imala je znatno veći sadržaj ovog elementa, kako navode i drugi autori. Najveći sadržaj kalcijuma u suvoj materiji lucerka i crvena detelina su imale na vertisolu, zatim na černozemu i humofluvisolu. Plodnost zemljišta nije imala uticaja na usvajanje i akumulaciju kalcijuma u crvenoj detelini, dok je lucerka sadržavala više kalcijuma na plodnim zemljištima.

#### 7.3.7.2. Magnezijum

Sadržaj magnezijuma u zemljištu i usvajanje od strane biljaka uslovljeno mnogobrojnim faktorima, a osobine zemljišta su među najvažnijim. Zemljišta povoljnijih fizičko-hemijskih osobina odlikuju se većim sadržajem ovog elementa (**Popović**, 1989), dok su peskovita i kisela zemljišta deficitarna u magnezijumu jer na ovim zemljištima dolazi do njegovog ispiranja.

Prosečan ukupan sadržaj magnezijuma u zemljištu ispitivanih lokaliteta iznosio je 0,69% (tabela 24).

Između pojedinih tipova zemljišta su ustanovljene statistički značajne razlike u sadržaju ukupnog magnezijuma. Najveći sadržaj bio je na ispitivanim lokalitetima fluvisola i iznosio je 1,24%. Prema **Popoviću** (1989) ukupan sadržaj magnezijuma u ovom tipu zemljišta kreće se oko 2,44%. Značajno manji sadržaj zabeležen je u vertisolu (0,74%) i černozemu (0,70%), koji su u ispitivanju **Popovića** (1989) imali 1,41% i 1,45% magnezijuma. Još niži sadržaj imao je humofluvisol (0,66%), a statistički nije bio manji samo od sadržaja magnezijuma u černozemu. Najmanji sadržaj magnezijuma zabeležen je u eutričnom kambisolu, 0,49%, koji inače sadrži oko 1,31% magnezijuma (**Džamić i Stevanović**, 2000).

Zemljišta pod lucerkom i crvenom detelinom imala su jednak prosečan ukupan sadržaj magnezijuma, koji je iznosio 0,69%. Statistički značajno veći sadržaj u okviru pojedinačnih tipova zemljišta zabeležen je pod usevom lucerke na černozeu za 0,12% i vertisolu za 0,18%, te pod usevom crvene deteline na humofluvisolu, za 0,36%.

Ukupan sadržaj magnezijuma u sloju zemljišta 30-60 cm bio je u proseku veći za 0,08% u odnosu na površinski sloj zemljišta, što predstavlja značajnu razliku. Pojedinačno gledano po tipovima zemljišta, samo su se kod černozeu i humogleja slojevi zemljišta razlikovali po sadržaju magnezijuma.

Tabela 24. Ukupan sadržaj magnezijuma u zemljištu ispitivanih lokaliteta u zavisnosti od krmnog useva, tipa i dubine zemljišta (%).

Tip zemljišta	Dubina (cm)	Krmni usev		Prosek
		Lucerka	Crvena detelina	
Černozeu	0-30	0,69	0,55	0,62 d
	30-60	0,84	0,72	0,79 b
	Prosek	<b>0,76 b</b>	<b>0,64 c</b>	<b>0,70 BC</b>
Vertisol	0-30	0,82	0,66	0,75 b
	30-60	0,80	0,61	0,73 bc
	Prosek	<b>0,81 b</b>	<b>0,63 c</b>	<b>0,74 B</b>
Eutrični kambisol	0-30	0,43	0,48	0,46 e
	30-60	0,55	0,51	0,53 e
	Prosek	<b>0,49 de</b>	<b>0,50 de</b>	<b>0,49 E</b>
Humofluvisol	0-30	0,49	0,80	0,64 d
	30-60	0,47	0,87	0,67 cd
	Prosek	<b>0,47 e</b>	<b>0,83 b</b>	<b>0,66 C</b>
Fluvisol	0-30	1,20	1,23	1,22 a
	30-60	1,30	1,23	1,26 a
	Prosek	<b>1,25 a</b>	<b>1,23 a</b>	<b>1,24 A</b>
Humoglej	0-30	0,43	0,49	0,46 e
	30-60	0,69	0,61	0,65 d
	Prosek	<b>0,56 cd</b>	<b>0,83 d</b>	<b>0,56 D</b>
<b>Prosek</b>	0-30	0,64 b	0,65 b	0,65 b
	30-60	0,74 a	0,72 a	0,73 a
		<b>0,69 A</b>	<b>0,69 A</b>	<b>0,69</b>

Tretmani označeni istim slovima nemaju statistički signifikantne razlike (Fisherov test na nivou značajnosti 0,05).

Sadržaj magnezijuma u biljkama varira od 0,08% do 0,30 %, a prema istraživanjima optimalnih koncentracija magnezijuma u stočnoj hrani sa stanovišta kvaliteta, potrebno je najmanje 0,2 % u suvoj materiji lucerke (**Werk and Schifer**, 1971). U ispitivanjima sadržaja MgO u senu lucerke iznete su količine oko 30 kg/ha (**Savić i Jekić**, 1975).

S obzirom da leguminoze imaju najveće zahteve za magnezijumom, jer poseduju veliku asimilacionu površinu i izražen intenzitet fotosinteze u odnosu na druge kulture, i njegov sadržaj u suvoj materiji lucerke i crvene deteline je veći.

Tabela 25. Sadržaj magnezijuma u suvoj materiji lucerke i crvene deteline u zavisnosti od krmnog useva, tipa i klasa plodnosti zemljišta (%).

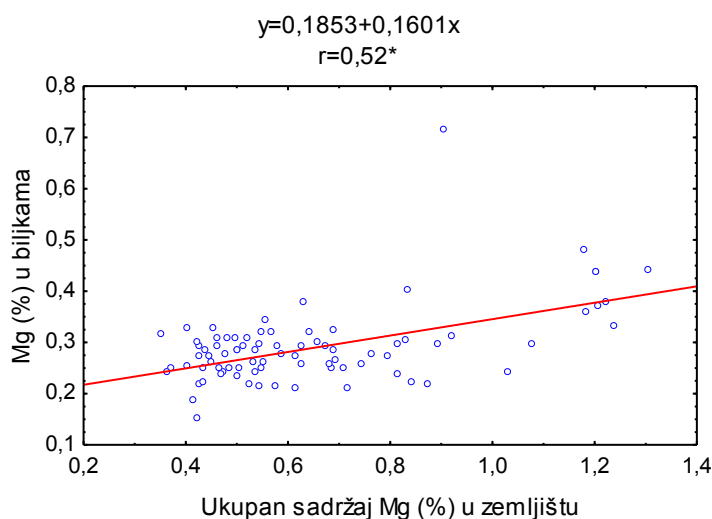
Tip zemljišta	Krmni usev		Prosek
	Lucerka	Crvena detelina	
Černozem	0,231 fg	0,283 cdef	<b>0,255 D</b>
Vertisol	0,339 bc	0,294 cde	<b>0,321 B</b>
Eutrični kambisol	0,213 g	0,258 efg	<b>0,237 D</b>
Humofluvisol	0,263 efg	0,269 efg	<b>0,266 CD</b>
Fluvisol	0,417 a	0,392 ab	<b>0,404 A</b>
Humoglej	0,273 defg	0,328 bcd	<b>0,301 BC</b>
<b>Klase plodnosti</b>			
Niska plodnost	0,281 ab	0,260 ab	<b>0,267 A</b>
Srednja plodnost	0,275 ab	0,320 a	<b>0,291 A</b>
Visoka plodnost	0,307 a	0,291 ab	<b>0,300 A</b>
Vrlo visoka plodnost	0,211 b	0,300 ab	<b>0,278 A</b>
<b>Prosek</b>	<b>0,282 A</b>	<b>0,297 A</b>	<b>0,289</b>

Tretmani označeni istim slovima nemaju statistički signifikantne razlike (Fisherov test na nivou značajnosti 0,05).

Heterogenost tipova zemljišta u velikoj je meri uticala na sadržaj magnezijuma u biljkama lucerke i crvene dateline (tabela 25). Najveći prosečan sadržaj magnezijuma u suvoj materiji ovih krmnih useva konstatovan je na zemljištu tipa fluvisol i iznosio je 0,404%. U istraživanjima **Markovića i sar.** (2007b) na aluvijalnom zemljištu sadržaj magnezijuma u biljnom materijalu lucerke je iznosio 0,28%, a crvene deteline 0,26%. Značajno niži sadržaj magnezijuma u biljkama, za 0,093%, bilo je na vertisolu (0,321%) i humogleju (0,301%), koji se međusobno nisu značajno razlikovali. Najniži sadržaj



magnezijuma zabeležen je na humofluvisolu (0,266%), černozeu (0,255%) i eutričnom kambisolu (0,237%). Statistički se značajno razlikuju od sadržaja magnezijuma u biljkama na ostalim tipovima zemljišta, jedino značajne razlike nisu potvrđene između humofluvisola i humogleja. U zemljištima sa najvećim sadržajem ukupnog Mg u zemljištu, konstatovan je i najveći sadržaj ovog elementa u biljnom materijalu. Korelacionom analizom konstatovana je značajna pozitivna veza između sadržaja magnezijuma u krmnim biljkama i njegovog ukupnog sadržaja u zemljištu ( $r=0,52^*$ ), a regresionom analizom utvrđena je statistički značajna prosečna promena sadržaja magnezijuma u biljkama, koja nastaje pri promeni sadržaja magnezijuma u zemljištu (grafikon 43). Regresioni koeficijent pokazuje da se sadržaj magnezijuma u biljkama poveća za 0,160% kada se njegov sadržaj u zemljištu poveća za jednu jedinicu.



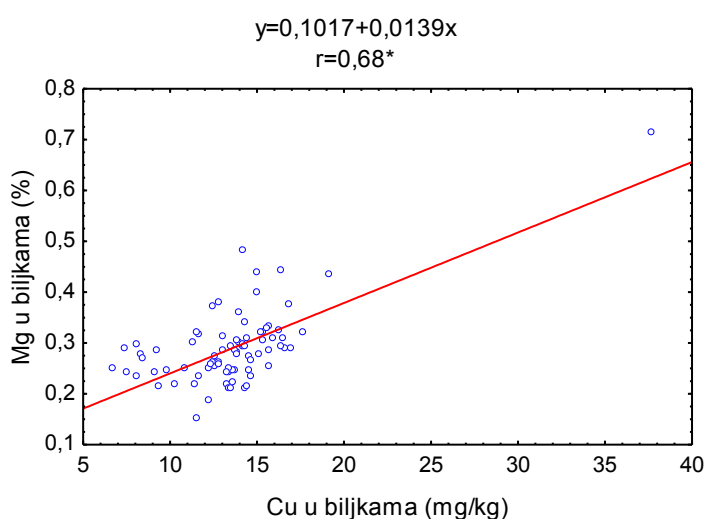
Grafikon 43. Zavisnost sadržaja Mg u suvoj materiji krmnih biljaka (%) od ukupnog sadržaja Mg u zemljištu (%)

Na fluvisolu je ostvaren najveći sadržaj magnezijuma u suvoj materiji lucerke i iznosio je 0,417%. Značajno niži sadržaj magnezijuma, za 0,078%, imala je lucerka na vertisolu (0,339%). Najniže koncentracije magnezijuma zabeležene su na humogleju (0,273%), humofluvisolu (0,263%), černozeu (0,231%) i eutričnom kambisolu (0,213%) i statistički se značajno razlikuju od sadržaja magnezijuma sa ostalih tipova zemljišta, ali između njih samih nije bilo značajnih razlika.

Najveću koncentraciju magnezijuma crvena detelina je ostvarila na fluvisolu (0,392%) i humogleju (0,328%), između kojih nije bilo značajnih razlika. U proseku za

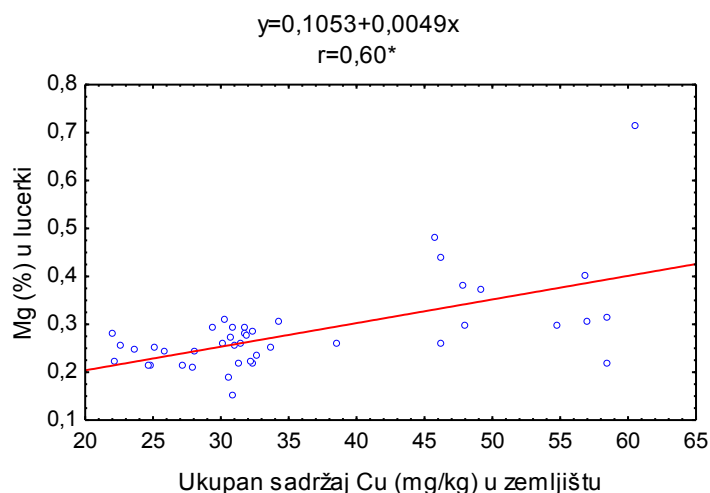
0,116% značajno niža koncentracija magnezijuma u odnosu na fluvisol konstatovana je na vertisolu (0,294%), černozeu (0,283%), humofluvisolu (0,269%) i eutričnom kambisolu (0,258%). U odnosu na humoglej, statistički je značajno niža koncentracija na humofluvisolu i eutričnom kambisolu.

Plodnost zemljišta nije imala uticaja na sadržaj magnezijuma u biljkama crvene deteline, dok je kod lucerke jedino na zemljištu vrlo visoke plodnosti (0,211 %) konstatovan značajni niži sadržaj u odnosu na zemljište visoke plodnosti (0,307%). Lucerka u uslovima adekvatne mineralne ishrane sadrži najmanje 0,30% Mg (**Koenig *et al.*, 1999**).



Grafikon 44. Zavisnost bakra (mg/kg) i magnezijuma (%) u suvoj materiji krmnih biljaka

Korelacionom analizom konstatovana je značajna pozitivna veza između sadržaja magnezijuma i bakra u krmnim biljkama ( $r=0,68^*$ ) (grafikon 44). Takođe, korelacionom analizom konstatovana je značajna pozitivna veza između sadržaja Mg u lucerki i ukupnog sadržaja Cu u zemljištu ( $r=0,60^*$ ), a regresionom analizom utvrđena je statistički značajna prosečna promena sadržaja Mg u biljkama, koja nastaje pri promeni sadržaja Cu u zemljištu (grafikon 45).



Grafikon 45. Zavisnost sadržaja Mg (%) u suvoj materiji lucerke od ukupnog sadržaja Cu (mg/kg) u zemljištu

Regresioni koeficijent pokazuje da se sadržaj Mg u biljkama poveća za 0,0049% kada se ukupan sadržaj Cu u zemljištu poveća za jednu jedinicu. Bakar može putem sinergizma da podstiče nakupljanje Mg (**Kastori**, 1990).

Između krmnih useva nije bilo statistički značajnih razlika u sadržaju magnezijuma u okviru pojedinačnih tipova zemljišta, kao ni klasa plodnosti. Prosečan sadržaj magnezijuma u suvoj materiji lucerke iznosio je 0,282%, a crvene deteline 0,297%, što znači da nema značajne razlike između njih. Prema **Lukiću** (2000) sadržaj Mg u lucerki varira od 0,08% do 0,30%, dok je prema rezultatima **Caddela et al.** (2004) prosečan sadržaj u senu iznosio 0,40%. Prema istraživanju **Markovića et al.** (2009) sadržaj Mg u biljkama lucerke je iznosio 0,68%. U ispitivanju hemijskog sastava lucerke, uzetih sa 12 različitih lokacija u Vojvodini, **Živkov-Baloš et al.** (2011) su konstatovali sadržaj magnezijuma od 0,257%. Sadržaj Mg u suvoj materiji crvene deteline kreće se u intervalu 0,24% do 0,81% (**Vučković**, 2004). U istraživanjima **Ignjatovića i sar.** (2001) prosečan sadržaj Mg u fazi cvetanja prvog otkosa crvene deteline iznosio je 0,51%. Crvena detelina je u punom cvetu sadržavala 0,26% Mg, a lucerka 0,30% (**Džamić i Stevanović**, 2000).

Između pojedinih tipova zemljišta su ustanovljene statistički značajne razlike u sadržaju ukupnog magnezijuma. Najveći sadržaj bio je na ispitivanim lokalitetima fluvisola, a najmanji na eutričnom kambisolu. S obzirom da leguminoze imaju najveće

zahteve za magnezijumom, kako ukazuju mnogobrojna istraživanja, jer poseduju veliku asimilacionu površinu i izražen intenzitet fotosinteze, njegov sadržaj u suvoj materiji lucerke i crvene deteline je veći u odnosu na druge kulture. Najveći sadržaj magnezijuma u suvoj materiji krmnih useva konstatovan je na fluvisolu, a najmanji na eutričnom kambisolu. Plodnost zemljišta nije značajnije uticala na sadržaj magnezijuma u biljkama, a takođe nije bilo razlike u njegovom usvajanju između samih useva. Sadržaj magnezijuma u biljci bio je u pozitivnoj korelaciji sa njegovim ukupnim sadržajem u zemljištu, te ukupnim sadržajem bakra.

### 7.3.7.3. Natrijum

Sadržaj natrijuma se po nekim autorima svrstava u neophodne, a po drugim u korisne elemente. U literaturi se navodi kao antagonist sa kalcijumom, može u manjoj ili većoj meri da zameni kalijum kod različitih biljnih vrsta (**Krstić**, 1987).

Varijabilan sadržaj natrijuma u biljkama uslovljen je biljnom vrstom i njenom starošću, ali i staništem, na kojem biljka raste (**Džamić i Stevanović**, 2000). Retko se dešava njegov nedostatak u zemljištu, naprotiv, mnogo češće je u suvišku.

Prosečan sadržaj natrijuma u zemljištu ispitivanih lokaliteta iznosio je 501,70 mg/kg (tabela 26).

Različiti tipovi zemljišta su se značajno razlikovali po sadržaju natrijuma. Najveći sadržaj zabeležen je u vertisolu (613,35 mg/kg) i eutričnom kambisolu (619,78 mg/kg). Signifikantno niže koncentracije natrijuma u zemljištu bile su u fluvisolu (525,19 mg/kg) i humogleju (474,38 mg/kg). Značajno niža koncentracija, u odnosu na prethodno pomenuta zemljišta, s izuzetkom humogleja, konstatovana je na ispitivanim lokalitetima černozema (435,89 mg/kg). Najmanji sadržaj natrijuma bio je u humofluvisolu (380,07 mg/kg), a statistički se nije razlikovao samo od sadržaja u černozemu.

Između zemljišta pod lucerkom i crvenom detelinom nisu zabeležene statistički značajne razlike u pogledu prosečnog sadržaja natrijuma. U okviru pojedinačnih tipova zemljišta samo je na lokalitetima černozema pod usevom crvene deteline zabeležen

značajno veći sadržaj natrijuma, za 73,43 mg/kg, u odnosu na zemljište pod usevom lucerke.

Tabela 26. Sadržaj natrijuma u zemljištu ispitivanih lokaliteta u zavisnosti od krmnog useva, tipa i dubine zemljišta (mg/kg).

Tip zemljišta	Dubina (cm)	Krmni usev		Prosek
		Lucerka	Crvena detelina	
Černozem	0-30	382,14	330,20	357,90 ef
	30-60	421,10	619,90	513,87 cd
	Prosek	<b>401,62 e</b>	<b>475,05 cd</b>	<b>435,89 CD</b>
Vertisol	0-30	633,80	663,32	645,60 a
	30-60	635,14	500,00	581,09 abc
	Prosek	<b>582,99 a</b>	<b>581,66 ab</b>	<b>613,35 A</b>
Eutrični kambisol	0-30	511,67	676,01	600,16 abc
	30-60	654,32	626,61	639,40 ab
	Prosek	<b>582,99 a</b>	<b>651,31 a</b>	<b>619,78 A</b>
Humofluvisol	0-30	329,99	320,54	325,26 f
	30-60	393,92	475,85	434,89 de
	Prosek	<b>361,96 e</b>	<b>398,19 de</b>	<b>380,07 D</b>
Fluvisol	0-30	507,07	542,60	524,84 bcd
	30-60	581,77	469,32	525,55 bcd
	Prosek	<b>544,42 abc</b>	<b>505,96 bcd</b>	<b>525,19 B</b>
Humoglej	0-30	431,97	453,51	443,38 e
	30-60	537,30	477,01	505,38 cd
	Prosek	<b>484,64 bcd</b>	<b>645,26 cd</b>	<b>474,38 BC</b>
<b>Prosek</b>	0-30	464,08 b	483,90 ab	473,75 b
	30-60	529,95 a	529,34 a	529,65 a
		<b>497,01 A</b>	<b>506,62 A</b>	<b>501,70</b>

Tretmani označeni istim slovima nemaju statistički signifikantne razlike (Fisherov test na nivou značajnosti 0,05).

Sadržaj natrijuma u površinskom sloju je u proseku bio značajno manji u odnosu na dublji sloj zemljišta, a razlika je iznosila 55,5 mg/kg. Pojedinačno gledano po tipovima zemljišta, samo se zemljišni profili fluvisola, vertisola i eutričnog kambisola nisu razlikovali po sadržaju natrijuma.

Prosečan sadržaj natrijuma u suvoj masi ispitivanih krmnih useva iznosio je 606,06 mg/kg (tabela 27). Prema **Džamić i Stevanović** (2000) sadržaj u varira od 0,01% do 2,00%.

Tabela 27. Sadržaj natrijuma u suvoj materiji lucerke i crvene deteline u zavisnosti od krmnog useva, tipa i klasa plodnosti zemljišta (mg/kg).

Tip zemljišta	Krmni usev		Prosek
	Lucerka	Crvena detelina	
Černozem	592,25 bcd	324,30 ef	<b>467,21 BC</b>
Vertisol	1325,46 a	342,35 def	<b>932,21 A</b>
Eutrični kambisol	532,48 cde	303,40 ef	<b>409,13 C</b>
Humofluvisol	699,96 bc	220,74 f	<b>460,35 BC</b>
Fluvisol	1254,00 a	455,62 cdef	<b>854,81 A</b>
Humoglej	832,37 b	390,77 def	<b>611,57 B</b>
<b>Prosek</b>			
Klase plodnosti			
Niska plodnost	880,20 a	302,60 b	<b>495,13 AB</b>
Srednja plodnost	841,92 a	370,16 b	<b>675,412 A</b>
Visoka plodnost	952,06 a	315,45 b	<b>656,49 A</b>
Vrlo visoka plodnost	564,33 a	311,59 b	<b>374,77 B</b>
<b>Prosek</b>	<b>863,64 A</b>	<b>329,06 B</b>	<b>606,06</b>

Tretmani označeni istim slovima nemaju statistički signifikantne razlike (Fisherov test na nivou značajnosti 0,05).

Pedodiverzitet je imao uticaj na prosečnu koncentraciju natrijuma u krmnim usevima. Najveći prosečan sadržaj natrijuma u biljkama konstatovan je na zemljištu tipa vertisol (932,21 mg/kg), te na fluvisolu (854,81 mg/kg) i između njih nije bilo statistički značajnih razlika. Značajno niža koncentracija natrijuma bila je na humogleju (611,57 mg/kg). Za 147,79 mg/kg niža je bila koncentracija natrijuma u biljkama sa černozema (467,21 mg/kg) i humofluvisola (460,35 mg/kg), ali nije bila statistički značajna u odnosu na rezultate sa humogleja. Najniži sadržaj natrijuma zabeležen je na eutričnom kambisolu (409,13 mg/kg) i statistički se značajno razlikovao od sadržaja natrijuma u biljkama sa ostalih tipova zemljišta, osim černozema i humofluvisola. U ispitivanju **Katića i sar.** (2009) na černozemu lucerka je imala u drugoj godini prosečan sadržaj natrijuma 0,109%. Njegov sadržaj u biljkama bio veći na zemljištima sa njegovim većim ukupnim sadržajem. Izuzetak čine samo biljke sa eutričnog kambisola, koji je imao najveću količinu ukupnog Na, dok su biljke sa ovih lokaliteta imale najmanje Na u suvoj masi.

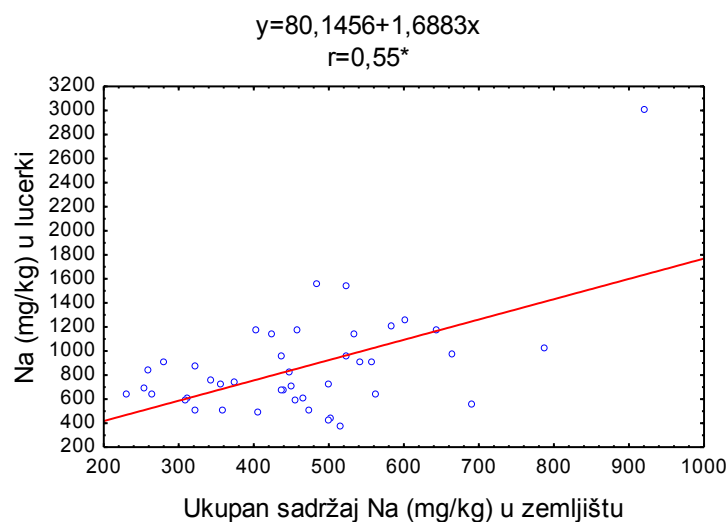
Najveća koncentracija natrijuma u suvoj materiji lucerke konstatovana je na vertisolu (1325,46 mg/kg) i fluvisolu (1254,00 mg/kg). Za 581,54 mg/kg niži sadržaj

natrijuma imala je lucerka na humogleju (832,37 mg/kg), zatim na humofluvisolu (699,96 mg/kg) i černozeu (592,25 mg/kg), što predstavlja statistički značajnu razliku.

Najniži sadržaj natrijuma u lucerki zabeležen je na eutričnom kambisolu (532,48 mg/kg) i statistički se nije značajno razlikovao samo od sadržaja natrijuma u suvoj masi biljaka sa černozeu i humofluvisola.

Najveći sadržaj natrijuma u biljkama crvene deteline ostvaren je na fluvisolu (455,62 mg/kg), dok je najmanji bio na humofluvisolu (220,74 mg/kg), ali između sadržaja natrijuma u biljkama crvene deteline na različitim tipovima zemljišta nije bilo statistički značajnih razlika. Kao i u slučaju lucerke, i crvena detelina je više akumulirala Na na zemljištima, gde je više zastupljen. Takođe, izuzetak predstavljaju biljke crvene deteline sa eutričnog kambisola, koje su uprkos njegovom velikom sadržaju u zemljištu, imale veoma mali sadržaj u biljnom materijalu.

Plodnost zemljišta nije imala je uticaj na sadržaj natrijuma u biljnom materijalu oba krmna useva, s obzirom da je akumulacija Na u biljkama u direktnoj zavisnosti od njegovog sadržaja u zemljištu, a ispitivani lokaliteti nisu imali prekomeran sadržaj Na, koji bio mogao da štetno deluje na biljke. Korelacionom analizom konstatovana je značajna pozitivna veza između sadržaja Na u lucerki i ukupnog sadržaja Na u zemljištu ( $r=0,55^*$ ), a regresionom analizom utvrđena je statistički značajna prosečna promena sadržaja Na u biljkama, koja nastaje pri promeni sadržaja Na u zemljištu (grafikon 46). Regresioni koeficijent pokazuje da se sadržaj Na u biljkama poveća za 1,69% kada se ukupan sadržaj Na u zemljištu poveća za jednu jedinicu. Natrijum se u zemljištu nalazi u obliku raznih soli, pre svega NaCl, Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>, Na<sub>2</sub>HPO<sub>4</sub>, koje su dobre rastvorljivosti u vodi (Ubavić i Bogdanović, 1995; Džamić i Stevanović, 2000). Nakon njihovog rastvaranja i jonizacije prelazi u zemljišni rastvor. Veoma je pokretljiv u zemljištu i podložan ispiranju.



Grafikon 46. Zavisnost sadržaja Na (mg/kg) u suvoj materiji lucerke od ukupnog sadržaja Na u zemljištu (mg/kg)

Lucerka je, u odnosu na crvenu detelinu, imala značajno veći sadržaj natrijuma u suvoj materiji na pojedinačnim tipovima zemljišta, osim na eutričnom kambisolu, a navedene vrednosti su bile u intervalu od 267,95 mg/kg na černozeu do 983,11 mg/kg na vertisolu. Prosečan sadržaj natrijuma u suvoj materiji lucerke iznosio je 863,64 mg/kg, a crvene deteline 329,06 mg/kg, što predstavlja značajnu razliku. Dobijeni rezultati su u skladu sa istraživanjima. **Džamić i Stevanović** (2000), prema kojima je lucerka u punom cvetanju sadržavala 522 mg/kg, a crvena detelina 200 mg/kg natrijuma. Prema **Krstiću** (2012) lucerka je ostvarila prosečan sadržaj natrijuma od 0,054% u prvom otkosu druge godine proizvodnje. U ispitivanju hemijskog sastava lucerke, uzetih sa 12 različitih lokacija u Vojvodini, **Živkov-Baloš et al.** (2011) su konstatovali sadržaj natrijuma od 0,087%. U ispitivanju **Vasiljević et al.** (2011) crvena detelina je ostvarila prosečan sadržaj natrijuma od 0,11% suve materije u prvom otkosu druge godine proizvodnje.

Takođe, u okviru svake pojedinačne klase plodnosti zemljišta lucerka je imala značajno veći sadržaj natrijuma, a razlika je bila u intervalu od 252,74 mg/kg na zemljištu vrlo visoke plodnosti do 636,61 mg/kg na zemljištu visoke plodnosti. Zbog ove svoje karakteristike lucerka se koristi za desalinizaciju zemljišta.



Različiti tipovi zemljišta su se značajno razlikovali po sadržaju natrijuma. Najveći sadržaj zabeležen je u vertisolu i eutričnom kambisolu. Najveća koncentracija natrijuma u suvoj materiji lucerke i crvene deteline konstatovana je na vertisolu i fluvisolu, a najniža na eutričnom kambisolu. Plodnost zemljišta nije imala je uticaja na sadržaj natrijuma u biljnom materijalu. U odnosu na crvenu detelinu lucerka je akumulirala znatno veće količine natrijuma, te se zbog svoje osobine da usvaja natrijum u većim količinama koristi za desalinizaciju zemljišta. Korelacionom analizom konstatovana je značajna pozitivna veza između sadržaja Na u lucerki i ukupnog sadržaja Na u zemljištu.

#### 7.3.7.4. Sumpor

Usvajanje i akumulacija sumpora od strane biljka uslovljeno je njegovim sadržajem u zemljištu, biljnom vrstom, ali i uslovima, koji vladaju u zemljištu. Prosečan sadržaj sumpora u zemljištu ispitivanih lokaliteta iznosio je 0,048% (tabela 28).

U pogledu sadržaja sumpora svi tipovi zemljišta su se podelili u dve grupe, sa signifikantno različitim sadržajem. Prvoj grupi, sa većim sadržajem sumpora, pripadaju eutrični kambisol (0,062%) i humoglej (0,066%). Grupi sa manjim sadržajem sumpora pripadaju černozem (0,041%), humofluvisol (0,040%), vertisol (0,037%) i fluvisol (0,034%). Presečan sadržaj sumpora u zemljištu na dubini 0-30 cm, prema ispitivanjima **Ivoića i sar.** (1988), varira u granicama 0,011-0,130%, pri čemu je sadržaj u aluvijumu beskarbonatnom 0,070%, a karbonatnom 0,023%.

Između zemljišta pod lucerkom i crvenom detelinom nisu zabeležene statistički značajne razlike u pogledu prosečnog sadržaja sumpora. U okviru pojedinačnih tipova zemljišta samo je na lokalitetima humofluvisola pod usevom crvene deteline zabeležen značajno veći sadržaj sumpora, za 0,038%, u odnosu na zemljište pod usevom lucerke.

Sadržaj sumpora u površinskom sloju se u proseku nije razlikovao od sadržaja u dubljem sloju. Pojedinačno gledano po tipovima zemljišta, samo su se zemljišni profili humofluvisola značajno razlikovali po sadržaju sumpora i ta razlika je iznosila 0,025% u korist dubljeg sloja.

Tabela 28. Sadržaj sumpora u zemljištu ispitivanih lokaliteta u zavisnosti od krmnog useva, tipa i dubine zemljišta (%).

Tip zemljišta	Dubina (cm)	Krmni usev		Prosek
		Lucerka	Crvena detelina	
Černozem	0-30	0,049	0,050	0,050 abcd
	30-60	0,034	0,032	0,033 cd
	Prosek	<b>0,042 cd</b>	<b>0,041 cd</b>	<b>0,041 B</b>
Vertisol	0-30	0,049	0,032	0,042 bcd
	30-60	0,035	0,028	0,033 cd
	Prosek	<b>0,042 cd</b>	<b>0,030 d</b>	<b>0,037 B</b>
Eutrični kambisol	0-30	0,074	0,065	0,069 a
	30-60	0,061	0,048	0,054 abc
	Prosek	<b>0,067 ab</b>	<b>0,057 abc</b>	<b>0,062 A</b>
Humofluvisol	0-30	0,035	0,019	0,027 d
	30-60	0,082	0,022	0,052 abc
	Prosek	<b>0,059 abc</b>	<b>0,021 d</b>	<b>0,040 B</b>
Fluvisol	0-30	0,035	0,034	0,035 bcd
	30-60	0,032	0,035	0,033 cd
	Prosek	<b>0,033 cd</b>	<b>0,035 cd</b>	<b>0,034 B</b>
Humoglej	0-30	0,076	0,062	0,069 a
	30-60	0,037	0,087	0,063 ab
	Prosek	<b>0,056 abc</b>	<b>0,075 a</b>	<b>0,066 A</b>
<b>Prosek</b>	0-30	0,054 a	0,045 a	0,049 a
	30-60	0,047 a	0,045 a	0,046 a
		<b>0,050 A</b>	<b>0,045 A</b>	<b>0,048</b>

Tretmani označeni istim slovima nemaju statistički signifikantne razlike (Fisherov test na nivou značajnosti 0,05).

Kritičan sadržaj sumpora u biljkama lucerke je 0,22-0,30%, a najveći 0,47%, dok se kod detelina kritičan sadržaj kreće u granicama 0,14-0,32%, a najveći iznosi 0,49% (Saalbach, 1972). To znači da je njegov sadržaj u leguminozama približan sadržaju fosfora, što govori o njegovom velikom značaju. Prosečan sadržaj sumpora u suvoj materiji ispitivanih krmnih useva, na nivou čitavog oglada, iznosio je 0,24% (tabela 29).

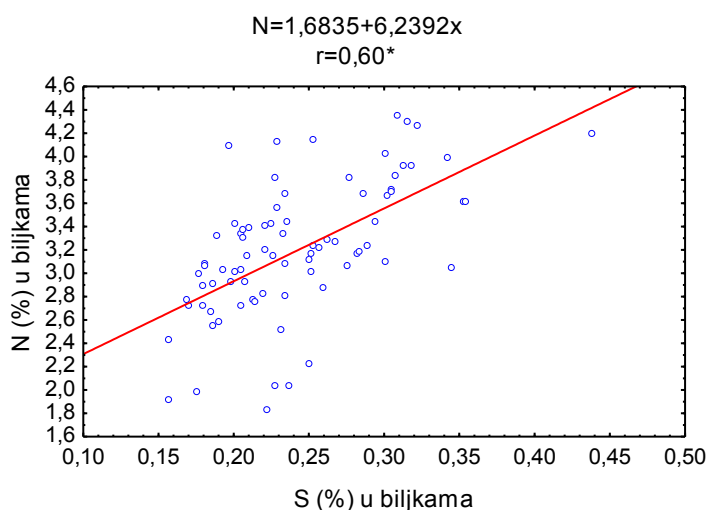
Tabela 29. Sadržaj sumpora u suvoj materiji lucerke i crvene deteline u zavisnosti od krmnog useva, tipa i klasa plodnosti zemljišta (%).

Tip zemljišta	Krmni usev		Prosek
	Lucerka	Crvena detelina	
Černozem	0,30 ab	0,22 de	<b>0,26 AB</b>
Vertisol	0,27 bc	0,18 f	<b>0,24 BC</b>
Eutrični kambisol	0,23 d	0,19 ef	<b>0,21 D</b>
Humofluvisol	0,30 ab	0,19 ef	<b>0,25 AB</b>
Fluvisol	0,24 cd	0,18 f	<b>0,21 D</b>
Humoglej	0,31 a	0,23 d	<b>0,27 A</b>
<b>Klase plodnosti</b>			
Niska plodnost	0,23 b	0,19 b	<b>0,20 C</b>
Srednja plodnost	0,28 a	0,19 b	<b>0,25 AB</b>
Visoka plodnost	0,29 a	0,22 b	<b>0,25 A</b>
Vrlo visoka plodnost	0,30 a	0,21 b	<b>0,23 BC</b>
<b>Prosek</b>	<b>0,28 A</b>	<b>0,20 B</b>	<b>0,24</b>

Tretmani označeni istim slovima nemaju statistički signifikantne razlike (Fisherov test na nivou značajnosti 0,05).

Rezultati ogleda pokazuju da je uticaj tipa zemljišta na sadržaj sumpora u biljkama lucerke i crvene deteline bio značajan. Najveći prosečan sadržaj konstatovan je u ispitivanim krmnim biljkama poreklom sa humogleja (0,27%), černozema (0,26%) i humofluvisola (0,25%).

Značajno niži sadržaj u odnosu na rezultate sa humogleja imale su biljke sa vertisola (0,24%), dok je najniži sadržaj zabeležen u suvoj materiji biljaka sa eutričnog kambisola (0,21%) i fluvisola (0,21%). Sadržaj sumpora u biljkama bio je proporcionalan njegovom sadržaju u zemljištu, s izuzetkom eutričnog kambisola, koji je imao nešto viši sadržaj sumpora u zemljištu (0,62%), u odnosu na ostale ispitivane tipove zemljišta, ali se to nije odrazilo na njegov sadržaj u biljkama. S obzirom da sulfatni jon  $\text{SO}_4^{2-}$  u kiselim zemljištima podleže procesu adsorpcije sa seskvioksidima ( $\text{Al}^{+3}$  i  $\text{Fe}^{+3}$ ) (Džamić i Stevanović, 2000) i optimalna pH vrednost za njegovo usvajanje od strane biljaka iznosi 6,5 (Padayatty, 1973; Bradfield, 1970), eutrični kambisol, usled svoje kisele reakcije (4,76 u proseku), te većeg sadržaja gvožđa i aluminijuma, sadržavao je manje količine sumpora pristupačnog biljkama.



Grafikon 47. Zavisnost sadržaja azota (%) i sumpora (%) u suvoj materiji krmnih biljaka

U oglecima, na zemljištu deficitarnom u sumporu, dodavanje malih količina ovog elementa, 15-20 kg/ha, značajno uticalo na povećanje prinosa i ukupan sadržaj azota i sumpora u biljkama (**Andrews**, 1977). Korelacionom analizom konstatovana je značajna pozitivna veza između sadržaja azota i sumpora u krmnim biljkama ( $r=0,60^*$ ) (grafikon 47). Sumpor pozitivno utiče na rast kvržičnih bakterija, formiranje kvržica i njihovo funkcionisanje, ali i na rast biljke, što se odražava na veću azotofiksaciju (**Divito and Sadras**, 2014).

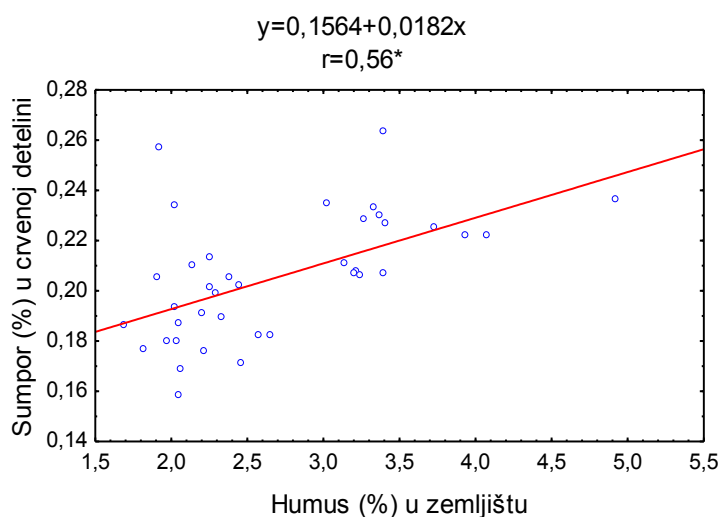
Povećanje prinosa i sadržaja sumpora na zemljištu deficitarnom u ovom elementu, zapaženo je već i pri malim količinama primenjenog S, dok je pri primeni 68 kg/ha prinos povećan sa 3,62 t/ha (kontrolna varijanta) na 11,65 t/ha (**Bailey**, 1983).

Najveći sadržaj sumpora u suvoj materiji lucerke zabeležen je na humogleju i iznosio je 0,23%. Nešto niži sadržaj S imala je lucerka na humofluvisolu (0,30%) i černozemu (0,30%), ali razlike nisu bile statistički značajne. U odnosu na rezultate sa humogleja, biljke lucerke su imale značajno niži sadržaj na vertisolu (0,27%), te na fluvisolu (0,24%), na kojem je lucerka imala niži sadržaj sumpora u odnosu na prethodno navedene tipove zemljišta. Najniži sadržaj konstatovan je u lucerki poreklom sa eutričnog kambisola (0,23%).

Najveća koncentracija sumpora u suvoj materiji biljaka crvene deteline ostvarena je na humogleju (0,23%) i černozemu (0,22%). Značajno nižu koncentraciju

sumpora, u odnosu na rezultate sa humogleja, imale su biljke crvene deteline poreklom sa eutričnog kambisola (0,19%) i humofluvisola (0,19%). Najniže koncentracije su zabeležene u biljkama crvene deteline poreklom sa vertisola (0,18%) i fluvisola (0,18%), koje su se značajno razlikovale od rezultata sa ostalih tipova zemljišta.

Prema sadržaju sumpora na zemljištima različite plodnosti, sa statističkom značajnošću, izdvojile su se biljke lucerke poreklom sa zemljišta niske plodnosti, koje su u proseku imale za 0,06% niži sadržaj u odnosu na biljke sa ostalih tipova zemljišta. S obzirom da se ispitivana zemljišta niske plodnosti karakterišu kiselijom reakcijom zemljišta, manjim sadržajem organske materije, kao i većim sadržajem seskvioksida, te usled toga manjom količinom pristupačnog sumpora (Lukić, 2000; Džamić i Stevanović, 2000) očekivano je bilo da biljke sa ovih lokaliteta imaju manji sadržaj sumpora u suvoj materiji.

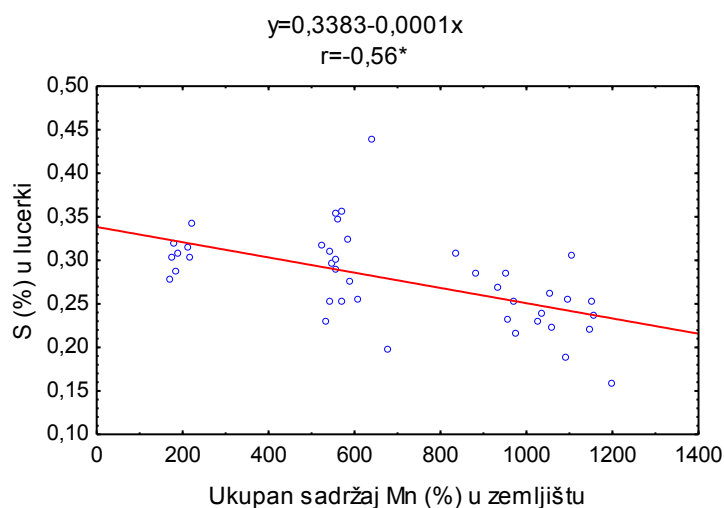


Grafikon 48. Zavisnost sadržaja sumpora (%) u suvoj materiji crvene deteline od sadržaja humusa (%) u zemljištu

Plodnost zemljišta nije imala uticaja na sadržaj sumpora u biljkama crvene deteline, ali je konstatovana značajna korelaciona veza između sadržaja humusa u zemljištu i sumpora u biljkama crvene deteline. Korelacionom analizom konstatovana je značajna pozitivna veza između sadržaja sumpora u crvenoj detelini i sadržaja humusa u zemljištu ( $r=0,56^*$ ), a regresionom analizom utvrđena je statistički značajna prosečna promena sadržaja sumpora u biljkama, koja nastaje pri promeni sadržaja humusa u zemljištu (grafikon 48). Regresioni koeficijent pokazuje da se sadržaj sumpora u

biljkama poveća za 0,02% kada se sadržaj humusa u zemljištu poveća za jednu jedinicu. Prisustvo većih količina organske materije u zemljištu povećava sadržaj neophodnih elemenata za ishranu biljaka, s obzirom da se njihovim razlaganjem hranjivi elementi prevode u mineralne oblike pristupačne biljkama. Razlaganje organskih sumpornih jedinjenja odvija se pod uticajem brojnih heterotrofnih mikroorganizama i praćena je određenim biohemijskim reakcijama (Ubavić i Bogdanović, 1995). Osim toga, humus ima stimulatívni efekat na povećanje biomase i usvajanje makroelemenata (Chen and Aviad, 1990).

Konstatovana je značajna negativna korelaciona veza između sadržaja sumpora u lucerki i sadržaja Mn u zemljištu ( $r=-0,56^*$ ), a regresionom analizom utvrđena je statistički značajna prosečna promena sadržaja sumpora u biljkama, koja nastaje pri promeni sadržaja Mn u zemljištu (grafikon 49). Regresioni koeficijent pokazuje da se sadržaj sumpora u biljkama smanji za 0,0001% kada se sadržaj Mn u zemljištu poveća za jednu jedinicu.



Grafikon 49. Zavisnost sadržaja sumpora (%) u suvoj materiji lucerke od ukupnog sadržaja Mn (mg/kg) u zemljištu

Lucerka je u okviru svake klase plodnosti zemljišta imala veći sadržaj sumpora u odnosu na crvenu detelinu, a samo na zemljištu niske plodnosti ta razlika nije bila signifikantna. Takođe, lucerka je na svim tipovima zemljišta ostvarila signifikantno veći sadržaj sumpora u suvoj materiji u odnosu na crvenu detelinu, u proseku za 0,08%, što je u skladu s literaturnim podacima. Prema Brook-u (1979) deteline prinosom

iznesu 2,44 kg S/t suve materije, a lucerka od 2,70 kg S/t (**Koenig *et al.***, 1999) do 2,80 kg S/t suve materije (**Caddel *et al.***, 2004). Jon sumpora je veoma mobilan i podložan ispiranju, a korenov sistem lucerke dopire znatno dublje, u odnosu na crvenu detelinu, te ona može da usvaja i sumpor iz dubljih slojeva zemljišta (**Lukić**, 2000).

Eutrični kambisol i humoglej su imali značajno veću koncentraciju sumpora u odnosu na ostale tipove zemljišta. Najveći prosečan sadržaj sumpora u suvoj materiji konstatovan je u krmnim biljkama poreklom sa humogleja, černozema i humofluvisola. Biljke lucerke poreklom sa zemljišta niske plodnosti imale su manji sadržaj sumpora u suvoj materiji u odnosu na ostale klase plodnosti, dok na akumulaciju u biljkama crvene deteline plodnost nije imala uticaja. Lucerka je usvojila veće količine sumpora u odnosu na crvenu detelinu, s obzirom da korenov sistem lucerke dopire dublje u zemljište i usvaja sumpor iz dubljih slojeva. Sadržaj sumpora u biljkama bio je u negativnoj korelaciji sa sadržajem Mn u zemljištu, a u pozitivnoj sa sadržajem humusa u zemljištu i N u biljkama.

### **7.3.8. Mikroelementi**

#### **7.3.8.1. Bakar**

Sadržaj bakra u biljkama zavisi od brojnih spoljašnjih i unutrašnjih činilaca. Prvenstveno je uslovljen sadržajem pristupačnih oblika, te biljnom vrstom. Sadržaj pristupačnog Cu se povećava pri vrednosti  $\text{pH} < 6,0$ , a smanjuje se pri  $\text{pH} > 7,0$ , dok je na jako kiselim zemljištima  $\text{pH} < 4,5$  podložan ispiranju ili se slabije usvaja zbog usvajanja drugih jona (**Kastori**, 1990). U neutralnim i slabo kiselim zemljištima može doći do taloženja sa fosfatima, te se stvara teško rastvorljivi tercijarni fosfat. U zemljištu sa dosta organske materije veže se u teže rastvorljiva jedinjenja. Pozitivna korelacija postoji između sadržaja gline i Cu, kao i između sadržaja bakra i cinka (**Mc Laren *et al.***, 1984). Sadržaj cinka i bakra u lucerki mogu neznatno opasti sa povećanjem pH vrednosti zemljišta (**Marković *et al.***, 2009).

Prema Pravilniku o dozvoljenim količinama opasnih i štetnih materija u zemljištu i vodi za navodnjavanje i metodama njihovog ispitivanja (**Službeni glasnik RS**, br. 23/1994) maksimalno dozvoljena količina bakra iznosi 100 mg/kg, što znači da sadržaj Cu u zemljištu svih ispitivanih lokaliteta ne prelazi graničnu vrednost (tabela 30). Prosečan ukupan sadržaj bakra iznosio je 35,05 mg/kg.

Tabela 30. Ukupan sadržaj bakra u zemljištu ispitivanih lokaliteta u zavisnosti od krmnog useva, tipa i dubine zemljišta (mg/kg).

Tip zemljišta	Dubina (cm)	Krmni usev		Prosek
		Lucerka	Crvena detelina	
Černozem	0-30	24,43	27,79	26,00 e
	30-60	21,81	32,55	26,82 e
	Prosek	<b>23,12 h</b>	<b>30,17 f</b>	<b>26,41 D</b>
Vertisol	0-30	53,26	44,47	49,74 a
	30-60	51,33	41,47	47,39 ab
	Prosek	<b>52,29 a</b>	<b>42,97 c</b>	<b>48,56 A</b>
Eutrični kambisol	0-30	31,67	32,49	32,11 cd
	30-60	35,18	33,20	34,11 c
	Prosek	<b>33,42 de</b>	<b>32,85 de</b>	<b>33,11 B</b>
Humofluvisol	0-30	30,96	31,33	31,14 d
	30-60	32,95	30,81	31,88 cd
	Prosek	<b>31,95 def</b>	<b>31,07 ef</b>	<b>31,51 BC</b>
Fluvisol	0-30	47,31	45,26	46,29 b
	30-60	48,71	44,51	46,61 b
	Prosek	<b>48,01 b</b>	<b>44,89 bc</b>	<b>46,45 A</b>
Humoglej	0-30	30,27	35,57	33,08 cd
	30-60	22,30	31,82	27,34 e
	Prosek	<b>26,28 g</b>	<b>33,70 d</b>	<b>30,21 C</b>
<b>Prosek</b>	0-30	35,90 a	35,14 a	35,53 a
	30-60	34,52 a	34,63 a	34,57 a
		<b>35,21 A</b>	<b>34,89 A</b>	<b>35,05</b>

Tretmani označeni istim slovima nemaju statistički signifikantne razlike (Fisherov test na nivou značajnosti 0,05).

Sadržaj ukupnog bakra se razlikovao u zavisnosti od tipa zemljišta, što je u skladu sa ispitivanjima drugih autora (**Popović**, 1989; **Jekića**, 1974; **Jekića i sar.**, 1989) Najveću koncentraciju imali su vertisol (48,56 mg/kg) i fluvisol (46,45 mg/kg). Prema ispitivanju **Jekića** (1974), te **Jekića i sar.** (1989) ukupan sadržaj Cu u fluvisolu je



iznosio 14,4-41,6 mg/kg, a smonici 25,2-44,2 mg/kg. **Markoski et al.** (2011) su u ispitivanju fluvisola konstatovali 21,02 mg/kg Cu u sloju 0-33 cm, te 6,40 mg/kg u sloju 33-61 cm.

Signifikantno niža koncentracija ukupnog bakra bila je u eutričnom kambisolu (33,11 mg/kg) i humofluvisolu (31,51 mg/kg). Gajnjača je u ispitivanju **Jekića** (1974), te **Jekića i sar.** (1989) sadržavala Cu 35,0-49,0 mg/kg. Značajno niža koncentracija, u odnosu na prethodno pomenuta zemljišta, s izuzetkom humofluvisola, konstatovana je na ispitivanim lokalitetima humogleja (30,21 mg/kg). Najmanji ukupan sadržaj bakra bio je u černozemu (26,41 mg/kg), a statistički se razlikovao od svih ostalih ispitivanih tipova zemljišta. **Popović** (1989) je u černozemu je konstatovao Cu 60 mg/kg, a **Jekić** (1974), te **Jekić i sar.** (1989) su našli 33,0-46,0 mg/kg. Svetski prosek za sadržaj Cu u zemljištu iznosi 30 mg/kg (**Markoski et al.**, 2011).

Između zemljišta pod lucerkom i crvenom detelinom nisu zabeležene statistički značajne razlike u pogledu prosečnog sadržaja ukupnog bakra. U okviru pojedinačnih tipova zemljišta značajno veći ukupan sadržaj bakra konstatovan je pod usevom crvene deteline na lokalitetima černozema (za 7,05 mg/kg) i humogleja (za 7,42 mg/kg), te pod usevom lucerke u vertisolu za 9,32 mg/kg.

Površinski i dublji sloj zemljišta u proseku se nisu razlikovali po sadržaju ukupnog bakra, a pojedinačno gledano po tipovima zemljišta, samo je u humogleju površinski sloj imao značajno veći sadržaj u odnosu na dublji sloj zemljišta. Ispitivanjem zemljišta vinograda **Ninkov i sar.** (2008) su primetili značajno veće količine Cu u površinskom sloju, koje su posledica antropogenog uticaja.

Prosečan sadržaj bakra u suvoj materiji lucerke i crvene deteline u čitavom ogledu je iznosio 13,51 mg/kg (tabela 31). Prema **Kastoriju** (1990) sadržaj Cu u biljkama se nalazi u intervalu 2-20 mg/kg. Veći broj autora smatra da su krmne biljke optimalno obezbeđene Cu ako je njegov sadržaj u nadzemnim delovima biljaka 5 mg/kg. U literaturi se često navodi da su biljke lucerke optimalno obezbeđene Cu ukoliko sadrže čak 20 mg/kg (**Marković i sar.**, 2007b).

S obzirom da prosečna kritična koncentracija Cu u gajenim biljkama iznosi 15,0 mg/kg, a toksična 20,0 mg/kg suve materije (**Kastori i sar.**, 1997), vrednosti ispitivanih uzoraka su prelazile navedene granice na pojedinim lokalitetima černozema, veritsola, fluvisola i humogleja.

Konstatovane su značajne razlike u sadržaju bakra u ispitivanim krmnim usevima na različitim tipovima zemljišta. Najveći sadržaj bakra krmni usevi su imali na vertisolu (16,01 mg/kg), fluvisolu (14,98 mg/kg) i černozeu (13,90 mg/kg). U istraživanjima **Markovića i sar.** (2007b) na aluvijalnom zemljištu sadržaj bakra u biljnom materijalu lucerke je iznosio 14,90 mg/kg, a crvene deteline 40,10 mg/kg. Značajno niži sadržaj bakra u odnosu na vertisol imale su biljke na eutričnom kambisolu (12,82 mg/kg) i humogleju (12,50 mg/kg). Najniži sadržaj bakra bio je na humofluvisolu (11,65 mg/kg) i bio je značajno niži od sadržaja na ostalim tipovima zemljišta, u proseku za 2,39 mg/kg, s izuzetkom humogleja, černoze i eutričnog kambisola.

Tabela 31. Sadržaj bakra u suvoj materiji lucerke i crvene deteline u zavisnosti od krmnog useva, tipa i klasa plodnosti zemljišta (mg/kg).

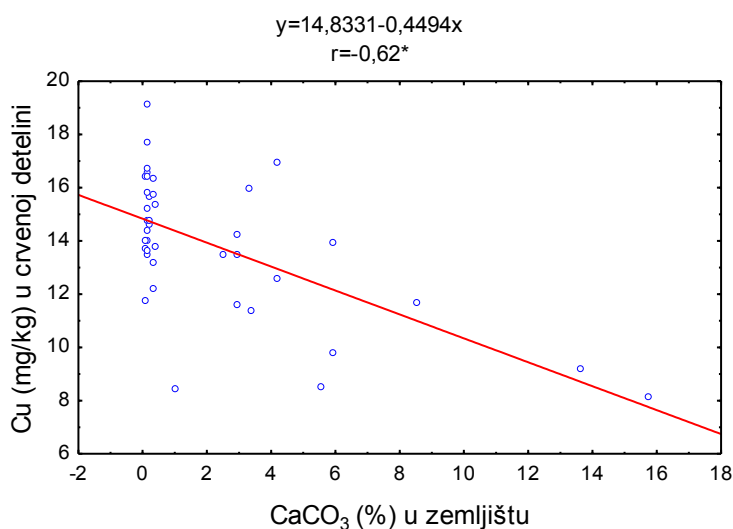
Tip zemljišta	Krmni usev		Prosek
	Lucerka	Crvena detelina	
Černozem	14,31 ab	13,44 abc	<b>13,90 ABC</b>
Vertisol	16,09 a	15,88 a	<b>16,01 A</b>
Eutrični kambisol	11,88 bcd	13,63 abc	<b>12,82 BC</b>
Humofluvisol	13,21 abc	10,10 cd	<b>11,65 C</b>
Fluvisol	13,63 abc	16,33 a	<b>14,98 AB</b>
Humoglej	9,66 d	15,34 ab	<b>12,50 BC</b>
<b>Klase plodnosti</b>			
Niska plodnost	13,83 a	13,65 a	<b>13,65 A</b>
Srednja plodnost	12,52 b	15,64 a	<b>13,62 A</b>
Visoka plodnost	14,01 a	13,41 a	<b>13,73 A</b>
Vrlo visoka plodnost	13,83 a	12,19 b	<b>12,60 A</b>
<b>Prosek</b>	<b>13,21 A</b>	<b>13,84 A</b>	<b>13,51</b>

Tretmani označeni istim slovima nemaju statistički signifikantne razlike (Fisherov test na nivou značajnosti 0,05).

U suvoj materiji lucerke najveća koncentracija bakra konstatovana je na vertisolu (16,09 mg/kg), zatim na černozeu (14,31 mg/kg), fluvisolu (13,63 %) i humofluvisolu (13,21 mg/kg). Za 4,21 mg/kg niža koncentracija bakra, u odnosu na vertisol, konstatovana je na eutričnom kambisolu (11,88 mg/kg), što je statistički značajno. Najniži sadržaj bakra imala je lucerka na humogleju (9,66 mg/kg).

U pogledu koncentracije bakra u biljkama crvene deteline konstatovane su manje razlike između pojedinih tipova zemljišta. Naime, između fluvisola (16,33 mg/kg), vertisola (15,88 mg/kg), humogleja (15,34 mg/kg), eutričnog kambisola (13,63 mg/kg) i černozema (13,44 mg/kg) nije bilo statistički značajnih razlika u pogledu sadržaja bakra. Značajno niža koncentracija bakra u odnosu na prethodne tipove zemljišta je bila u biljkama sa humofluvisola (10,10 mg/kg) u proseku za 5,75 mg/kg, osim u slučaju eutričnog kambisola i černozema.

S obzirom da su biljke sa najvećom koncentracijom Cu poreklom sa zemljišta, koja su sadržavala najveću količinu ukupnog Cu, može se zaključiti da je presudan uticaj na sadržaj u biljkama imao njegov ukupan sadržaj u zemljištu. Takođe, navedena zemljišta su imala i optimalnu pH vrednost sa stanovišta ishrane ovim elementom, koja se nalazi u intervalu 4,6-6,0 (**Kastori**, 1990), a i drugi potencijalno ograničavajući činioci, kao što su sadržaj organske materije i kalcijum-karbonata nisu bili na visokom nivou, te nisu imali negativnog uticaja na usvajanje Cu. Prema tome ukupan sadržaj Cu bio je usko povezan sa sadržajem njegovih pristupačnih oblika, što je u skladu sa dosadašnjim istraživanjima (**Kastori**, 1990; **Bošković-Rakočević i Bokan**, 2005). Uticaj tipa zemljišta na sadržaj bakra u suvoj materiji biljke ustanovili su i **Szabó et al.** (1987), pri čemu je najveći sadržaj Cu u fazi pojave pupoljaka konstatovan na lesnom zemljištu, 11,0 ppm kod crvene deteline i 9,8 ppm kod lucerke, zatim na slatinama,

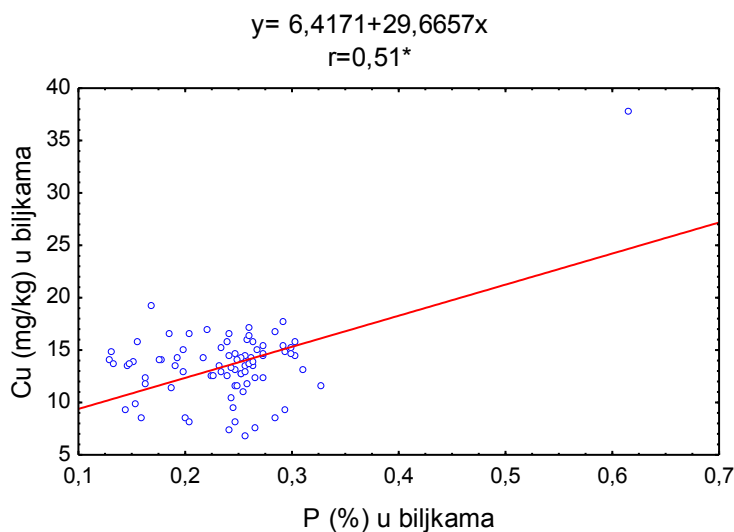


Grafikon 50. Zavisnost sadržaja bakra (mg/kg) u suvoj materiji crvene deteline od sadržaja kalcijum-karbonata (%) u zemljištu

peskovitim zemljištima, a najmanji na zabarenim, gde je zabeleženo 7,3 ppm u suvoj materiji crvene deteline, te 7,0 ppm u suvoj materiji lucerke.

Uticaj plodnosti zemljišta na sadržaj bakra u biljkama nije bio značajan, s obzirom da neke karakteristike plodnijih zemljišta, kao što su povećani sadržaj humusa (organske materije), neutralna ili blago kisela reakcija zemljišta (**Sekulić et al.**, 1986), veći sadržaj kalcijum-karbonata (**Braun et al.**, 1998) i azota (**Bravin et al.**, 2009) imaju negativan uticaj na pristupačnost Cu biljkama. Korelacionom analizom konstatovana je značajna negativna veza između sadržaja kalcijum-karbonata u zemljištu i sadržaja Cu u biljkama crvene deteline ( $r=-0,62$ ), a regresionom analizom utvrđena je statistički značajna prosečna promena sadržaja Cu u biljkama crvene deteline, koja nastaje pri promeni sadržaja kalcijum-karbonata u zemljištu (grafikon 50). Regresioni koeficijent pokazuje da se sadržaj Cu u biljkama smanji za 0,45 mg/kg kada se sadržaj kalcijum-karbonata u zemljištu poveća za jednu jedinicu. Sa ugljenom kiselinom Cu obrazuje nerastvorljive karbonate, te se unošenjem kreča u zemljište smanjuje rastvorljivost Cu u zemljištu (**Ubavić i Bogdanović**, 1995). U ogledu sa rastućim vrednostima pH zemljišta u intervalu 4,2-7,0 zabeleženo je linearno smanjenje koncentracije Cu u engleskom ljulju sa povećanjem pH (**Smith**, 1994; **El-Kherbawy et al.**, 1989).

Suvišak fosfatnih jona u zemljišnom rastvoru podstiče usvajanje bakra (**Kastori**, 1990). Korelacionom analizom konstatovana je značajna pozitivna veza između sadržaja bakra i fosfora u krmnim biljkama ( $r=0,51^*$ ) (grafikon 51).



Grafikon 51. Zavisnost sadržaja bakra (mg/kg) i fosfora (%) u suvoj materiji krmnih biljaka

Lucerka je najveći sadržaj bakra imala na zemljištu visoke plodnosti (14,01 mg/kg). Međutim, samo na zemljištu srednje plodnosti (12,52 mg/kg) je imala statistički značajno niži sadržaj bakra, u proseku za 1,37 mg/kg u odnosu na ostale klase plodnosti zemljišta.

Najveći sadržaj bakra u crvenoj detelini je konstatovan na zemljištu srednje plodnosti (15,64 mg/kg), ali statistička značajnost razlike je potvrđena samo na zemljištu vrlo visoke plodnosti (12,19 mg/kg) u odnosu na ostale klase plodnosti zemljišta.

Prosečan sadržaj bakra u suvoj materiji lucerke sa svih zemljišta iznosio je 13,21 mg/kg, a crvene deteline 13,84 mg/kg i između njih nije bilo statistički značajnih razlika. U okviru svakog pojedinačnog tipa zemljišta samo je u biljkama sa humogleja uočena statistički značajna razlika u sadržaju bakra u odnosu na ostala zemljišta, a iznosila je 5,68 mg/kg.

U okviru pojedinačnih klasa plodnosti zemljišta crvena detelina je na zemljištu srednje plodnosti imala za 3,12 mg/kg veći sadržaj bakra u odnosu na lucerku, dok je na zemljištu vrlo visoke plodnosti lucerka imala za 1,64 mg/kg veći sadržaj. Između ostalih klasa plodnosti nije bilo statistički značajnih razlika u sadržaju bakra između ispitivanih krmnih useva.

Prema **Džamić i Stevanović** (2000) prosečne vrednosti u punom cvatu lucerke iznose 12 ppm, a crvene deteline 14 ppm Cu. Prema **Vučkoviću** (2004) sadržaj Cu u crvenoj detelini se nalazi u intervalu od 9,90 mg/kg do 17,60 mg/kg. U istraživanjima **Ignjatovića i sar.** (2001) prosečan sadržaj Cu u punom cvetanju crvene deteline iznosio je 12,80 mg/kg. U uslovima dobre obezbeđenosti zemljišta bakrom, sadržaj u biljkama lucerke iznosi 5-20 mg/kg (**Koenig et al.**, 1999). Prema istraživanju **Markovića et al.** (2009) sadržaj Cu u biljkama lucerke je iznosio 14,50 mg/kg. U ispitivanju hemijskog sastava lucerke, uzetih sa 12 različitih lokacija u Vojvodini, **Živkov-Baloš et al.** (2011) su konstatovali sadržaj bakra od 4,30 mg/kg.

Sadržaj ukupnog bakra se razlikovao u zavisnosti od tipa zemljišta, što je u skladu sa ispitivanjima drugih autora, i nije prelazio maksimalno dozvoljenu koncentraciju propisanu zakonom. Najveći sadržaj bakra krmni usevi su imali na vertisolu, fluvisolu i černozeu, a najmanji na humofluvisolu. Uticaj tipa zemljišta na sadržaj bakra u suvoj materiji biljke ustanovili su i drugi autori. Između biljaka poreklom sa zemljišta različite

plodnosti nije bilo razlike u akumulaciji bakra, kao ni između samih useva. Sadržaj bakra u biljkama bio je u negativnoj korelaciji sa sadržajem kalcijum-karbonata u zemljištu. Sadržaj bakra u biljkama bio je u pozitivnoj korelaciji sa sadržajem fosfora u biljkama.

### 7.3.8.2. Bor

Ukupan sadržaj bora u zemljištu iznosio je 5,01 mg/kg, u proseku (tabela 32).

Tabela 32. Ukupan sadržaj bora u zemljištu ispitivanih lokaliteta u zavisnosti od krmnog useva, tipa i dubine zemljišta (mg/kg).

Tip zemljišta	Dubina (cm)	Krmni usev		Prosek
		Lucerka	Crvena detelina	
Černozem	0-30	7,15	6,93	7,05 ab
	30-60	2,44	2,42	2,43 fg
	Prosek	<b>4,80 cd</b>	<b>4,68 cd</b>	<b>4,74 B</b>
Vertisol	0-30	5,51	6,12	5,75 cd
	30-60	9,08	4,90	7,41 ab
	Prosek	<b>7,29 ab</b>	<b>5,51 c</b>	<b>6,58 A</b>
Eutrični kambisol	0-30	4,65	1,74	3,08 ef
	30-60	0,60	2,93	1,86 fg
	Prosek	<b>2,63 e</b>	<b>2,34 e</b>	<b>2,47 D</b>
Humofluvisol	0-30	7,21	9,41	8,17 a
	30-60	6,66	6,65	6,65 bc
	Prosek	<b>6,93 ab</b>	<b>7,89 a</b>	<b>7,41 A</b>
Fluvisol	0-30	2,96	5,68	4,32 de
	30-60	5,85	5,95	5,90 bcd
	Prosek	<b>4,40 cd</b>	<b>5,81 bc</b>	<b>5,11 B</b>
Humoglej	0-30	4,76	6,15	5,49 cd
	30-60	0,79	2,11	1,49 g
	Prosek	<b>2,78 e</b>	<b>4,13 d</b>	<b>3,49 C</b>
<b>Prosek</b>	0-30	5,63 a	6,06 a	5,84 a
	30-60	4,37 b	3,97 b	4,17 b
		<b>5,00 A</b>	<b>5,02 A</b>	<b>5,01</b>

Tretmani označeni istim slovima nemaju statistički signifikantne razlike (Fisherov test na nivou značajnosti 0,05).

Kako je prema Pravilniku o dozvoljenim količinama opasnih i štetnih materija u zemljištu i vodi za navodnjavanje i metodama njihovog ispitivanja (**Službeni glasnik RS**, br. 23/1994) maksimalno dozvoljena količina bora u zemljištu 50 mg/kg, sadržaj bora na svim ispitivanim lokalitetima je ispod dozvoljene granice.

Između pojedinih tipova zemljišta konstatovane su značajne razlike u sadržaju ukupnog bora. Najveći sadržaj zabeležen je u humofluvisolu (7,41 mg/kg) i vertisolu (6,58 mg/kg). Značajno niže koncentracije imali su ispitivani lokaliteti fluvisola (5,11 mg/kg) i černozema (4,74 mg/kg). U odnosu na prethodno pomenuta zemljišta značajno niža koncentracija bila je u humogleju (3,49 mg/kg), a najniža u eutričnom kambisolu (2,47 mg/kg). Sadržaj ukupnog bora u zemljištu varira u proseku od 5 do 10 mg/kg (**Džamić i Stevanović**, 2000). Zemljišta bogatija glinom, sadrže veće količine, dok su peskovita i kisela siromašnija borom.

Ispitivani lokaliteti pod usevom lucerke i crvene deteline nisu se razlikovali prema prosečnom sadržaju ukupnog bora. U okviru pojedinačnih tipova zemljišta zabeležen je značajno veći sadržaj bora na lokalitetima pod usevom crvene deteline na vertisolu, za 1,78 mg/kg, te humogleju, za 1,35 mg/kg, u odnosu na zemljište gde je gajena lucerka.

Površinski sloj zemljišta u proseku je imao 1,67 mg/kg više bora u odnosu na dublji sloj, što predstavlja značajnu razliku. Razlike su bile signifikantne i u okviru pojedinačnih tipova zemljišta, sa izuzetkom eutričnog kambisola i fluvisola.

U suvoj materiji biljaka udeo bora u proseku varira od 2,00 do 70,00 mg/kg (**Kastori**, 1990). Prosečan sadržaj bora u suvoj materiji lucerke i crvene deteline na nivou čitavog ogleđa je iznosio 7,45 mg/kg (tabela 33).

Uticao tipa zemljišta na sadržaj bora u ispitivanim krmnim usevima nije bio signifikantan. Najveće vrednosti imale su krmne biljke na černozemu (10,68 mg/kg), a najniže na humogleju (5,03 mg/kg).

Lucerka je samo na černozemu imala značajno veći sadržaj bora, za 9,64 mg/kg, u odnosu na ostale tipove zemljišta, dok je crvena detelina veći sadržaj bora imala na eutričnom kambisolu i to samo u odnosu na černozem i vertisol za 1,60 mg/kg.

Lucerka je najveći sadržaj bora imala na zemljištu vrlo visoke plodnosti (13,81 mg/kg), a najmanji na zemljištu srednje plodnosti (7,17 mg/kg). Crvena detelina je najveću koncentraciju bora u suvoj materiji takođe imala na zemljištu vrlo visoke

plodnosti (5,46 mg/kg), a najmanju na zemljištu niske plodnosti (1,65 mg/kg). Međutim, konstatovane razlike između pojedinih klasa plodnosti zemljišta, nisu bile statistički značajne.

Tabela 33. Sadržaj bora u suvoj materiji lucerke i crvene deteline u zavisnosti od krmnog useva, tipa i klasa plodnosti zemljišta (mg/kg).

Tip zemljišta	Krmni usev		Prosek
	Lucerka	Crvena detelina	
Černoziem	16,62 a	2,77 c	<b>10,68 A</b>
Vertisol	8,55 b	1,69 c	<b>6,68 B</b>
Eutrični kambisol	7,53 bc	9,61 ab	<b>8,57 AB</b>
Humofluvisol	3,86 bc	8,37 bc	<b>5,36 B</b>
Fluvisol	9,34 b	3,17 bc	<b>7,28 AB</b>
Humoglej	5,62 bc	3,83 bc	<b>5,03 B</b>
<b>Klase plodnosti</b>			
Niska plodnost	7,17 abc	1,65 c	<b>5,33 A</b>
Srednja plodnost	7,61 abc	5,22 bc	<b>6,89 A</b>
Visoka plodnost	9,97 ab	3,92 c	<b>7,67 A</b>
Vrlo visoka plodnost	13,81 a	5,46 abc	<b>9,63 A</b>
<b>Prosek</b>	<b>9,12 A</b>	<b>4,48 B</b>	<b>7,45</b>

Tretmani označeni istim slovima nemaju statistički signifikantne razlike (Fisherov test na nivou značajnosti 0,05).

Iako je ukupan sadržaj bora na različitim tipovima zemljišta bio značajno različit, između njegovog sadržaja u biljkama nije bilo signifikantnih razlika. Ova činjenica je posledica njegove pristupačnosti zemljištu, koja zavisi od pH, prisustva hidratisanih oksida Fe i Al, količine organske materije, vlažnosti i mehaničkog sastava zemljišta (Crocker, *et al.*, 1985). Organska materija, za koju se bor može vezati, pozitivno utiče na njegovu pristupačnost. Na kiselim zemljištima dolazi do njegovog ispiranja, dok se povećanjem pH vrednosti smanjuje pristupačnost, osim u prisustvu veće količine natrijuma, što je slučaj na zaslanjenim zemljištima (Kastori, 1990). U ovom ogledu zemljišta sa većim sadržajem ukupnog bora odlikovala su se i višom pH vrednošću zemljišta, usled čega je njegova pristupačnost, a time i usvajanje manje. Nasuprot tome, pH vrednost eutričnog kambisola, koji je imao najmanji ukupan sadržaj bora u zemljištu, je iznosila 4,76, što je uslovalo veću količinu pristupačnog bora u



zemljištu i veće usvajanje od strane biljke. Humoglej je imao veoma nizak nivo ukupnog bora i pH vrednost 6,77, što je uzrokovalo najmanje usvajanje bora od strane biljaka. Najveće usvajanje bora od strane biljaka bilo je na černozeu, koji se karakterisao većim sadržajem ukupnog bora i organske materije, a najniže na humogleju i jedino su razlike između ovih tipova zemljišta bile značajne.

Lucerka i crvena detelina su se međusobno značajno razlikovale u pogledu sadržaja bora. U okviru svakog pojedinačnog tipa zemljišta samo je u biljkama lucerke sa černozeu i vertisola uočena statistički značajna razlika u odnosu na crvenu detelinu.

U okviru pojedinačnih klasa plodnosti zemljišta lucerka je na zemljištu visoke plodnosti imala za 6,05 mg/kg veći sadržaj bora u odnosu na crvenu detelinu, dok na ostalim klasama plodnosti zemljišta nije bilo statistički značajnih razlika u sadržaju bora između ispitivanih krmnih useva.

Prosečan sadržaj bora u suvoj masi lucerke iznosio je 9,12 mg/kg, a crvene deteline 4,48 mg/kg. Lucerka prinose iznese 500-700 g/ha (**Lanyon and Griffith**, 1988), a crvena detelina 300-700 g/ha bora (**Gembarzewski**, 1989). Prema **Džamićevoj i Stevanoviću** (2000) lucerka u proseku sadrži bora oko 16 mg/kg, a crvena detelina 23 mg/kg. Prema **Kastoriju** (1990) prosečan sadržaj bora u lucerki iznosi 25 mg/kg i ona je posebno osetljiva na njegov nedostatak u zemljištu, te povoljno reaguje na primenu bornih đubriva. Kritična koncentracija bora u nadzemnim delovima lucerke iznosi 7-23 mg/kg suve materije (**Bickoff et al.**, 1972). Prema **Koenigu et al.** (1999) prosečna koncentracija bora u lucerki iznosi 30 mg/kg, dok je optimalna vrednost 20 mg/kg.

Između pojedinih tipova zemljišta postojale su značajne razlike u sadržaju ukupnog bora. Najveći sadržaj zabeležen je u humofluvisolu i vertisolu, a najniži u eutričnom kambisolu. Sadržaj bora u zemljištu je bio u okviru zakonski dozvoljenih količina. Akumulacija bora u biljkama lucerke je bila znatno veća u odnosu na crvenu detelinu, što je u saglasnosti sa istraživanjima većine autora, ali ima i drugačijih rezultata. Uticaj tipa zemljišta na sadržaj bora u ispitivanim krmnim usevima nije bio signifikantan, kao ni uticaj plodnosti zemljišta.

### 7.3.8.3. Gvožđe

Leguminozne biljke sadrže velike količine gvožđa. Sadržaj Fe u biljci zavisi od vrste, genotipa i starosti biljke, te niza ekoloških činilaca kao što su fizičke i hemijske osobine zemljišta, zatim agrotehničkih mera i dr. (Kastori, 1990).

Prosečan ukupan sadržaj gvožđa u zemljištu ispitivanih lokaliteta iznosio je 1,76% (tabela 34). Ukupan sadržaj u zemljištu, uglavnom u neorganskom obliku, iznosi 0,5-5,0% Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, a varijabilan je u zavisnosti od tipa zemljišta (Džamić i Stevanović, 2000).

Tabela 34. Ukupan sadržaj gvožđa u zemljištu ispitivanih lokaliteta u zavisnosti od krmnog useva, tipa i dubine zemljišta (%).

Tip zemljišta	Dubina (cm)	Krmni usev		Prosek
		Lucerka	Crvena detelina	
Černozem	0-30	1,45	1,56	1,50 d
	30-60	1,34	1,80	1,55 cd
	Prosek	<b>1,39 e</b>	<b>1,68 c</b>	<b>1,53 D</b>
Vertisol	0-30	2,15	2,00	2,09 a
	30-60	2,15	1,94	2,06 a
	Prosek	<b>2,15 a</b>	<b>1,97 b</b>	<b>2,08 A</b>
Eutrični kambisol	0-30	1,84	1,93	1,89 b
	30-60	2,22	2,04	2,13 a
	Prosek	<b>2,03 b</b>	<b>1,99 b</b>	<b>2,01 B</b>
Humofluvisol	0-30	1,68	1,56	1,62 c
	30-60	1,67	1,59	1,63 c
	Prosek	<b>1,68 c</b>	<b>1,57 d</b>	<b>1,63 C</b>
Fluvisol	0-30	2,06	2,04	2,05 a
	30-60	2,08	2,00	2,04 a
	Prosek	<b>2,07 ab</b>	<b>2,02 b</b>	<b>2,05 AB</b>
Humoglej	0-30	1,47	1,53	1,50 d
	30-60	1,41	1,54	1,48 d
	Prosek	<b>1,44 e</b>	<b>1,53 d</b>	<b>1,49 D</b>
<b>Prosek</b>	0-30	1,76 ab	1,73 b	1,74 b
	30-60	1,78 a	1,78 a	1,78 a
		<b>1,77 A</b>	<b>1,76 A</b>	<b>1,76</b>

Tretmani označeni istim slovima nemaju statistički signifikantne razlike (Fisherov test na nivou značajnosti 0,05).

Konstatovane su statistički značajne razlike u sadržaju ukupnog gvožđa između različitih tipova zemljišta. Najveći sadržaj gvožđa imali su lokaliteti vertisola (2,08%), te fluvisola (2,05%). Značajno niža koncentracija, u odnosu na vertisol, nađena je u eutričnom kambisolu (2,01%), ali nije bilo razlika u odnosu na rezultate sa fluvisola. Još niži sadržaj gvožđa zabeležen je u humofluvisolu (1,63%), a razlika je bila statistički značajna. Černozem (1,53%) i humoglej (1,49%) su bila zemljišta sa signifikantno najnižim sadržajem ukupnog gvožđa.

Između zemljišta pod lucerkom i crvenom detelinom nisu zabeležene statistički značajne razlike u pogledu prosečnog sadržaja ukupnog gvožđa. U okviru pojedinačnih tipova zemljišta značajno veći sadržaj nije zabeležen samo na ispitivanim lokalitetima eutričnog kambisola i fluvisola.

Pojedinačno gledano, po tipovima zemljišta, samo je u eutričnom kambisolu razlika u sadržaju ukupnog gvožđa između površinskog i dubljeg sloja, koja je iznosila 0,24%, bila značajna.

Tabela 35. Sadržaj gvožđa u suvoj materiji lucerke i crvene deteline u zavisnosti od krmnog useva, tipa i klasa plodnosti zemljišta (mg/kg).

Tip zemljišta	Krmni usev		Prosek
	Lucerka	Crvena detelina	
Černozem	135,12 abc	121,29 abc	<b>128,67 BC</b>
Vertisol	295,85 a	216,96 abc	<b>264,29 A</b>
Eutrični kambisol	74,62 c	177,83 abc	<b>130,20 BC</b>
Humofluvisol	115,30 c	73,53 c	<b>94,42 C</b>
Fluvisol	117,99 abc	168,33 abc	<b>143,16 ABC</b>
Humoglej	149,60 abc	286,25 ab	<b>217,93 AB</b>
<b>Klase plodnosti</b>			
Niska plodnost	94,20 a	198,28 a	<b>163,56 A</b>
Srednja plodnost	109,42 a	191,82 a	<b>138,50 A</b>
Visoka plodnost	244,25 a	117,07a	<b>185,21 A</b>
Vrlo visoka plodnost	142,94 a	214,89 a	<b>196,90 A</b>
<b>Prosek</b>	<b>157,73 A</b>	<b>173,68 A</b>	<b>165,42</b>

Tretmani označeni istim slovima nemaju statistički signifikantne razlike (Fisherov test na nivou značajnosti 0,05).

Prosečan sadržaj gvožđa u suvoj materiji lucerke i crvene deteline, na nivou celog ogleđa, iznosio je 165,42 mg/kg (tabela 35). Prema **Kastoriju** (1990) u suvoj materiji ovih biljaka nalazi se u proseku 30-250 mg/kg. S obzirom da prosečna kritična koncentracija Fe u gajenim biljkama iznosi 200,0 mg/kg, a toksična 600,0 mg/kg suve materije (**Kastori i sar.**, 1997), vrednosti ispitivanih uzoraka su prelazile navedene granice na pojedinim lokalitetima vertisola i humogleja.

Sadržaj gvožđa u suvoj materiji lucerke i crvene deteline bio je pod uticajem heterogenosti tipova zemljišta. Najveći prosečan sadržaj gvožđa konstatovan je na zemljištu tipa vertisol (264,29 mg/kg), te zatim na humogleju (217,93 mg/kg) i fluvisolu (143,16 mg/kg). U istraživanjima **Markovića i sar.** (2007b) na aluvijalnom zemljištu sadržaj gvožđa u biljnom materijalu lucerke je iznosio 215,20 mg/kg, a crvene deteline 144,80 mg/kg. Značajno niža koncentracija gvožđa u biljkama, za 134,85 mg/kg u odnosu na vertisol, bila je na eutričnom kambisolu (130,20 mg/kg) i černozeu (128,67 mg/kg), ali se nisu razlikovale od koncentracije gvožđa u biljkama sa fluvisola i humogleja. Najniži sadržaj gvožđa zabeležen je na humofluvisolu (94,42 mg/kg) i statistički se značajno razlikovao od sadržaja gvožđa u biljkama na vertisolu i humogleju. Sadržaj Fe u biljkama zavisi od sadržaja njegovih pristupačnih oblika u zemljištu, koje su uslovljeni reakcijom zemljišta i redoks potencijalom (**Džamić i Stevanović**, 2000). Zemljišta sa većim sadržajem ukupnog Fe imala su i najpovoljniju pH vrednost zemljišta (4,0-6,5), sa stanovišta ishrane ovim elementom, tako da je u biljkama poreklom sa tih zemljišta zabeležena i njegova povećana koncentracija. Izuzetak čine samo biljke sa humogleja, koji je sadržavao najmanju količinu ukupnog Fe, dok su biljke sa ovih lokaliteta sadržavale više Fe u suvoj materiji od biljaka sa ostalih tipova zemljišta, odmah posle vertisola. S obzirom da pH vrednost humogleja u sloju 0-30 cm iznosi 6,43, biljkama je bilo na raspolaganju dovoljno rastvorljivih fero jedinjenja, pošto se ova pH vrednost zemljišta nalazi u intervalu najpovoljnije reakcije sa stanovišta ishrane ovim elementom. **Grewal and Williams** (2003) ističu da primena krečnjaka smanjuje sadržaj Fe u biljkama lucerke.

Najveća koncentracija gvožđa u suvoj materiji lucerke konstatovana je na vertisolu i iznosila je 295,85 mg/kg. Niži sadržaj gvožđa, u proseku za 161,61 mg/kg, imala je lucerka na černozeu (135,12 mg/kg), fluvisolu (117,99 mg/kg) i humogleju (149,60 mg/kg), ali nije bilo statistički značajnih razlika u odnosu na vertisol. Najniži

sadržaj gvožđa u lucerki zabeležen je na humofluvisolu (115,30 mg/kg) i eutričnom kambisolu (74,62 mg/kg), a statistički se značajno razlikovao samo od sadržaja gvožđa u suvoj materiji biljaka sa vertisola, prosečno za 200,89 mg/kg.

Crvena detelina je najveći sadržaj Fe imala na humogleju (286,25 mg/kg). Nešto niži sadržaj gvožđa konstatovan je na vertisolu (216,96 mg/kg), zatim na eutričnom kambisolu (177,83 mg/kg), fluvisolu (168,33 mg/kg), i černozeu (121,29 mg/kg), ali prosečna razlika od 115,15 mg/kg nije bila statistički značajna. Crvena detelina poreklom sa humofluvisola imala je najmanju koncentraciju gvožđa (73,53 mg/kg), koja se statistički se značajno razlikovala samo od koncentracije gvožđa u biljkama sa humogleja.

U proseku je sadržaj gvožđa u suvoj materiji lucerke i crvene deteline varirao od 138,50 mg/kg, na zemljištu srednje plodnosti, do 196,90 mg/kg, na zemljištu vrlo visoke plodnosti, ali plodnost zemljišta nije imala statistički značajnog uticaja na ostvarene vrednosti. Prema **Koenigu et al.** (1999) optimalne količine Fe u biljnom materijalu lucerke, u uslovima dobre obezbeđenosti, iznose 40 mg/kg.

Sadržaj gvožđa u biljkama lucerke je bio u intervalu od 94,20 mg/kg, na zemljištu niske plodnosti, do 244,25 mg/kg, na zemljištu visoke plodnosti, ali nisu konstatovane statistički značajne razlike između pojedinih klasa zemljišta.

Biljke crvene deteline imale su najnižu koncentraciju gvožđa na zemljištu visoke plodnosti, 117,07 mg/kg, a najvišu na zemljištu vrlo visoke plodnosti, 214,89 mg/kg, međutim uticaj plodnosti zemljišta nije bio signifikantan.

Nijedan tip zemljišta, kao ni klasa plodnosti nisu uticali na razliku između lucerke i crvene deteline u pogledu sadržaja gvožđa. Prosečan sadržaj gvožđa u suvoj materiji lucerke na svim tipovima zemljišta iznosio je 157,73 mg/kg, a crvene deteline 173,68 mg/kg, ali razlika od 15,95 mg/kg nije bila statistički signifikantna. **Whitehead et al.** (2000) zapažaju da je prosečan sadržaj Fe u lucerki 108 mg/kg, odnosno 85 mg/kg u crvenoj detelini. U istraživanjima **Ignjatovića i sar.** (2001) biljke crvene deteline su u fazi cvetanja imale 111,5 mg/kg. Prema istraživanju **Markovića et al.** (2009) sadržaj Fe u biljkama lucerke je iznosio 194,40 mg/kg. U ispitivanju hemijskog sastava lucerke, uzetih sa 12 različitih lokacija u Vojvodini, **Živkov-Baloš et al.** (2011) su konstatovali sadržaj gvožđa od 104,70 mg/kg. U ispitivanjima sadržaja makro i mikroelemenata u uzorcima lucerke sa različitih lokaliteta na području Vojvodine, utvrđena je velika

varijabilnost, pri čemu je posebno varirao sadržaj gvožđa (20,00- 271,01 mg/kg), dok je najmanja varijabilnost zabeležena kod fosfora, magnezijuma i natrijuma, te donekle kod kalcijuma (**Ćupić, et al.**, 2006).

Konstatovane su statistički značajne razlike u sadržaju ukupnog gvožđa između različitih tipova zemljišta. Najveći sadržaj gvožđa imali su lokaliteti vertisola. Različiti tipovi zemljišta okarakterisali su se raznolikošću u pogledu sadržaja gvožđa u biljkama, kako navode i drugi autori. Najveći prosečan sadržaj gvožđa bio je na vertisolu, zatim na humogleju i fluvisolu, a najmanji na humofluvisolu. Biljke lucerke i crvene deteline nisu se razlikovale po usvajanju gvožđa, dok su pojedini autori zabeležili veći sadržaj u lucerki. Plodnost zemljišta nije imala uticaja na ostvarene vrednosti. Na pojedinim lokalitetima vertisola i humogleja sadržaj gvožđa u krmnim biljkama je bio iznad granice kritične koncentracije Fe u gajenim biljkama.

#### 7.3.8.4. Kobalt

Asimilacija kobalta uslovljena je prvenstveno količinom njegovih pristupačnih oblika. Pristupačni oblici su Co u zemljišnom rastvoru i manjim delom adsorbovani, a zavise od pH, sadržaja organske materije i vrste minerala gline (**Kastori**, 1997).

Prosečan ukupan sadržaj kobalta u zemljištu ispitivanih lokaliteta iznosio je 16,04 mg/kg (tabela 36). Konstatovane su značajne razlike u sadržaju ukupnog kobalta između pojedinih tipova zemljišta. Najveći sadržaj zabeležen je na ispitivanim lokalitetima fluvisola, gde je iznosio 28,21 mg/kg. Signifikantno niža koncentracija bila je u vertisolu (21,47 mg/kg), a još niža u eutričnom kambisolu (18,54 mg/kg). U odnosu na prethodno pomenuta zemljišta značajno niža koncentracija konstatovana je u humofluvisolu (14,20 mg/kg), a najniža u černozeu (10,70 mg/kg) i humogleju (10,02 mg/kg). Prema ispitivanju drugih autora u zemljištima Srbije njegov sadržaj varira u intervalu 0,8-6,0 mg/kg, pri čemu su najveće vrednosti zabeležene na smonici, a najniže na karbonatnom černozeu (**Manojlović, Gašić i Rajković** 1967. cit. **Džamić i Stevanović**, 2000), što je u skladu sa rezultatima dobijenim u ovom ogledu.

Ispitivani lokaliteti pod usevom lucerke imali su, u proseku, za 0,85 mg/kg veći ukupan sadržaj kobalta u odnosu na zemljišta pod usevom crevene deteline. U okviru pojedinačnih tipova zemljišta samo je na lokalitetima černozeu pod usevom crvene

deteline zabeležen značajno veći ukupan sadržaj kobalta, za 2,39 mg/kg, te vertisola pod usevom lucerke za 5,32 mg/kg.

Nisu konstatovane signifikantne razlike u sadržaju ukupnog kobalta između površinskog i dubljeg sloja zemljišta, kako u prosečnim vrednostima, tako i u okviru pojedinačnih tipova zemljišta.

Tabela 36. Ukupan sadržaj kobalta u zemljištu ispitivanih lokaliteta u zavisnosti od krmnog useva, tipa i dubine zemljišta (mg/kg).

Tip zemljišta	Dubina (cm)	Krmni usev		Prosek
		Lucerka	Crvena detelina	
Černozem	0-30	10,35	12,01	11,12 e
	30-60	8,84	11,94	10,29 ef
	Prosek	<b>9,59 f</b>	<b>11,98 e</b>	<b>10,70 E</b>
Vertisol	0-30	23,40	18,30	21,36 b
	30-60	23,79	18,27	21,58 b
	Prosek	<b>23,60 b</b>	<b>18,28 c</b>	<b>21,47 B</b>
Eutrični kambisol	0-30	17,81	18,22	18,03 c
	30-60	19,86	18,35	19,05 c
	Prosek	<b>18,81 c</b>	<b>18,29 c</b>	<b>18,54 C</b>
Humofluvisol	0-30	14,39	14,15	14,27 d
	30-60	14,31	13,95	14,13 d
	Prosek	<b>14,35 d</b>	<b>14,05 d</b>	<b>14,20 D</b>
Fluvisol	0-30	28,14	27,91	28,02 a
	30-60	28,72	28,09	28,40 a
	Prosek	<b>28,43 a</b>	<b>28,00 a</b>	<b>28,21 A</b>
Humoglej	0-30	9,77	10,01	9,90 f
	30-60	9,41	10,80	10,15 ef
	Prosek	<b>9,59 f</b>	<b>10,41 f</b>	<b>10,02 E</b>
<b>Prosek</b>	0-30	16,42 a	15,52 b	15,98 a
	30-60	16,48 a	15,68 b	16,09 a
		<b>16,45 A</b>	<b>15,60 B</b>	<b>16,04</b>

Tretmani označeni istim slovima nemaju statistički signifikantne razlike (Fisherov test na nivou značajnosti 0,05).

Prosečan sadržaj kobalta u svojoj materiji lucerke i crvene deteline na nivou čitavog ogleda je iznosio 0,36 mg/kg (tabela 37).

Na alkalnim zemljištima dolazi do inaktivacije Co, usled taloženja u obliku hidroksida i karbonata ili ulaska u rešetku alumosilikata. Zemljišta težeg mehaničkog sastava su bogatija kobaltom, a najviše se gubi ispiranjem iz peskovitih zemljišta.

Tabela 37. Sadržaj kobalta u suvoj materiji lucerke i crvene deteline u zavisnosti od krmnog useva, tipa i klase plodnosti zemljišta (mg/kg).

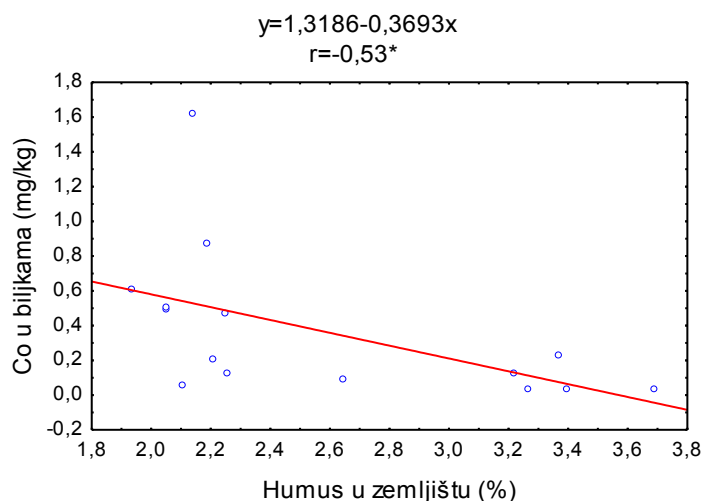
Tip zemljišta	Krmni usev		Prosek
	Lucerka	Crvena detelina	
Černozem	0,67 a	0,03 a	<b>0,35 A</b>
Vertisol	0,60 a	0,50 a	<b>0,55 A</b>
Eutrični kambisol	0,05 a	1,05 a	<b>0,72 A</b>
Humofluvisol	0,10 a	0,11 a	<b>0,10 A</b>
Fluvisol	0,61 a	0,20 a	<b>0,40 A</b>
Humoglej	0,03 a	0,17 a	<b>0,12 A</b>
<b>Klase plodnosti</b>			
Niska plodnost	0,33 a	0,49 a	<b>0,38 A</b>
Srednja plodnost	0,45 a	0,51 a	<b>0,49 A</b>
Visoka plodnost	0,47 a	0,25 a	<b>0,30 A</b>
Vrlo visoka plodnost	0,35 a	0,06 a	<b>0,20 A</b>
<b>Prosek</b>	<b>0,39 A</b>	<b>0,34 A</b>	<b>0,36</b>

Tretmani označeni istim slovima nemaju statistički signifikantne razlike (Fisherov test na nivou značajnosti 0,05).

Povećanjem sadržaja organske materije i pH vrednosti smanjuje se količina pristupačnog Co za ishranu biljaka (Aubert and Pinta, 1997). Konstatovana je značajna negativna korelaciona veza ( $r=-0,53^*$ ) između sadržaja humusa u zemljištu i Co u krmnim biljkama.

Regresionom analizom utvrđena je statistički značajna prosečna promena sadržaja Co u biljkama, koja nastaje pri promeni sadržaja humusa (grafikon 52). Regresioni koeficijent pokazuje da se sadržaj Co u biljkama smanji za 0,37 mg/kg kada se sadržaj humusa poveća za jednu jedinicu.





Grafikon 52. Zavisnost sadržaja kobalta u suvoj materiji krmnih biljaka (mg/kg) od sadržaja humusa u zemljištu (%).

Iako u ovom ispitivanju zabeležene razlike u sadržaju Co u biljkama sa različitim tipova zemljišta nisu bile statistički značajne, najveći prosečan sadržaj Co u suvoj materiji imale su biljke poreklom sa eutričnog kambisola, zatim sa vertisola, fluvisola, černozema i humogleja, a najmanja koncentracija je zabeležena u biljkama sa humofluvisola. Zemljišta na kojima su biljke imale najveći sadržaj Co odlikuju se nižom pH vrednošću, dok su biljke sa alkalnijih zemljišta sadržavale manje Co.

Između biljaka lucerke sa različitim tipova zemljišta nije bilo značajne razlike u sadržaju Co. Najveći sadržaj kobalta imala je lucerka sa černozema (0,67 mg/kg), a najmanji sa humogleja (0,03 mg/kg).

Crvena detelina je najveći sadržaj Co u suvoj masi ostvarila na eutričnom kambisolu (1,05 mg/kg), dok je najmanji bio u biljkama sa černozema (0,03 mg/kg).

Između biljaka poreklom sa zemljišta različite plodnosti nije bilo značajnih razlika. Najveći sadržaj Co imale su biljke srednje plodnih zemljišta (0,49 mg/kg), dok je najmanji sadržaj konstatovan u biljkama sa zemljišta vrlo visoke plodnosti (0,20 mg/kg), koja se odlikuju višom pH vrednošću, što dovodi do slabije pristupačnosti i usvajanja Co od strane biljaka

Lucerka je najveću koncentraciju Co u suvoj materiji imala na zemljištu visoke plodnosti (0,47 mg/kg), a najmanju na zemljištu niske plodnosti (0,33 mg/kg). Nasuprot tome, crvena detelina je najmanji sadržaj Co imala na zemljištu vrlo visoke plodnosti (0,06 mg/kg), a najveći na zemljištu srednje plodnosti (0,51 mg/kg).

Lucerka u proseku sadrži kobalta 0,30-0,40 mg/kg suve materije (**Lukić**, 2000), dok ga crvena detelina prema **Ignjatoviću i sar.** (2001) u fazi cvetanja sadrži 0,18 mg/kg. U ovom ispitivanju prosečan sadržaj kobalta u suvoj materiji lucerke je iznosio 0,39 mg/kg, a crvene deteline 0,34 mg/kg. U ispitivanju hemijskog sastava lucerke, uzetih sa 12 različitih lokacija u Vojvodini, **Živkov-Baloš et al.** (2011) su konstatovali sadržaj kobalta od 0,06 mg/kg. S aspekta toksičnosti ovog elementa, vrednosti ispitivanih uzoraka su bile u okviru dozvoljenih granica, s obzirom da prosečna kritična koncentracija Co u gajenim biljkama iznosi 10,0 mg/kg, a toksična 20,0 mg/kg suve materije (**Kastori i sar.**, 1997).

Iako je crvena detelina imala niži sadržaj kobalta u suvoj materiji u odnosu na lucerku za 0,05 mg/kg, navedena razlika nije bila statistički značajna.

Konstatovane su značajne razlike u sadržaju ukupnog kobalta između pojedinih tipova zemljišta. Najveći sadržaj zabeležen je na ispitivanim lokalitetima fluvisola, a najniži u černozemu i humogleju. Nijedan od ispitivanih faktora nije imao uticaja na sadržaj kobalta u suvoj materiji biljaka. Naime, između biljaka sa različitih tipova i klasa plodnosti zemljišta nije bilo značajne razlike u sadržaju kobalta u suvoj materiji, kao ni između samih krmnih useva. Sadržaj kobalta u biljkama bio je ispod kritične i toksične koncentracije. Konstatovana je negativna korelaciona veza između sadržaja humusa u zemljištu i Co u krmnim biljkama.

#### 7.3.8.5 Mangan

Prosečan ukupan sadržaj mangana u zemljištu ispitivanih lokaliteta iznosio je 707,00 mg/kg (tabela 38). Značajne razlike u sadržaju ukupnog mangana konstatovane su između svih pojedinačnih tipova zemljišta.

Najveći sadržaj zabeležen je u fluvisolu i iznosio je 1.159,94 mg/kg, a najmanji na humogleju, gde je iznosio 310,66 mg/kg. Prema ispitivanju drugih autora u zemljištima Srbije vrednosti se kreću od 490 mg/kg u karbonatnom černozemu, 670 mg/kg u smonici, 650 mg/kg u gajnjači do 800 mg/kg u pseudogleju (**Džamić i Stevanović**, 2000).

Ispitivani lokaliteti pod usevom lucerke i crvene deteline nisu se razlikovali prema prosečnom sadržaju ukupnog mangana. U okviru pojedinačnih tipova zemljišta zabeležen je značajno veći ukupan sadržaj mangana na lokalitetima pod usevom crvene deteline na černozemu, za 137,69 mg/kg, te humofluvisolu, za 93,37 mg/kg, u odnosu na zemljište pod usevom lucerke, dok je veći sadržaj u zemljištu pod usevom lucerke, za 183,20 mg/kg, zabeležen u vertisolu.

Tabela 38. Ukupan sadržaj mangana u zemljištu ispitivanih lokaliteta u zavisnosti od krmnog useva, tipa i dubine zemljišta (mg/kg).

Tip zemljišta	Dubina (cm)	Krmni usev		Prosek
		Lucerka	Crvena detelina	
Černozem	0-30	600,10	684,97	639,71 d
	30-60	496,56	687,07	585,47 d
	Prosek	<b>548,33 f</b>	<b>686,02 de</b>	<b>612,59 D</b>
Vertisol	0-30	934,62	749,98	860,77 c
	30-60	942,62	760,87	869,92 c
	Prosek	<b>938,62 c</b>	<b>755,42 d</b>	<b>865,34 C</b>
Eutrični kambisol	0-30	1025,25	997,26	1010,18 b
	30-60	1025,67	899,321	957,63 b
	Prosek	<b>1025,46 b</b>	<b>948,29 bc</b>	<b>983,90 B</b>
Humofluvisol	0-30	564,15	661,15	612,65 d
	30-60	575,89	665,64	620,76 d
	Prosek	<b>570,02 f</b>	<b>663,39 e</b>	<b>616,71 D</b>
Fluvisol	0-30	1164,75	1134,75	1149,75 a
	30-60	1166,00	1174,25	1170,13 a
	Prosek	<b>1165,37 a</b>	<b>1154,50 a</b>	<b>1159,94 A</b>
Humoglej	0-30	195,29	240,13	219,03 f
	30-60	445,31	364,06	402,29 e
	Prosek	<b>320,30 g</b>	<b>302,09 g</b>	<b>310,66 E</b>
<b>Prosek</b>	0-30	699,96 a	689,39 a	694,80 a
	30-60	731,25 a	706,55 a	719,90 a
		<b>715,61 A</b>	<b>697,97 A</b>	<b>707,00</b>

Tretmani označeni istim slovima nemaju statistički signifikantne razlike (Fisherov test na nivou značajnosti 0,05).

Nisu konstatovane signifikantne razlike u sadržaju ukupnog mangana između površinskog i dubljeg sloja zemljišta, kako u prosečnim vrednostima, tako i u okviru

pojedinačnih tipova zemljišta, s izuzetkom humogleja, gde je zabeležen značajno veći sadržaj u dubljem sloju zemljišta.

Prosečna vrednost sadržaja mangana u ispitivanim krmnim usvima iznosila je 26,97 mg/kg (tabela 39). Rezultati drugih istraživanja ukazuju da se njegov sadržaj nalazi u intervalu 50-250 mg/kg, a prvenstveno zavisi od vrste, sorte, starosti biljaka, redoks-potencijala i pH vrednosti (**Kastori**, 1990).

S obzirom da prosečna kritična koncentracija Mn u gajenim biljkama iznosi 150,0 mg/kg, a toksična 400,0 mg/kg suve materije (**Kastori i sar.**, 1997), vrednosti ispitivanih uzoraka su bile u navedenim granicama.

Tabela 39. Sadržaj mangana u suvoj materiji lucerke i crvene deteline u zavisnosti od krmnog useva, tipa i klasa plodnosti zemljišta (mg/kg).

Tip zemljišta	Krmni usev		Prosek
	Lucerka	Crvena detelina	
Černozem	34,05 a	34,64 a	<b>34,33 A</b>
Vertisol	23,67 cde	27,72 abcd	<b>25,29 C</b>
Eutrični kambisol	31,42 abc	31,52 ab	<b>31,47 AB</b>
Humofluvisol	20,54 de	22,42 de	<b>21,48 C</b>
Fluvisol	24,59 bcde	26,14 abcd	<b>25,36 BC</b>
Humoglej	16,95 e	31,64 ab	<b>24,29 C</b>
<b>-----</b>			
Klase plodnosti			
Niska plodnost	38,61 a	32,19 ab	<b>34,33 a</b>
Srednja plodnost	22,01 c	27,27 bc	<b>23,87 b</b>
Visoka plodnost	25,31 bc	30,81 ab	<b>27,86 b</b>
Vrlo visoka plodnost	30,79 abc	27,29 bc	<b>34,33 a</b>
<b>Prosek</b>	<b>24,93 B</b>	<b>29,16 A</b>	<b>26,97</b>

Tretmani označeni istim slovima nemaju statistički signifikantne razlike (Fisherov test na nivou značajnosti 0,05).

Uticaj tipa zemljišta na koncentraciju mangana u krmnim usevima bio je veoma značajan. Najveći prosečan sadržaj konstatovan je na zemljištu tipa černozem, a zatim na eutričnom kambisolu. U proseku za 7,54 mg/kg niži sadržaj mangana je konstatovan na fluvisolu, ali statistička značajnost razlike je potvrđena samo u odnosu na rezultate sa černozema. U istraživanjima **Markovića i sar.** (2007b) na aluvijalnom zemljištu sadržaj

mangana u biljnom materijalu lucerke je iznosio 39,40 mg/kg, a crvene deteline 76,40 mg/kg.

Najniže koncentracije mangana zabeležene su na vertisolu, humogleju i humofluvisolu, a statistički se značajno razlikuju od sadržaja mangana u biljkama na ostalim tipovima zemljišta, s izuzetkom fluvisola. Na osnovu rezultata analize zemljišta, može se zaključiti, da sadržaj Mn u biljkama nije zavisio samo od njegovog ukupnog sadržaja, nego prvenstveno od hemijskih svojstava zemljišta.

Na dinamiku mangana u zemljištu najveći uticaj imaju oksido-redukциони usovi i pH vrednost zemljišta. Pri niskom oksido-redukcionom potencijalu, u uslovima slabe aeracije, većeg prisustva organske materije i niskog pH, veća je količina pristupačnog Mn (**Kastori**, 1990). Nasuprot tome, u uslovima visokog oksido-redukcionog potencijala, tj. oksidacionim uslovima, kada je pH vrednost zemljišta iznad 6,0, te u uslovima bolje aeracije i većeg sadržaja kreča, Mn prelazi u teško pristupačna jedinjenja. U ispitivanju usvajanja Mn biljkama lucerke pri različitim pH vrednostima zemljišta i uslovima plavljenja, **Graven et al.** (1965) su konstatovali pozitivan uticaj oba faktora na sadržaj mangana u lucerki, pri čemu je najveći sadržaj (6.967,00 mg/kg) zabeležen u uslovima najniže ispitivane pH vrednosti uz istovremeno zasićenje vodom. **Szabó et al.** (1987) ispitivali su uticaj tipa zemljišta na sadržaj mangana u biljkama lucerke i crvene deteline. Najmanje usvajanje je konstatovano na zabarenim zemljištima, 23 ppm u suvoj materiji crvene deteline i 27 ppm mangana u suvoj materiji lucerke, zatim na slatinama, peskovitim zemljištima, a najviše vrednosti na lesnim zemljištima. Suva materija crvene deteline na lesnom zemljištu je sadržavala 36 ppm, a lucerke 30 ppm mangana. Pri veoma niskim pH vrednostima  $\text{pH} < 3$ , zbog prevelike koncentracije  $\text{Al}^{+3}$  i  $\text{Mn}^{+2}$ , nemoguć je rast ponika i nema nodulacije *Rhizobium*-a, te je gajenje na ovakvim zemljištima moguće samo uz prethodnu kalcizaciju i inokulaciju semena pre setve (**Đukić**, 2002). **Grewal and Williams** (2003) ističu da primena krečnjaka smanjuje sadržaj Mn u biljkama lucerke. Veliko smanjenje koncentracije mangana u lucerki i crvenoj detelini može se desiti čak i sa malim povećanjem pH vrednosti zemljišta (**Marković et al.**, 2009).

Što se tiče uticaja plodnosti na sadržaj mangana u krmnim usevima, u proseku je najveći sadržaj ostvaren na zemljištu vrlo visoke i niske plodnosti, a statistički se značajno razlikovao od sadržaja na zemljištu visoke i srednje plodnosti. Ova zemljišta,

sa većim sadržajem Mn u biljnom materijalu, karakterišu se ili nižom pH vrednošću ili višim sadržajem humusa, usled čega je nivo pristupačnog Mn u zemljištu bio veći, što se odrazilo i na njegov sadržaj u biljkama. Smatra se da su biljke lucerke dovoljno obezbeđene manganom, ako je njegov sadržaj u nadzemnom delu između 30 mg/kg i 100 mg/kg (**Lanyon and Griffith**, 1988).

Crvena detelina je, u proseku čitavog ogleda, imala za 4,23 mg/kg veći sadržaj mangana u odnosu na lucerku, što predstavlja statistički značajnu razliku. U okviru svake pojedinačne klase plodnosti zemljišta nije bilo razlike u sadržaju mangana između lucerke i crvene deteline. U okviru pojedinačnih tipova zemljišta crvena detelina je samo na humogleju imala za 14,69 mg/kg veći sadržaj mangana u odnosu na lucerku, dok na ostalim tipovima zemljišta nije bilo značajnih razlika. Dobijeni rezultati su u skladu sa literaturnim podacima. Prema **Vučkoviću** (2004) sadržaj Mn u crvenoj detelini se kreće od 24,9 mg/kg do 120,8 mg/kg. Sadržaj Mn u lucerki se nalazi u intervalu od 25 mg/kg do 200 mg/kg (**Lukić**, 2000). Prema **Džamić i Stevanović** (2000) sadržaj Mn je u lucerki u punom cvetanju bio je manji u odnosu na crvenu detelinu i iznosio je 42 mg/kg, dok je crvena detelina imala 49 mg/kg. U istraživanjima **Ignjatovića i sar.** (2001) crvena detelina je u fazi cvetanja imala 45,40 mg/kg mangana. **Szabó et al.** (1987) su konstatovali veći sadržaj Mn u crvenoj detelini u odnosu na lucerku na svim ispitivanim tipovima zemljišta (lesna zemljišta, slatine, peskovita i andezitna zemljišta), sa izuzetkom zabarenih zemljišta, gde je bio veći sadržaj Mn u lucerki. U ispitivanju hemijskog sastava lucerke, uzetih sa 12 različitih lokacija u Vojvodini, **Živkov-Baloš et al.** (2011) su konstatovali sadržaj mangana od 23,50 mg/kg. Prema istraživanju **Markovića et al.** (2009) sadržaj Mn u biljkama lucerke je iznosio 43,55 mg/kg.

Značajne razlike u sadržaju ukupnog mangana konstatovane su između svih pojedinačnih tipova zemljišta. Najveći sadržaj zabeležen je u fluvisolu, a najmanji na humogleju. Uticaj tipa zemljišta na koncentraciju mangana u krmnim usevima bio je veoma značajan, što je u skladu sa istraživanjima drugih autora. Najveći prosečan sadržaj konstatovan je na černozeu te na eutričnom kambisolu, a najniži na humofluvisolu. Nije zabeležena razlika između biljaka sa različitih klasa plodnosti zemljišta. Crvena detelina je usvojila veće količine mangana u odnosu na lucerku, što je u skladu sa brojnim literaturnim podacima.

### 7.3.8.6. Molibden

Sadržaj molibdena u biljkama kreće se u intervalu 0,1-0,5 mg/kg suve materije (**Kastori**, 1990). Crvena detelina je veoma osetljiva na nedostatak Mo, dok lucerka pripada biljkama, koje su srednje osetljive na njegov nedostatak (**Lucas and Knezek**, 1972). Ukoliko biljke sadrže molibdena manje od 0,2 mg/kg, smatraju se nedovoljno obezbeđenima (**Kastori**, 1990). Optimalna obezbeđenost biljaka lucerke molibdenom podrazumeva njegov sadržaj u intervalu 0,70-1,30 mg/kg (**Bergmann and Neubert**, 1976), dok su prema **Koenig et al.** (1999) biljke optimalno obezbeđene ukoliko sadrže Mo 0,80 mg/kg. U našem ispitivanju prosečan sadržaj molibdena u biljkama iznosio je 1,27 mg/kg (tabela 40).

Tabela 40. Sadržaj molibdena u suvoj materiji lucerke i crvene deteline u zavisnosti od krmnog useva, tipa i klasa plodnosti zemljišta (mg/kg).

Tip zemljišta	Krmni usev		Prosek
	Lucerka	Crvena detelina	
Černozem	0,80 b	0,53 b	<b>0,67 B</b>
Vertisol	0,84 b	0,49 b	<b>0,74 B</b>
Eutrični kambisol	0,30 b	0,22 b	<b>0,24 B</b>
Humofluvisol	0,55 b	0,57 b	<b>0,56 B</b>
Fluvisol	0,08 b	0,12 b	<b>0,09 B</b>
Humoglej	2,67 a	2,68 a	<b>2,67 A</b>
<b>Klase plodnosti</b>			
Niska plodnost	0,05 b	0,15 b	<b>0,10 B</b>
Srednja plodnost	0,85 ab	0,35 b	<b>0,67 B</b>
Visoka plodnost	1,92 a	1,32 ab	<b>1,65 A</b>
Vrlo visoka plodnost	1,20 ab	1,86 a	<b>1,79 A</b>
<b>Prosek</b>	<b>1,32 A</b>	<b>1,21 A</b>	<b>1,27</b>

Tretmani označeni istim slovima nemaju statistički signifikantne razlike (Fisherov test na nivou značajnosti 0,05).

Usvajanje molibdena od strane biljaka direktno je uslovljeno količinom njegovih pristupačnih oblika u zemljištu. Pristupačnost Mo u zemljištu za biljke zavisi prvenstveno od pH vrednosti, sadržaja organske materije, mehaničkog sastava, vlažnosti

i prisustva drugih jona (**Kastori**, 1990). Sadržaj molibdena u zemljištu ispitivanih lokaliteta bio je ispod 5,00 mg/kg. Za razliku od drugih mikroelemenata, pristupačnost Mo se smanjuje u kiseloj sredini. Na zemljištima gde je pH vrednost veća od 6,0-6,6 retko se javlja njegov nedostatak. Organska materija sa Mo stvara komplekse, čime se povećava njegova pristupačnost. U lucerki, koja je gajena na kiselom zemljištu u većini slučajeva sadržaj Mo je bio manji od 1 mg/kg suve materije, dok se na krečnim zemljištima i slatinama kretao od 3 do 4 mg/kg (**Szabo et al.**, 1987). Ispitivanjem uticaja pH vrednosti i primene Mo na njegov sadržaj u lucerki i crvenoj detelini (**Mortvedt**, 1981), konstatovan je značajan uticaj oba faktora. Sadržaj Mo u biljkama lucerke se povećao sa 6,00 na 13,00 mg/kg, a crvene deteline sa 3,00 na 49,00 mg/kg povećanjem pH vrednosti sa 5,0 na 7,0. Primenom Mo njegov sadržaj povećao sa 7,00 na 152,00 mg/kg u biljkama lucerke, a kod crvene deteline sa 8,00 na 461,00 mg/kg. Prema njegovom ispitivanju na zemljištu sa pH ispod 5,0, primena Mo značajno povećava i prinos, te sadržaj azota.

Uticaj tipa zemljišta na sadržaj molibdena u ispitivanim krmnim usevima je bio signifikantan. Najveću vrednost imale su krmne biljke na humogleju (2,67 mg/kg), koja je bila u proseku viša od rezultata dobijenih sa ostalih tipova zemljišta za 2,21 mg/kg, što predstavlja značajnu razliku. Najniži sadržaj imale su biljke na fluvisolu i eutričnom kambisolu, koji su imali slabo kiselu i kiselu reakciju zemljišta, što ima direktnog negativnog uticaja na pristupačnost Mo i njegovo usvajanje od strane biljaka.

Pojedinačno gledano, lucerka je takođe najveći sadržaj molibdena imala na humogleju (2,67 mg/kg), koji je bio za 2,15 mg/kg veći u odnosu na ostale tipove zemljišta. Crvena detelina je takođe najveći sadržaj molibdena imala na humogleju. Ove razlike su statistički značajne.

Uticaj klasa plodnosti zemljišta na sadržaj molibdena u krmnim biljkama je bio signifikantan. Zemljišta visoke i vrlo visoke plodnosti su imale značajno veći sadržaj molibdena u krmnim biljkama. Ova zemljišta odlikuju se povoljnom reakcijom zemljišta sa stanovišta ishrane molibdenom, kao i većim sadržajem organske materije.

Lucerka je najveći sadržaj molibdena imala na zemljištu visoke plodnosti (1,92 mg/kg), a najniži na zemljištu srednje plodnosti (0,05 mg/kg), dok je crvena detelina najveći sadržaj molibdena imala na zemljištu vrlo visoke (1,86 mg/kg), a najmanji



takođe na zemljištu niske plodnosti (0,15 mg/kg). Konstatovane razlike između pojedinih klasa plodnosti zemljišta su bile statistički značajne.

Lucerka i crvena detelina se međusobno nisu značajno razlikovale u pogledu sadržaja molibdena. Prosečan sadržaj molibdena u suvoj materiji lucerke iznosio je 1,32 mg/kg, a crvene deteline 1,21 mg/kg. Prema **Džamić i Stevanović (2000)** lucerka u proseku sadrži Mo oko 1,6 mg/kg, a crvena detelina 2,2 mg/kg.

Prema **Pravilniku o kvalitetu hrane za životinje (2010)** dozvoljen je sadržaj Mo do 4,0 mg/kg u suvoj materiji biljaka, što znači da su svi ispitivani uzorci lucerke i crvene deteline zadovoljavajućeg kvaliteta.

Sadržaj molibdena u biljkama nije prelazio zakonski dozvoljenu granicu. Uticaj tipa zemljišta na sadržaj molibdena u ispitivanim krmnim usevima je bio signifikantan, a to potvrđuju i rezultati drugih istraživanja. Krmne biljke na humogleju su imale znatno veći sadržaj molibdena u odnosu na biljke sa ostalih tipova zemljišta. Na plodnijim zemljištima bila je i veća akumulacija od strane biljaka, dok se sami krmni usevi nisu razlikovali.

### 7.3.9. Teški metali

#### 7.3.9.1. Aluminijum

U zemljištu ispitivanih lokaliteta prosečan ukupan sadržaj aluminijuma iznosio je 2,02% (tabela 41).

Tabela 41. Ukupan sadržaj aluminijuma u zemljištu ispitivanih lokaliteta u zavisnosti od krmnog useva, tipa i dubine zemljišta (%).

Tip zemljišta	Dubina (cm)	Krmni usev		Prosek
		Lucerka	Crvena detelina	
Černozem	0-30	1,61	1,69	1,64 cd
	30-60	1,40	1,98	1,67 cd
	Prosek	<b>1,51 e</b>	<b>1,83 cd</b>	<b>1,66 B</b>
Vertisol	0-30	2,69	2,55	2,63 ab
	30-60	2,69	1,97	2,41 b
	Prosek	<b>2,69 a</b>	<b>2,26 b</b>	<b>2,52 A</b>
Eutrični kambisol	0-30	2,19	2,82	2,53 ab
	30-60	3,06	2,57	2,79 a
	Prosek	<b>2,62 a</b>	<b>2,69 a</b>	<b>2,66 A</b>
Humofluvisol	0-30	2,06	1,49	1,78 cd
	30-60	1,88	1,82	1,85 cd
	Prosek	<b>1,97 bc</b>	<b>1,66 de</b>	<b>1,81 B</b>
Fluvisol	0-30	1,65	1,63	1,64 cd
	30-60	1,79	1,41	1,60 cd
	Prosek	<b>1,72 cde</b>	<b>1,52 de</b>	<b>1,62 B</b>
Humoglej	0-30	1,84	2,05	1,95 c
	30-60	1,62	1,65	1,64 cd
	Prosek	<b>1,73 cde</b>	<b>1,85 cd</b>	<b>1,79 B</b>
<b>Prosek</b>	0-30	2,05 a	2,04 a	2,04 a
	30-60	2,07 a	1,92 a	2,00 a
		<b>2,06 A</b>	<b>1,98 A</b>	<b>2,02</b>

Tretmani označeni istim slovima nemaju statistički signifikantne razlike (Fisherov test na nivou značajnosti 0,05).

Prema prosečnom ukupnom sadržaju aluminijuma ispitivani tipovi zemljišta su se podelili u dve grupe, koje su se statistički značajno razlikovale. Prvoj grupi, sa višim sadržajem aluminijuma, pripadaju eutrični kambisol (2,66%) i vertisol (2,52%). U ispitivanju sadržaja mobilnog aluminijuma u vertisolu **Jelić et al.** (2010) su konstatovali sadržaj od 11,10 mg/kg. Drugoj grupi, sa nižim sadržajem aluminijuma pripadaju humofluvisol (1,81%), humoglej (1,79%), černozem (1,66%) i fluvisol (1,62%). Između različitih tipova zemljišta unutar ovih grupa nije bilo statistički značajnih razlika.

Nisu konstatovane statistički značajne razlike u prosečnom sadržaju aluminijuma između zemljišta pod usevom lucerke i crvene deteline. U okviru pojedinačnih tipova zemljišta značajno viši sadržaj je zabeležen na ispitivanim lokalitetima černozema, vertisola i humofluvisola.

Nisu konstatovane signifikantne razlike u sadržaju aluminijuma između površinskog i dubljeg sloja zemljišta, kako u prosečnoj vrednosti za čitav ogled, tako i u okviru pojedinačnih tipova zemljišta.

Tabela 42. Sadržaj aluminijuma u suvoj materiji lucerke i crvene deteline u zavisnosti od krmnog useva, tipa i klasa plodnosti zemljišta (mg/kg).

Tip zemljišta	Krmni usev		Prosek
	Lucerka	Crvena detelina	
Černozem	108,08 bc	90,15 bc	<b>99,17 B</b>
Vertisol	305,82 a	224,14 abc	<b>273,15 A</b>
Eutrični kambisol	59,20 bc	233,73 ab	<b>153,17 AB</b>
Humofluvisol	114,40 bc	49,83 c	<b>82,11 B</b>
Fluvisol	81,91 bc	119,28 abc	<b>100,59 B</b>
Humoglej	156,89 abc	177,88 abc	<b>167,38 AB</b>
<b>Klase plodnosti</b>			
Niska plodnost	67,56 b	267,64 a	<b>200,95 A</b>
Srednja plodnost	95,48 b	194,09 ab	<b>130,28 A</b>
Visoka plodnost	253,92 a	97,68 b	<b>181,38 A</b>
Vrlo visoka plodnost	119,41 ab	78,43 b	<b>88,68 A</b>
<b>Prosek</b>	<b>157,40 A</b>	<b>147,77 A</b>	<b>149,17</b>

Tretmani označeni istim slovima nemaju statistički signifikantne razlike (Fisherov test na nivou značajnosti 0,05).

Prosečan sadržaj aluminijuma u krmnim usevima iznosio je 149,17 mg/kg (tabela 42). Sadržaj Al u suvoj materiji iznad 150 mg/kg može se smatrati granicom toksičnosti za lucerku (**Bouma *et al.*, 1981**).

Konstatovane su statistički značajne razlike između biljaka poreklom sa različitih tipova zemljišta. Najveći prosečan sadržaj aluminijuma u suvoj masi lucerke i crvene deteline zabeležen je na zemljištu tipa vertisol (273,15 mg/kg), zatim na humogleju (167,38 mg/kg) i eutričnom kambisolu (153,17 mg/kg), između kojih nije bilo statistički značajnih razlika. Eutrični kambisol i vertisol su imali i najveći ukupan sadržaj Al, ali i pH vrednost ispod 6,5, pri kojem se oslobađaju veće količine mobilnog Al. Visok sadržaj Al imale su i biljke sa humogleja, iako ukupan sadržaj Al nije bio visok, a pH vrednost se nalazila u intervalu 6,43-7,20, što je posledica loših vodno-vazdušnih osobina (zasićenje pora vodom), koje karakterišu humoglej. Značajno niža koncentracija aluminijuma u odnosu na vertisol bila je u biljkama poreklom sa fluvisola (100,59 mg/kg), černozema (99,17 mg/kg) i humofluvisola (82,11 mg/kg), ali se nisu razlikovale od koncentracije aluminijuma u biljkama sa ostalih tipova zemljišta. Fluvisol je imao najniži ukupan sadržaj Al u zemljištu, dok su černozem i humofluvisol imali najviše vrednosti pH (6,6-7,4), što je uticalo na manji sadržaj mobilnog Al u zemljištu, te njegovu slabiju asimilaciju od strane biljaka.

Reakcija zemljišta ima najveći uticaj na mobilnost Al, koja se povećava kada pH vrednost padne ispod 6,0, dok se sadržaj pri pH<5,0 znatno povećava. Na izrazito kiselim zemljištima se uočavaju dve negativne pojave: povećanje sadržaja mobilnog aluminijuma (Al) i gvožđa (Fe), te smanjenje pristupačnog fosfora (**Taylor i Quesenberry, 1996; Stevović i sar., 2007**). Povećanje prinosa leguminoznih biljaka na kiselim zemljištima moguće je ostvariti gajenjem tolerantnijih vrsta, odnosno sorti, inokulacijom sojeva *Rhizobium*-a, koji podnose niže pH vrednosti, kao i kalcizacijom zemljišta (**Zahran, 1999, Graham and Vance, 2000**). **Grewal and Williams (2003)** ističu da primena krečnjaka povećava prinos lucerke, rast korena, nodulaciju kvržičnih bakterija, odnos lista i stabla i sadržaj sirovih proteina, a smanjuje sadržaj Al u biljkama lucerke.

Na vertisolu su biljke lucerke u najvećoj meri akumulirale aluminijum (305,82 mg/kg), a nešto manje na humogleju (156,89 mg/kg). Biljke lucerke sa ostalih tipova

zemljišta imale su za 214,97 mg/kg u proseku manji sadržaj aluminijuma u odnosu na biljke sa vertisola, ali se nisu razlikovale od onih sa humogleja.

Najniži sadržaj aluminijuma u suvoj materiji biljke crvene deteline su imale na humoflvisolu (49,83 mg/kg), ali je razlika bila statistički značajna samo u odnosu eutrični kambisol (233,73 mg/kg). Između ostalih tipova zemljišta nije bilo značajnih razlika.

Najniži prosečan sadržaj aluminijuma u krmnim usevima bio na zemljištu vrlo visoke plodnosti (88,68 mg/kg), zatim na zemljištu srednje (130,28 mg/kg) i visoke plodnosti (181,38 mg/kg), a najviši na zemljištu niske plodnosti (200,95 mg/kg), ali navedene razlike nisu bile statistički značajne. S obzirom da se manje plodna zemljišta obično karakterišu i nižim pH vrednostima, u njima je sadržaj mobilnog Al veći, te je i akumulacija u biljkama veća.

Gledano pojedinačno, crvena detelina je imala sličnu pravilnost u nakupljanju Al, te je najvišu koncentraciju aluminijuma imala na zemljištima niske (267,64 mg/kg) i srednje plodnosti (194,09 mg/kg), a značajno nižu koncentraciju u odnosu na zemljišta niske plodnosti imala je na zemljištima visoke (97,68 mg/kg) i vrlo visoke plodnosti (78,43 mg/kg). Kod lucerke je slučaj bio obrnut. Naime, najveće koncentracije aluminijuma u biljkama lucerke konstatovane su na zemljištima visoke (253,92 mg/kg) i vrlo visoke plodnosti (119,41 mg/kg), a značajno niže koncentracije u odnosu na zemljište visoke plodnosti, imale su biljke na zemljištima srednje (95,48 mg/kg) i niske plodnosti (67,56 mg/kg). Ova činjenica se može objasniti većom osetljivošću lucerke na veće količine mobilnog Al (Leônidas *et al.*, 2012). Suvišak mobilnog Al u zemljištu primarno oštećuje korenov sistem i usporava njegov razvoj. Ovakav korenov sistem smanjuje sposobnost biljaka da usvajaju hranljive materije i vodu, što se odražava i na rast i razvoj nadzemnog dela biljaka, pa analiza nadzemnog dela biljaka nekada ne može da ukaže na suvišak mobilnog Al. To je samolimitirajući efekat usvajanja toksina (Undersander *et al.*, 1994).

Prosečan sadržaj Al u suvoj materiji lucerke bio je veći u odnosu na crvenu detelinu, međutim razlike nisu bile statistički značajne. Takođe, nisu ustanovljene značajne razlike između ovih krmnih useva ni u okviru pojedinačnih tipova zemljišta.

U okviru pojedinačnih klasa plodnosti zemljišta razlike između lucerke i crvene deteline u sadržaju aluminijuma su se ispoljile na zemljištu niske plodnosti, gde je

crvena detelina imala za 200,08 mg/kg veći sadržaj od lucerke, te na zemljištu visoke plodnosti, gde je lucerka imala veći sadržaj za 156,24 mg/kg.

Lucerka pripada biljnim vrstama osetljivim na veću koncentraciju pristupačnog Al, međutim, pojedini genotipovi su otporniji na njegov negativan uticaj. U ispitivanju nekoliko tetraploidnih sorti lucerke, neki genotipovi su bili tolerantni na koncentraciju od 4 mg/l Al<sup>3+</sup>, što svakako ukazuje na mogućnost selekcije rezistentnijih genotipova za kiselija zemljišta (**Leônidas et al.**, 2012).

U ispitivanju uticaja pristupačnog Al na rast i mineralni sastav crvene deteline, koja je otpornija na kiselost zemljišta u odnosu na lucerku, konstatovane su značajne razlike u rastu izdanaka i korenova između tretmana sa različitim nivoima pristupačnog Al, kao i između različitih genotipova crvene deteline (**Baligar et al.**, 1987).

Viši sadržaj aluminijskog konstatovan je na eutričnom kambisolu i vertisolu u odnosu na ostale tipove zemljišta. Zabeležene su statistički značajne razlike u sadržaju aluminijuma između biljaka poreklom sa različitih tipova zemljišta, na šta ukazuju i mnogobrojni literaturni podaci. Najveći prosečan sadržaj zabeležen je na vertisolu, humogleju i eutričnom kambisolu. Sadržaj aluminijuma u suvoj materiji krmnih useva nije pokazao zavisnost u odnosu na biljnu vrstu i plodnost zemljišta.

### 7.3.9.2. Hrom

Sadržaj hroma u biljkama uslovljen je genotipom i količinom pristupačnih oblika u zemljištu. Na pristupačnost Cr utiču reakcija zemljišta, sadržaj gline i organske materije (**Jakšić i sar.**, 2012). Veoma se adsorbuje u zemljištu, te ga odlikuje velika imobilizacija, usled čega se sadržaj Cr u zemljišnom rastvoru ne povećava mnogo.

Prema Pravilniku o dozvoljenim količinama opasnih i štetnih materija u zemljištu i vodi za navodnjavanje i metodama njihovog ispitivanja (**Službeni glasnik RS**, br. 23/1994) sadržaj hroma prelazi maksimalno dozvoljenu količinu od 100 mg/kg na svim ispitivanim lokalitetima vertisola i fluvisola (tabela 43).

Prosečan sadržaj hroma u zemljištu ispitivanih lokaliteta iznosio je 76,44 mg/kg.

Konstatovane su statistički značajne razlike u sadržaju hroma između različitih tipova zemljišta. Najveći sadržaj hroma imali su lokaliteti fluvisola (164,5 mg/kg), a najmanji černozema (33,03 mg/kg) i humogleja (37,99 mg/kg).

Tabela 43. Ukupan sadržaj hroma u zemljištu ispitivanih lokaliteta u zavisnosti od krmnog useva, tipa i dubine zemljišta (mg/kg).

Tip zemljišta	Dubina (cm)	Krmni usev		Prosek
		Lucerka	Crvena detelina	
Černozem	0-30	30,13	34,61	32,22 f
	30-60	25,01	43,93	33,84 ef
	Prosek	<b>27,57 f</b>	<b>39,27 e</b>	<b>33,03 E</b>
Vertisol	0-30	155,59	129,97	145,34 b
	30-60	158,12	110,04	138,89 b
	Prosek	<b>156,86 a</b>	<b>120,00 b</b>	<b>142,11 B</b>
Eutrični kambisol	0-30	62,89	76,55	70,25 c
	30-60	81,84	70,55	75,76 c
	Prosek	<b>72,36 c</b>	<b>73,55 c</b>	<b>73,00 C</b>
Humofluvisol	0-30	58,93	49,77	54,35 d
	30-60	57,13	54,84	55,99 d
	Prosek	<b>58,03 d</b>	<b>52,30 d</b>	<b>55,17 D</b>
Fluvisol	0-30	163,13	167,60	165,36 a
	30-60	174,30	153,15	163,73 a
	Prosek	<b>168,71 a</b>	<b>160,38 a</b>	<b>164,54 A</b>
Humoglej	0-30	39,25	45,53	42,57 e
	30-60	30,50	35,98	33,40 ef
	Prosek	<b>34,88 ef</b>	<b>40,75 e</b>	<b>37,99 E</b>
<b>Prosek</b>	0-30	80,59 a	73,84 b	77,30 a
	30-60	81,48 a	69,40 b	75,59 a
		<b>81,04 A</b>	<b>71,62 B</b>	<b>76,44</b>

Tretmani označeni istim slovima nemaju statistički signifikantne razlike (Fisherov test na nivou značajnosti 0,05).

U ispitivanju **Brankova i sar.** (2006) ukupan sadržaj hroma takođe se razlikovao između različitih tipova zemljišta: černozem 16,52 mg/kg, humoglej 20,10 mg/kg i fluvisol 11,00 mg/kg. **Markoski et al.** (2011) su u ispitivanju fluvisola zabeležili povećan sadržaj hroma: 254,90 mg/kg u zemljišnom sloju 0-33 cm, te 261,57 mg/kg u profilu 33-61 cm, koji je antropogenog porekla. **Aubert et al.** (1997) iznose da

je prosečan sadržaj Cr u zemljištu 100-300 mg/kg, dok je prema drugim autorima (**Kabata-Pendias and Adriano, 1995**) ovaj sadržaj niži i iznosi 54-65 mg/kg.

Zemljišta pod usevom lucerke imala su, u proseku, značajno veći sadržaj hroma u odnosu na zemljišta pod usevom crvene deteline, a razlika je iznosila 9,42 mg/kg. U okviru pojedinačnih tipova zemljišta značajno veći sadržaj je zabeležen na ispitivanim lokalitetima černozema pod usevom crvene deteline, te vertisola pod usevom lucerke.

Sadržaj hroma se nije razlikovao po dubini zemljišta, kako po prosečnoj vrednosti, tako i u okviru pojedinačnih tipova zemljišta.

U biljkama se Cr nalazi u malim koncentracijama 0,2-0,4 mg/kg. Prosečan sadržaj hroma u uzorcima biljnog materijala ispitivanih krmnih useva bio je 0,463 mg/kg (tabela 44). S obzirom da prosečna kritična koncentracija Cr u gajenim biljkama iznosi 1,0 mg/kg, a toksična 2,0 mg/kg suve materije (**Kastori i sar., 1997**), dok maksimalni nivo tolerancije u hrani domaćih životinja iznosi za hrom oksid 3.000 µg/g, a za hrom hlorid 1.000 µg/g (**Vapa i Vapa, 1997**), vrednosti ispitivanih uzoraka nisu prelazile navedene granice.

Tabela 44. Sadržaj hroma u suvoj materiji lucerke i crvene deteline u zavisnosti od krmnog useva, tipa i klasa plodnosti zemljišta (mg/kg).

Tip zemljišta	Krmni usev		Prosek
	Lucerka	Crvena detelina	
Černozem	0,337 b	0,264 b	<b>0,303 B</b>
Vertisol	0,954 a	0,629 ab	<b>0,824 A</b>
Eutrični kambisol	0,295 b	0,516 b	<b>0,414 B</b>
Humofluvisol	0,349 b	0,472 b	<b>0,415 B</b>
Fluvisol	0,448 b	0,613 ab	<b>0,530 A</b>
Humoglej	0,318 b	0,350 b	<b>0,334 B</b>
<b>Klase plodnosti</b>			
Niska plodnost	0,367 ab	0,574 ab	<b>0,505 a</b>
Srednja plodnost	0,348 b	0,583 ab	<b>0,431 a</b>
Visoka plodnost	0,690 a	0,423 ab	<b>0,566 a</b>
Vrlo visoka plodnost	0,359 ab	0,258 b	<b>0,283 a</b>
<b>Prosek</b>	<b>0,469 A</b>	<b>0,457 A</b>	<b>0,463</b>

Tretmani označeni istim slovima nemaju statistički signifikantne razlike (Fisherov test na nivou značajnosti 0,05).



U pogledu uticaja tipa zemljišta na prosečan sadržaj hroma u ispitivanim biljkama, svi ispitivani uzorci su se razvrstali u dve grupe. Grupi sa većim sadržajem hroma pripadaju biljke sa vertisola (0,824 mg/kg) i fluvisola (0,530 mg/kg). Ovi lokaliteti su imali najveći ukupan sadržaj Cr u zemljištu, koji je prelazio i maksimalno dozvoljene količine prema **Pravilniku** (Službeni glasnik RS, br. 23/1994). Sadržaj Cr u biljkama je bio veći u odnosu na ostale tipove zemljišta i prelazio je kritičnu granicu na pojedinim lokalitetima vertisola. Značajno niži sadržaj hroma imali su usevi na humofluvisolu (0,415 mg/kg), eutričnom kambisolu (0,414 mg/kg), humogleju (0,334 mg/kg) i černozeu (0,303 mg/kg).

Osim ukupnog sadržaja Cr u zemljištu, na njegovo usvajanje je uticala i pH vrednost zemljišta. Lokaliteti sa povećanim sadržajem Cr u biljkama, imali su i povoljniju reakciju zemljišta za njegovu asimilaciju od strane biljaka. U ispitivanju efekta hemijske kompeticije na višestruko vezivanje metala od strane lucerke najveći afinitet za vezivanje Cr ispoljen je pri pH vrednosti 5,00 (**Gardea-Torresday et al.**, 1999). Zavisnost usvajanja i translokacije Cr u lucerki u odnosu na zemljišna svojstva ispitivali su **Bartlett and James** (1979) u ogledu sa  $\text{CrCl}_3$ . Cr(VI) je rastvorljiv anjon (**Zandsalimi et al.**, 2011), toksičan za biljke, koji se pri odgovarajućem pH i redoks potencijalu oslobađa u zemljišni rastvor u većim količinama i intenzivnije usvaja od strane biljaka. Nasuprot njemu Cr(III) jon je slabije rastvorljiv i pristupačan biljkama samo pri vrednostima biološkog pH i to ako je kompleksiran u organske komplekse male molekulske mase. Reakcija zemljišta utiče na oksidaciju i redukciju jednog jona u drugi.

Na vertisolu je došlo do najveće akumulacije hroma u suvoj materiji lucerke u količini 0,954 mg/kg, a statistički se značajno razlikovala od količine na ostalim tipovima zemljišta, gde se sadržaj hroma nalazio u intervalu od 0,295 mg/kg na eutričnom kambisolu do 0,448 mg/kg na fluvisolu.

Sadržaj hroma u biljkama crvene deteline se nalazio u intervalu od 0,264 mg/kg na černozeu do 0,629 mg/kg na vertisolu, međutim uticaj tipa zemljišta nije bio signifikantan.

Plodnost zemljišta nije imala signifikantan uticaj na sadržaj hroma u biljkama crvene deteline, iako je najniži sadržaj zabeležen na zemljištu vrlo visoke plodnosti (0,258 mg/kg), a najviši na zemljištu srednje plodnosti (0,583 mg/kg).

Kod biljaka lucerke sadržaj hroma se kretao od 0,348 mg/kg na zemljištu srednje plodnosti do 0,690 mg/kg na zemljištu visoke plodnosti, a razlika između njih je bila statistički značajna. Između ostalih klasa plodnosti zemljišta nije bilo značajnih razlika.

Iako lucerka pripada grupi hiperakumulatora hroma, sadržaj hroma nije se razlikovao između ispitivanih krmnih useva, kako u okviru pojedinačnih tipova zemljišta, tako ni u okviru pojedinačnih klasa plodnosti. Prosečan sadržaj u suvoj materiji lucerke iznosio je 0,469 mg/kg, a crvene deteline 0,457 mg/kg i između njih nije bilo značajne razlike.

Konstatovane su statistički značajne razlike u sadržaju hroma između različitih tipova zemljišta. Najveći sadržaj hroma imali su lokaliteti fluvisola, a najmanji černozeza i humogleja. Sadržaj hroma u zemljištu prelazi maksimalno dozvoljenu količinu na svim ispitivanim lokalitetima vertisola i fluvisola, međutim vrednosti sadržaja hroma u biljkama nisu prelazile dozvoljene granice. Biljke sa vertisola i fluvisola imale su veći sadržaj hroma u suvoj materiji u odnosu na biljke sa ostalih tipova zemljišta. Iako lucerka pripada grupi hiperakumulatora hroma, sadržaj hroma nije se razlikovao u odnosu na crvenu detelinu. Plodnost zemljišta nije uticala na usvajanje hroma od strane biljaka.

### 7.3.9.3. Kadmijum

Intenzitet usvajanja i nakupljanja kadmijuma se povećava smanjenjem pH vrednosti zemljišta, sadržaja organske materije i povećanjem sadržaja pristupačnih koncentracija. Kadmijum je dosta mobilan u zemljištu i zbog toga je više pristupačan za biljke od drugih teških metala u zemljištu uključujući i Pb i Cu (**Bogdanović**, 2002).

Istraživanja **Christensena** (1984) pokazuju da se adsorpcija Cd u intervalu pH od 4 do 7,7 povećava 3 puta za svaku jedinicu povećanja pH u peskovitom i ilovasto-glinovitom zemljištu. Prema istraživanjima **Alloway et al.** (1995) pH je jedan od ključnih faktora za adsorpciju Cd zajedno sa organskom materijom i sadržajem hidratiziranih oksida. Biljke najintenzivnije usvajaju Cd kada je pH vrednost zemljišta u intervalu 5-7. Zemljišta bogata glinom i organskom materijom sadrže manje pristupačnog Cd (**Strickland et al.**, 1979). Povećan sadržaj humusa u oraničnom sloju

doprinosi većoj adsorpciji Cd u površinskom sloju zemljišta. **Page et al.** (1987) su u istraživanjima izmerili prosečnu koncentraciju Cd od 0,39 mg/kg u površinskom sloju, i 0,23 mg/kg u podoraničnom sloju.

Zemljišta koja sadrže slobodni  $\text{CaCO}_3$  dobro sorbiraju Cd i smanjuju njegovu pristupačnost za biljke i mikroorganizme. **McBride** (1980) i **Papadopulus** (1988) su utvrdili da karbonati imaju jak afinitet prema Cd i adsorpcija je linearna, međutim, pri visokim koncentracijama Cd dolazi do taloženja  $\text{CdCO}_3$ .

Prema Pravilniku o dozvoljenim količinama opasnih i štetnih materija u zemljištu i vodi za navodnjavanje i metodama njihovog ispitivanja (**Službeni glasnik RS, br. 23/1994**) maksimalno dozvoljena količina Cd iznosi 3 mg/kg. Ispitivani lokaliteti nisu bili kontaminirani ovim teškim metalom, s obzirom da je u zemljišnim profilima sadržaj kadmijuma bio ispod 1,25 mg/kg, te je bilo i očekivano da ni sadržaj u biljkama ne bude povišen. **Brankov i sar.** (2006) u ispitivanju ukupnog sadržaja kadmijuma na različitim tipovima zemljišta utvrdili su sledeće vrednosti: černozem 1,36 mg/kg, humoglej 1,28 mg/kg i fluvisol 11 mg/kg. U ispitivanju **Markoskog et al.** (2011) fluvisol je sadržavao 0,50 mg/kg kadmijuma u sloju zemljišta 0-33 cm te 0,47 mg/kg u sloju 33-60 cm.

U suvoj materiji lucerke i crvene deteline na svim ispitivanim lokalitetima sadržaj kadmijuma je bio ispod 0,85 mg/kg.

S obzirom da je prosečna kritična koncentracija Cd u biljkama 5,0 mg/kg, a toksična 10,0 mg/kg (**Kastori, 1997**), u našem ispitivanju nije bilo negativnog uticaja ovog teškog metala na proticanje fiziološko-biohemijskih procesa biljaka.

Pravilnikom o kvalitetu hrane za životinje (**Službeni glasnik RS, br. 4/2010**) propisan je maksimalno dozvoljen sadržaj kadmijuma, koji iznosi 1,0 mg/kg u suvoj materiji biljaka, što znači da su svi ispitivani uzorci lucerke i crvene deteline zadovoljavajućeg kvaliteta.

U ispitivanju hemijskog sastava lucerke, uzetih sa 12 različitih lokacija u Vojvodini, **Živkov-Baloš et al.** (2011) su konstatovali sadržaj kadmijuma od 0,034 mg/kg.

Sadržaj Cd u biljkama lucerke, pri dodavanju kadmijuma zemljištu u količini od 10 mg/kg poreklom iz otpadnog mulja, iznosio je 8,0 mg/kg (**Marschner, 1983**).

Detelina ima sposobnost da u sebi koncentriše Cd usvojen iz zemljišta (**Vapa i Vapa**, 1997).

Zagađivanjem pašnjaka kadmijumom može se sadržaj povećati za oko 40 puta (**Vapa i Vapa**, 1997).

Dugotrajnim poljskim ogledima **Mortvedt** (1987) je konstatovao da je jednogodišnja primena fosfornih đubriva povećala sadržaj Cd za 0,3-1,2 g/ha, ali nije došlo do veće akumulacije u biljkama.

Sadržaj kadmijuma u svim zemljištima je bio ispod maksimalno dozvoljenog sadržaja, a takođe u suvoj materiji lucerke i crvene deteline nije prelazio zakonski dozvoljenu granicu, što znači da su krmiva zadovoljavajućeg kvaliteta sa aspekta kontaminacije ovim teškim metalom.

#### 7.3.9.4. Nikl

Prema Pravilniku o dozvoljenim količinama opasnih i štetnih materija u zemljištu i vodi za navodnjavanje i metodama njihovog ispitivanja (**Službeni glasnik RS**, br. 23/1994) sadržaj nikla prelazi maksimalno dozvoljenu količinu od 50 mg/kg na svim ispitivanim lokalitetima vertisola, fluvisola i humofluvisola, te na tri lokaliteta eutričnog kambisola pod usevom lucerke i šest pod usevom crvene deteline (tabela 45). U zemljištu ispitivanih lokaliteta prosečan sadržaj nikla iznosio je 89,13 mg/kg.

Konstatovane su statistički značajne razlike u sadržaju nikla između svih pojedinačnih tipova zemljišta. Najveći sadržaj nikla imali su lokaliteti fluvisola (274,78 mg/kg), a najmanji černozema (32,53 mg/kg). Povećani sadržaj imaju zemljišta obrazovana na serpentinitima, ali on takođe može biti posledica antropogenog uticaja usled primene otpadnih i kanalizacionih muljeva, đubriva, tečnog stajnjaka ili blizine industrijskih postrojenja, rudnika i drugih zagađivača (**Bogdanović**, 2007b). **Markoski et al.** (2011) su u ispitivanju fluvisola utvrdili 129,20 mg/kg Ni u sloju 0-33 cm, te 163,13 mg/kg u sloju 33-61 cm. U ispitivanju **Brankova i sar.** (2006) ukupan sadržaj nikla takođe se razlikovao između različitih tipova zemljišta: černozem 31,72 mg/kg, humoglej 38,63 mg/kg i fluvisol 31,1 mg/kg. Prosečan sadržaj nikla u zemljištu na svetskom nivou iznosi 40 mg/kg **Markoski et al.** (2011). Prema istraživanjima

**Jakovljević i Antić-Mladenović** (1997) najveći sadržaj nikla u zemljištima Srbije je u mlađim aluvijalnim zemljištima (3,5-465 mg/kg), a najmanji je bio u gajnjači. Istraživanjem serpentinskih zemljišta u Srbiji **Kostić i sar.** (1998) su utvrdili prosečan sadržaj nikla od 1.180 mg/kg.

Tabela 45. Ukupan sadržaj nikla u zemljištu ispitivanih lokaliteta u zavisnosti od krmnog useva, tipa i dubine zemljišta (mg/kg).

Tip zemljišta	Dubina (cm)	Krmni usev		Prosek
		Lucerka	Crvena detelina	
Černozem	0-30	31,28	3,36	33,65 gh
	30-60	26,95	36,50	31,41 h
	Prosek	<b>29,11 h</b>	<b>36,43 g</b>	<b>32,53 F</b>
Vertisol	0-30	179,08	129,67	159,31 c
	30-60	174,96	127,05	155,79 c
	Prosek	<b>177,02 b</b>	<b>128,36 c</b>	<b>157,55 B</b>
Eutrični kambisol	0-30	51,64	55,52	53,73 e
	30-60	59,78	55,66	57,56 e
	Prosek	<b>55,71 e</b>	<b>55,79 e</b>	<b>55,65 D</b>
Humofluvisol	0-30	59,25	74,73	66,99 d
	30-60	59,96	72,20	66,08 d
	Prosek	<b>59,60 e</b>	<b>73,47 d</b>	<b>66,54 C</b>
Fluvisol	0-30	269,20	273,52	271,36 b
	30-60	278,43	277,98	278,20 a
	Prosek	<b>273,81 a</b>	<b>275,75 a</b>	<b>274,78 A</b>
Humoglej	0-30	38,49	42,02	40,36 f
	30-60	31,93	39,75	36,07 g
	Prosek	<b>35,21 g</b>	<b>40,89 f</b>	<b>38,22 E</b>
<b>Prosek</b>	0-30	93,94 a	84,94 b	89,54 a
	30-60	92,76 a	84,48 b	88,72 a
		<b>93,35 A</b>	<b>84,71 B</b>	<b>89,13</b>

Tretmani označeni istim slovima nemaju statistički signifikantne razlike (Fisherov test na nivou značajnosti 0,05).

**Dozet** (2010) je u konstatovala sledeći sadržaj nikla u zemljištima Srema: černozem 50,77-128,63 mg/kg, gajnjača 45,84-167,75 mg/kg, aluvijalno-deluvijalna zemljišta 52,87-254,87 mg/kg, humofluvisol 51,45-80,86 mg/kg, ritska crnica 52,92-69,71 mg/kg.

Zemljišta pod usevom lucerke imala su, u proseku, značajno veći sadržaj nikla u odnosu na zemljišta pod usevom crvene deteline. U okviru pojedinačnih tipova zemljišta značajno viši sadržaj nije zabeležen samo na ispitivanim lokalitetima eutričnog kambisola i fluvisola.

Nisu konstatovane signifikantne razlike u sadržaju nikla između površinskog i dubljeg sloja zemljišta.

Tabela 46. Sadržaj nikla u suvoj materiji lucerke i crvene deteline u zavisnosti od krmnog useva, tipa i klasa plodnosti zemljišta (mg/kg).

Tip zemljišta	Krmni usev		Prosek
	Lucerka	Crvena detelina	
Černozem	2,85 bc	0,91 d	<b>1,56 C</b>
Vertisol	3,90 ab	4,81 a	<b>4,26 A</b>
Eutrični kambisol	2,14 c	3,08 bc	<b>2,64 B</b>
Humofluvisol	0,58 d	0,66 d	<b>0,64 D</b>
Fluvisol	4,00 ab	3,67 ab	<b>3,83 A</b>
Humoglej	0,42 d	0,89 d	<b>0,72 D</b>
<b>Klase plodnosti</b>			
Niska plodnost	3,74 ab	3,19 ab	<b>3,37 A</b>
Srednja plodnost	2,44 b	3,77 a	<b>3,01 A</b>
Visoka plodnost	2,55 ab	0,96 c	<b>1,68 B</b>
Vrlo visoka plodnost	2,76 ab	0,79 c	<b>0,98 B</b>
<b>Prosek</b>	<b>2,62 A</b>	<b>2,16 B</b>	<b>2,36</b>

Tretmani označeni istim slovima nemaju statistički signifikantne razlike (Fisherov test na nivou značajnosti 0,05).

Prosečan sadržaj nikla u biljkama iznosi 0,1-5,0 mg/kg suve materije (**Kastori i sar.**, 1997). Prosečan sadržaj nikla u ispitivanim krmnim usevima iznosio je 2,36 mg/kg (tabela 46). S obzirom da prosečna kritična koncentracija Ni u gajenim biljkama iznosi 20 mg/kg, a toksična 30 mg/kg suve materije (**Kastori i sar.**, 1997), ispitivani uzorci su daleko ispod ovih vrednosti. Iako u našoj zemlji nisu zakonski regulisane maksimalno dozvoljene količine Ni u stočnoj hrani, ispitivanja su pokazala da nivo tolerancije za goveda iznosi 50 mg/kg (**Vapa i Vapa**, 1997), te i sa ovog aspekta analizirani uzorci zadovoljavaju kriterijume kvaliteta.

Konstatovane su statistički značajne razlike između biljaka poreklom sa različitih tipova zemljišta. Najmanji prosečan sadržaj nikla u suvoj masi krmnih biljaka zabeležen je na zemljištu tipa humofluvisol (0,64 mg/kg) i humoglej (0,72 mg/kg), između kojih nije bilo statistički značajnih razlika. Ukupan sadržaj Ni na ovim zemljištima je bilo manji, a reakcija zemljišta neutralna, što je uticalo na slabije prisustvo njegovih pristupačnih oblika.

Značajno veća koncentracija nikla bila je u biljkama poreklom sa černozema (1,56 mg/kg). Na eutričnom kambisolu su biljke u značajno većoj meri akumulirale nikl (2,64 mg/kg), usled niskih pH vrednosti, koje su uslovile više pristupačnog nikla. Najveći sadržaj konstatovan je u biljkama sa fluvisola (3,83 mg/kg) i vertisola (4,26 mg/kg), koji su imali ne samo najveći ukupan sadržaj nikla, nego i slabo kiselu reakciju zemljišta. Mobilnost i akumulacija Ni od strane biljaka su prvenstveno uslovljeni reakcijom zemljišta, a ne količinom ukupnog Ni. Naime, rastvorljivost Ni se povećava pri nižim pH vrednostima. Slične rezultate o dominantnom uticaju pH vrednosti zemljišta dobili su **Echevarria et al.**, (2006). Ispitivanjem remedijacijskog potencijala *Medicago sativa* L. nije konstatovano povećanje Ni u biljnim organima sa rastom ukupnog Ni (**Barbafieri et al.**, 2000). U ispitivanju usvajanja Ni od strane *Trifolium pratense* L. na nekoliko lokaliteta (Ni=2,8-50 mg/kg) **Gambus** (1994) je ustanovio značajan uticaj pH vrednosti na akumulaciju u biljkama (Ni= 0,40-16,30 mg/kg), dok je koeficijent korelacije ( $r=0,33$ ) ukazivao na slabu povezanost sa ukupnim sadržajem Ni u zemljištu. U ispitivanju usvajanja Ni biljkama lucerke koncentracija u biljkama rasla je proporcionalno povećanju količine pristupačnog Ni u zemljištu (**Chhotu et al.**, 2008). Slični rezultati su dobijeni u ogledima **Abdel-Sabour** (1991) sa *Trifolium pratense* L.

Najveći sadržaj nikla lucerka je imala na fluvisolu (4,00 mg/kg), vertisolu (3,9 mg/kg) te černozemu (2,85 mg/kg), između kojih nije bilo značajnih razlika. Niži sadržaj nikla imala je lucerka na eutričnom kambisolu (2,14 mg/kg), dok je značajno najniža akumulacija bila je u biljkama lucerke sa humofluvisola (0,58 mg/kg) i humogleja (0,42 mg/kg).

Najveći sadržaj nikla u suvoj materiji biljke crvene deteline su imale na vertisolu (4,81 mg/kg) i fluvisolu (3,67 mg/kg). Značajno niža akumulacija nikla, u odnosu na vertisol, bila je u biljkama sa eutričnog kambisola (3,08 mg/kg). Najniža akumulacija

zabeležena je u crvenoj detelini sa černoze (0,91 mg/kg), humogleja (0,89 mg/kg) i humofluvisola (0,66 mg/kg), a razlika je bila statistički značajna.

Uticaj klasa plodnosti zemljišta na sadržaj nikla u suvoj materiji biljaka crvene deteline je bio značajan. Najveće koncentracije nikla u biljkama konstatovane su na zemljištima srednje (3,77 mg/kg) i niske plodnosti (3,19 mg/kg), a značajno niže koncentracije imale su biljke na zemljištima visoke (0,96 mg/kg) i vrlo visoke plodnosti (0,79 mg/kg), s obzirom da su se plodnija zemljišta karakterisala manjim sadržajem ukupno nikla, kao i neutralnom reakcijom zemljišta. Navedene razlike su bile statistički značajne.

Suprotno crvenoj detelini, biljke lucerke nisu se razlikovale u sadržaju nikla na zemljištu različite plodnosti.

Lucerka je u odnosu na crvenu detelinu, u proseku čitavog ogleđa, akumulirala značajno veće količine nikla.

U okviru pojedinačnih klasa plodnosti zemljišta razlike u sadržaju nikla između lucerke i crvene deteline se nisu ispoljile samo na zemljištu niske plodnosti, dok su te razlike na pojedinačnim tipovima zemljišta bile značajne samo na černoze, gde je lucerka imala za 1,94 mg/kg veći sadržaj nikla.

Konstatovane su statistički značajne razlike u sadržaju nikla između svih pojedinačnih tipova zemljišta. Najveći sadržaj nikla imali su lokaliteti fluvisola, a najmanji černoze. Sadržaj nikla u zemljištu prelazi zakonski propisanu maksimalno dozvoljenu koncentraciju na pojedinim lokalitetima, ali unatoč tome sadržaj u suvoj materiji krmnih biljaka je bio ispod kritičnih i toksičnih vrednosti. Na različitim tipovima zemljišta biljke su akumulirale različite količine nikla, što je u skladu sa dosadašnjim istraživanjima. Lucerka je u odnosu na crvenu detelinu akumulirala značajno veće količine nikla. Plodnost zemljišta nije imala uticaja na sadržaj nikla u lucerki, dok je crvena detelina imala manje nikla na plodnijim zemljištima.

#### 7.3.9.5. Olovo

Usvajanje Pb zavisi od afiniteta same biljke za akumulaciju ovog elementa svojstava zemljišta, te količine oblika pristupačnih biljkama (Cui *et al.*, 2004;



Griffierty and Barrington 2000), a ne samo ukupnog sadržaja u zemljištu. Koncentracije pristupačnog olova su obično veoma niske, usled njihove jake povezanosti sa organskom materijom, Fe-Mn oksidima, glinom i taloženjem u obliku karbonata, hidroksida i fosfata (Shen *et al.*, 2002).

Tabela 47. Ukupan sadržaj olova u zemljištu ispitivanih lokaliteta u zavisnosti od krmnog useva, tipa i dubine zemljišta (mg/kg).

Tip zemljišta	Dubina (cm)	Krmni usev		Prosek
		Lucerka	Crvena detelina	
Černozem	0-30	21,31	24,97	23,02 fg
	30-60	16,95	22,33	19,46 g
	Prosek	<b>19,13 i</b>	<b>23,65 ghi</b>	<b>21,24 E</b>
Vertisol	0-30	108,98	62,67	90,46 b
	30-60	108,99	64,11	91,04 b
	Prosek	<b>108,99 c</b>	<b>63,99 d</b>	<b>90,75 B</b>
Eutrični kambisol	0-30	39,38	39,40	39,39 c
	30-60	37,20	33,44	35,17 c
	Prosek	<b>38,29 e</b>	<b>36,42 e</b>	<b>37,28 C</b>
Humofluvisol	0-30	27,79	30,80	29,29 d
	30-60	30,85	26,22	28,54 de
	Prosek	<b>29,32 f</b>	<b>28,51 fg</b>	<b>28,92 D</b>
Fluvisol	0-30	195,03	188,50	191,76 a
	30-60	203,22	187,95	195,59 a
	Prosek	<b>199,13 a</b>	<b>188,23 b</b>	<b>193,68 A</b>
Humoglej	0-30	23,42	25,54	24,54 ef
	30-60	17,33	22,25	19,94 fg
	Prosek	<b>20,38 hi</b>	<b>23,90 gh</b>	<b>22,24 E</b>
<b>Prosek</b>	0-30	60,14 a	49,95 b	55,17 a
	30-60	58,82 a	47,46 b	53,27 a
		<b>59,48 A</b>	<b>48,71 B</b>	<b>54,22</b>

Tretmani označeni istim slovima nemaju statistički signifikantne razlike (Fisherov test na nivou značajnosti 0,05).

Prema Pravilniku o dozvoljenim količinama opasnih i štetnih materija u zemljištu i vodi za navodnjavanje i metodama njihovog ispitivanja (Službeni glasnik RS, br. 23/1994) maksimalno dozvoljena količina Pb u zemljištu iznosi 100 mg/kg. Prosečan sadržaj olova u zemljištu ispitivanih lokaliteta iznosio je 54,22 mg/kg (tabela

47). Između različitih tipova zemljišta konstatovane su statistički značajne razlike u sadržaju olova. Najveći sadržaj olova imali su lokaliteti fluvisola (193,68 mg/kg), a najmanji černozema (21,24 mg/kg) i humogleja (22,24 mg/kg). Veći sadržaj Pb od maksimalno dozvoljene količine prema Pravilniku, koja iznosi 100 mg/kg, imali su ispitivani lokaliteti vertisola pod usevom lucerke i svi lokaliteti fluvisola, koji je verovatno antropogenog porekla. **Vasin i sar.** (2004c) su ispitivali sadržaj teških metala u zemljištima Vojvodine, pri čemu su povećan sadržaj Pb zabeležili samo u industrijskoj zoni usled antropogenog uticaja. U ispitivanju **Brankova i sar.** (2006) ukupan sadržaj olova takođe se razlikovao između različitih tipova zemljišta: černozem 19,27 mg/kg, humoglej 22,43 mg/kg i fluvisol 21,80 mg/kg.

Zemljišta pod usevom lucerke imala su, u proseku, značajno veći sadržaj olova u odnosu na zemljišta pod usevom crvene deteline, a razlika je iznosila 10,77 mg/kg. U okviru pojedinačnih tipova zemljišta značajno veći sadržaj je zabeležen na ispitivanim lokalitetima vertisola i fluvisola pod usevom lucerke.

Sadržaj olova se nije razlikovao po dubini zemljišta, kako po prosečnoj vrednosti, tako i u okviru pojedinačnih tipova zemljišta.

U suvoj materiji lucerke i crvene deteline na svim ispitivanim lokalitetima sadržaj olova je bio ispod 3,35 mg/kg. Prema Pravilniku o izmeni Pravilnika o kvalitetu hrane za životinje (**Službeni glasnik RS**, br. 27/2014) dozvoljen je sadržaj olova do 30 mg/kg u suvoj materiji biljaka, što znači da su svi ispitivani uzorci lucreke i crvene deteline zadovoljavajućeg kvaliteta, iako se na pojedinim lokalitetima mogao očekivati povećan sadržaj u biljkama.

S obzirom da je kritična koncentracija Pb u biljkama 10 mg/kg, a toksična 20 mg/kg (**Kastori, 1997**), nije bilo negativnog uticaja ovog teškog metala na proticanje fiziološko-biohmijskih procesa biljaka.

U ispitivanju hemijskog sastava lucerke, uzetih sa 12 različitih lokacija u Vojvodini, **Živkov-Baloš et al.** (2011) su konstatovali sadržaj olova od 0,509 mg/kg.

Ispitivanjem transfera Pb iz kontaminiranog zemljišta (Pb=146-3452 mg/kg) u biljke *Trifolium pratense* L. **Dudka et al.** (1996) zabeležili su nizak sadržaj ovog metala u biljnom materijalu usled uticaja pH vrednosti zemljišta, koja je bila neutralna.

Između različitih tipova zemljišta konstatovane su statistički značajne razlike u sadržaju olova. Najveći sadržaj olova imali su lokaliteti fluvisola, a najmanji černozema

i humogleja. Iako je kontaminacija zemljišta olovom konstatovana na pojedinim lokalitetima vertisola i svim lokalitetima fluvisola, u suvoj materiji lucerke i crvene deteline sadržaj olova nije prelazio zakonski dozvoljenu granicu.

#### 7.3.9.6. Živa

U slojevima zemljišta svih ispitivanih lokaliteta sadržaj žive je bio ispod 0,001 mg/kg. S obzirom da je prema Pravilniku o dozvoljenim količinama opasnih i štetnih materija u zemljištu i vodi za navodnjavanje i metodama njihovog ispitivanja (**Službeni glasnik RS**, br. 23/1994) maksimalno dozvoljena količina 2 mg/kg, zemljišta ispitivanih lokaliteta zemljišta nisu bila kontaminirana ovim teškim metalom.

Neopterećenost zemljišta živom rezultirala je manjim sadržajem u biljkama lucerke i crvene deteline. U suvoj materiji ovih biljaka na svim ispitivanim lokalitetima sadržaj žive je bio ispod 0,001 mg/kg. S obzirom da prosečna kritična koncentracija Hg u gajenim biljkama iznosi 2,0 mg/kg, a toksična 5,0 mg/kg suve materije (**Kastori i sar.**, 1997) nije bilo negativnog uticaja ovog teškog metala na proticanje fiziološko-biohemijskih procesa biljaka.

Pravilnikom o kvalitetu hrane za životinje (**Službeni glasnik RS**, br. 4/2010) regulisana je maksimalno dozvoljena količina Hg u hrani za životinje i iznosi 0,1 mg/kg, što znači da su svi ispitivani uzorci lucerke i crvene deteline zadovoljavajućeg kvaliteta.

U ispitivanju hemijskog sastava lucerke, uzetih sa 12 različitih lokacija u Vojvodini, **Živkov-Baloš et al.** (2011) su konstatovali sadržaj žive od 0,127 mg/kg.

Sadržaj žive u uzorcima lucerke, koji su sakupljeni sa 16 lokaliteta u Sremu, Banatu i Bačkoj, u koncentraciji većoj od dozvoljene, zabeležen je u četiri uzorka, dok je u svim ostalim uzorcima sadržaj Hg bio niži od maksimalno dozvoljenog (**Mihaljev et al.**, 2008).

Sadržaj žive u svim zemljištima je bio ispod maksimalno dozvoljenog sadržaja, a takođe u suvoj materiji lucerke i crvene deteline nije prelazio zakonski dozvoljenu granicu, što znači da su krmiva zadovoljavajućeg kvaliteta sa aspekta kontaminacije ovim teškim metalom.

## 8. ZAKLJUČAK

Na osnovu ispitivanja uticaja krmnog useva, tipa i plodnosti zemljišta na produktivnost i hemijski sastav kabaste stočne hrane lucerke i crvene deteline mogu se izvesti sledeći zaključci:

Ispitivani tipovi zemljišta: černoze, smonica, eutrični kambisol, fluvisol, humofluvisol i humoglej razlikovali su se po plodnosti i specifično su uticali na produktivnost i kvalitet lucerke i crvene deteline.

Prosečni prinosi lucerke i crvene deteline u prvom otkosu druge godine života iznosili su 21,65 t/ha zelene mase, odnosno 4,66 t/ha suve materije. Prinosi zelene mase i suve materije iz prvog otkosa ispitivanih krmnih useva rasli su sa povećanjem plodnosti zemljišta. Najveći prosečan prinos zelene mase biljke su ostvarile na černoze, a najniži na eutričnom kambisolu. S obzirom da je lucerka veoma osetljiva na niže pH vrednosti zemljišta, te slabije uspeva na kiselijim zemljištima, na manje plodnim zemljištima veće prinose ostvarila je crvena detelina. Prinos zelene mase lucerke se povećavao smanjenjem kiselosti zemljišta za 2,82 t/ha za jednu jedinicu pH vrednosti.

Svi pojedinačni tipovi zemljišta bili su srednje obezbeđeni ukupnim azotom, ali između njih su postojale značajne razlike u njegovoj koncentraciji. Najveći sadržaj bio je u humogleju (0,18%), a najniži na eutričnom kambisolu (0,12%). Uticaj tipa zemljišta na sadržaj azota, odnosno sirovih proteina, u suvoj materiji krmnih useva je bio značajan. Najveći prosečan sadržaj konstatovan je u ispitivanim krmnim biljkama gajenim na černoze (3,81%), a najniži u suvoj materiji biljaka sa eutričnog kambisola (2,58%) i fluvisola (2,68%). Na zemljištima povoljnijih fizičko-hemijskih osobina dobijena su kvalitetnija krmiva. Konstatovana je značajna pozitivna korelacija između sadržaja azota, odnosno proteina i pH vrednosti zemljišta, sadržaja kalcijum-karbonata, humusa, lakopristupačnog kalijuma i fosfora u zemljištu. Sadržaj azota u biljkama povećavao se smanjenjem kiselosti zemljišta za 0,37% za jednu jedinicu pH vrednosti. Negativna korelacija zabeležena je između sadržaja azota u biljkama i ukupnog sadržaja bakra, nikla i olova u zemljištu. Lucerka je ostvarila veći sadržaj azota odnosno sirovih proteina u suvoj materiji u odnosu na crvenu detelinu.

Sadržaj sirove celuloze se razlikovao kod krmnih biljaka poreklom sa različitih tipova zemljišta. Najveći prosečan sadržaj konstatovan je u biljkama sa fluvisola

(21,21%), dok je najniža vrednost zabeležena u biljkama sa humogleja (14,95%). Kvalitet krme je opadao sa smanjanjem plodnosti zemljišta. Lucerka je imala veći sadržaj celuloze u odnosu na crvenu detelinu, a razlika je posebno naglašena na zemljištima slabijeg kvaliteta. Sadržaj celuloze u biljkama bio je u negativnoj korelaciji sa sadržajem proteina, te sadržajem humusa i lakopristupačnog kalijuma u zemljištu. U pozitivnoj korelacionoj vezi bio je sadržaj celuloze sa ukupnim sadržajem magnezijuma, mangana, nikla i olova u zemljištu.

Prosečan sadržaj pepela u suvoj materiji lucerke i crvene deteline iznosio je 8,79%. S obzirom da su glavni elementi koji formiraju pepeo više zastupljeni u černozevu, humofluvisolu i humogleju sadržaj pepela je bio veći u biljkama sa ovih zemljišta. Nije bilo značajnije povezanosti između sadržaja pepela u biljkama i plodnosti zemljišta, kao ni razlike između lucerke i crvene deteline u pogledu njegovog sadržaja. Sadržaj pepela u biljkama bio je u pozitivnoj korelaciji sa sadržajem humusa i lakopristupačnog kalijuma u zemljištu, a negativna korelacija je zabeležena sa ukupnim sadržajem bakra, mangana, nikla i olova.

Prosečan sadržaj nitrata u ispitivanim biljkama iznosio je 171,50 mg/kg. Najveći prosečan sadržaj nitrata imale su biljke sa vertisola, 287,00 mg/kg, a najniži usevi sa eutričnog kambisola, 85,52 mg/kg. Lucerka je akumulirala više nitrata u odnosu na crvenu detelinu, s obzirom da lucerka ima veoma razgranat korenov sistem, koji dopire duboko u zemljište i usvaja nitrates iz dubljih slojeva zemljišta. Na plodnijim zemljištima veći sadržaj azota u zemljištu dovodi do povećanja sadržaja nitratnog jona, a time i intenzivnijeg usvajanja od strane biljaka.

Prema prosečnom sadržaju lakopristupačnog fosfora (6,92 mg/100 g) zemljišta su bila siromašna. Lakopristupačni fosfor bio je u pozitivnoj korelaciji sa pH vrednošću zemljišta. Najbolje obezbeđeno zemljište je bilo humofluvisol, 14,16 mg/100 g, koje je bilo srednje siromašno, a najslabije eutrični kambisol sa prosečnim sadržajem 1,29 mg/100 g. U suvoj materiji lucerke (0,263%) bio je značajno veći sadržaj fosfora u odnosu na crvenu detelinu (0,214%). Plodnost zemljišta je značajno uticala na sadržaj fosfora u biljkama, s obzirom da je neposredno povezana sa sadržajem lakopristupačnog fosfora. Viši sadržaj fosfora imale su krmne biljke sa černozeva (0,259%), humogleja (0,262%) i vertisola (0,291%), u odnosu na ostale tipove zemljišta. Konstatovana je

značajna negativna korelaciona veza između sadržaja fosfora u crvenoj detelini i ukupnog sadržaja Mn u zemljištu.

Prosečan sadržaj lakopristupačnog kalijuma u zemljištu ispitivanih lokaliteta iznosio je 20,65 mg/100 g, što znači da je obezbeđenost ovim hranljivim elementom u proseku bila optimalna. Najveći prosečan sadržaj konstatovan je u černozeu, 24,19 mg/100g, a najniži u fluvisolu, 12,76 mg/100g. Uticaj različitosti tipova i plodnosti zemljišta na koncentraciju kalijuma u krmnim biljkama je bio značajan, dok između samih useva nije bilo razlike. Sadržaj kalijuma u biljkama na različitim tipovima zemljišta je varirao od 1,07% na fluvisolu do 1,84% na humofluvisolu. Na plodnim zemljištima, gde je biodostupnost kalijuma veća, biljke lucerke i crvene deteline su imale najveći sadržaj kalijuma, koji se povećavao za 0,02 % pri povećanju sadržaja lakopristupačnog kalijuma za 1 mg/100g zemljišta. Takođe, zabeležena je pozitivna korelaciona veza između sadržaja kalijuma u biljkama i humusa u zemljištu, a negativna sa ukupnim sadržajem olova, bakra, mangana i gvožđa u zemljištu.

Utvrđene su statistički značajne razlike u sadržaju kalcijuma između različitih tipova zemljišta. Najveći sadržaj kalcijuma bio je na ispitivanim lokalitetima černozeu i iznosio je 2,39%, a najniži na eutričnom kambisolu i fluvisolu, 0,45%. U proseku najveći sadržaj kalcijuma u suvoj materiji lucerka i crvena detelina su imale na zemljištu tipa vertisol (1,45%), te zatim na černozeu (1,39%) i humofluvisolu (1,24%). Plodnost zemljišta nije imala uticaja na usvajanje i akumulaciju kalcijuma u crvenoj detelini, dok je lucerka imala više kalcijuma na plodnim zemljištima. Lucerka je, u odnosu na ostale leptirnjače, najveći potrošač i akumulator kalcijuma, te je sadržaj kalcijuma bio 1,36%, što je čini izuzetno pogodnom stočnom hranom. Crvena detelina je imala manji sadržaj kalcijuma (1,16%) u odnosu na lucerku.

Između pojedinih tipova zemljišta su ustanovljene statistički značajne razlike u sadržaju ukupnog magnezijuma. Najveći sadržaj bio je na ispitivanim lokalitetima fluvisola i iznosio je 1,24%, a najmanji na eutričnom kambisolu, 0,49%. Najveći sadržaj magnezijuma u suvoj materiji krmnih useva konstatovan je na fluvisolu, 0,404%, a najmanji na eutričnom kambisolu, 0,237%. Plodnost zemljišta nije značajnije uticala na sadržaj magnezijuma u biljkama, a takođe nije bilo razlike u njegovom usvajanju između samih useva. S obzirom da leguminoze imaju najveće zahteve za magnezijumom sadržaj u suvoj materiji lucerke i crvene deteline je povećan. Sadržaj

magnezijuma u biljci bio je u pozitivnoj korelaciji sa ukupnim sadržajem magnezijuma i bakra u zemljištu.

Različiti tipovi zemljišta su se značajno razlikovali po sadržaju natrijuma. Najveći sadržaj zabeležen je u vertisolu (613,35 mg/kg) i eutričnom kambisolu (619,78 mg/kg). Plodnost zemljišta nije imala je uticaja na sadržaj natrijuma u biljnom materijalu. Najveća koncentracija natrijuma u suvoj materiji lucerke i crvene deteline konstatovana je na vertisolu i fluvisolu, a najniža na eutričnom kambisolu. U odnosu na crvenu detelinu lucerka je akumulirala znatno veće količine natrijuma, a navedene vrednosti su bile u intervalu od 267,95 mg/kg na černozeu do 983,11 mg/kg na vertisolu. Zbog svoje osobine da usvaja natrijum u većim količinama koristi se za desalinizaciju zemljišta. Sadržaj natrijuma u lucerki bio je u pozitivnoj korelaciji sa njegovim sadržajem u zemljištu.

Eutrični kambisol (0,062%) i humoglej (0,066%) imali su značajno veći sadržaj sumpora u odnosu na ostale tipove zemljišta. Najveći prosečan sadržaj konstatovan je u ispitivanim krmnim biljkama poreklom sa humogleja (0,27%), černozeu (0,26%) i humofluvisola (0,25%). Biljke lucerke poreklom sa zemljišta niske plodnosti imale su manji sadržaj sumpora u suvoj materiji u odnosu na ostale klase plodnosti, dok na akumulaciju u biljkama crvene deteline plodnost nije imala uticaja. Lucerka je usvojila veće količine sumpora u odnosu na crvenu detelinu, s obzirom da korenov sistem lucerke dopire dublje u zemljište i usvaja sumpor iz dubljih slojeva. Sadržaj sumpora u biljkama bio je u negativnoj korelaciji sa sadržajem Mn u zemljištu, a u pozitivnoj sa sadržajem humusa u zemljištu i N u biljkama.

Sadržaj ukupnog bakra se razlikovao u zavisnosti od tipa zemljišta. Najveću koncentraciju imali su vertisol (48,56 mg/kg) i fluvisol (46,45 mg/kg). Sadržaj bakra u zemljištu svih ispitivanih lokaliteta ne prelazi maksimalno dozvoljenu koncentraciju propisanu zakonom. Prosečan sadržaj bakra u suvoj materiji lucerke i crvene deteline je iznosio 13,51 mg/kg. Najveći sadržaj bakra krmni usevi su imali na vertisolu, fluvisolu i černozeu, a najmanji na humofluvisolu. Između biljaka poreklom sa zemljišta različite plodnosti nije bilo razlike u akumulaciji bakra, kao ni između samih useva. Sadržaj bakra u biljkama bio je u negativnoj korelaciji sa sadržajem kalcijum-karbonata u zemljištu. Sadržaji bakra i fosfora u biljkama bili su u pozitivnoj korelaciji.

Između pojedinih tipova zemljišta utvrđene su značajne razlike u sadržaju ukupnog bora. Najveći sadržaj zabeležen je u humofluvisolu (7,41 mg/kg) i vertisolu (6,58 mg/kg), a najniži u eutričnom kambisolu (2,47 mg/kg). Sadržaj bora u zemljištu je bio u okviru zakonski dozvoljenih količina. Prosečan sadržaj bora u suvoj materiji lucerke i crvene deteline je iznosio 7,45 mg/kg. Uticaj tipa zemljišta na sadržaj bora u ispitivanim krmnim usevima nije bio signifikantan, kao ni uticaj plodnosti zemljišta. Lucerka i crvena detelina su se međusobno značajno razlikovale u pogledu sadržaja bora. Prosečan sadržaj bora u suvoj materiji lucerke iznosio je 9,12 mg/kg, a crvene deteline 4,48 mg/kg.

Konstatovane su statistički značajne razlike u sadržaju ukupnog gvožđa između različitih tipova zemljišta. Najveći sadržaj gvožđa imali su lokaliteti vertisola (2,08%). Leguminozne biljke sadrže velike količine gvožđa. Prosečan sadržaj gvožđa u suvoj materiji krmnih useva iznosio je 165,42 mg/kg. Lucerka i crvena detelina se nisu razlikovale po sadržaju gvožđa u suvoj materiji, a razlika nije bilo ni između biljaka poreklom sa zemljišta različite plodnosti. Signifikantan uticaj na sadržaj gvožđa u krmnim usevima imala je samo heterogenost tipova zemljišta. Najveći prosečan sadržaj gvožđa u biljkama konstatovan je na zemljištu tipa vertisol i iznosio je 264,29 mg/kg, dok je najniži sadržaj bio na humofluvisolu, 94,42 mg/kg. Na pojedinim lokalitetima vertisola i humogleja sadržaj gvožđa u krmnim biljkama je bio iznad granice kritične koncentracije Fe u gajenim biljkama.

Utvrđene su značajne razlike u sadržaju ukupnog kobalta između pojedinih tipova zemljišta. Najveći sadržaj zabeležen je na ispitivanim lokalitetima fluvisola, gde je iznosio 28,21 mg/kg, a najniži u černozeu (10,70 mg/kg) i humogleju (10,02 mg/kg). Prosečan sadržaj kobalta u suvoj materiji lucerke i crvene deteline na nivou čitavog ogleđa je iznosio 0,36 mg/kg i nije pokazao zavisnost u odnosu na biljnu vrstu, tip i plodnost zemljišta. Sadržaj kobalta u biljkama bio je ispod kritične i toksične koncentracije. Konstatovana je negativna korelaciona veza između sadržaja humusa u zemljištu i Co u krmnim biljkama.

Značajne razlike u sadržaju ukupnog mangana konstatovane su između svih pojedinačnih tipova zemljišta. Najveći sadržaj zabeležen je u fluvisolu i iznosio je 1159,94 mg/kg, a najmanji na humogleju, gde je iznosio 310,66 mg/kg. Prosečna vrednost sadržaja mangana u ispitivanim krmnim usevima iznosila je 26,97 mg/kg.



Uticaj tipa zemljišta na koncentraciju mangana u krmnim usevima bio je veoma značajan. Najveći prosečan sadržaj konstatovan je na černozemu, te na eutričnom kambisolu, a najniži na humofluvisolu. Nije utvrđena razlika između biljaka sa zemljišta različitih klasa plodnosti. Crvena detelina je usvojila veće količine mangana u odnosu na lucerku.

Lucerka i crvena detelina se međusobno nisu značajno razlikovale u pogledu sadržaja molibdena. Uticaj tipa zemljišta na sadržaj molibdena u ispitivanim krmnim usevima je bio signifikantan, pri čemu su najvišu vrednost imale krmne biljke na humogleju (2,67 mg/kg). Na plodnijim zemljištima krmni usevi su imali veće količine molibdena. Sadržaj molibdena u svim tretmanima bio je ispod zakonski dozvoljenog limita, što znači da su krmiva zadovoljavajućeg kvaliteta.

U zemljištu ispitivanih lokaliteta prosečan sadržaj aluminijuma iznosio je 2,02%. Viši sadržaj aluminijuma konstatovan je na eutričnom kambisolu (2,66%) i vertisolu (2,52%) u odnosu na ostale tipove zemljišta. Sadržaj aluminijuma u suvoj materiji krmnih useva nije pokazao zavisnost u odnosu na biljnu vrstu i plodnost zemljišta. Prosečan sadržaj aluminijuma iznosio je 149,17 mg/kg. Najveća prosečna vrednost zabeležena je na vertisolu, a namanja na humofluvisolu. Dominantan uticaj na usvajanje aluminijuma imala je pH vrednost zemljišta.

Utvrđene su statistički značajne razlike u sadržaju hroma između različitih tipova zemljišta. Najveći sadržaj hroma imali su lokaliteti fluvisola (164,5 mg/kg), a najmanji černozema (33,03 mg/kg) i humogleja (37,99 mg/kg). Sadržaj hroma u zemljištu prelazi maksimalno dozvoljenu količinu na svim ispitivanim lokalitetima vertisola i fluvisola, međutim vrednosti sadržaja hroma u biljkama nisu prelazile navedene granice. Prosečan sadržaj hroma u uzorcima biljnog materijala ispitivanih krmnih useva iznosio je 0,463 mg/kg. Biljke sa vertisola i fluvisola imale su veći sadržaj u odnosu na biljke sa ostalih tipova zemljišta. Plodnost zemljišta nije uticala na usvajanje hroma od strane biljaka. Iako lucerka pripada grupi hiperakumulatora hroma, sadržaj hroma nije se razlikovao u odnosu na crvenu detelinu.

Sadržaj kadmijuma u svim zemljištima je bio ispod maksimalno dozvoljenog sadržaja, a takođe u suvoj materiji lucerke i crvene deteline nije prelazio zakonski dozvoljenu granicu, što znači da su krmiva zadovoljavajućeg kvaliteta sa aspekta kontaminacije ovim teškim metalom.

Konstatovane su statistički značajne razlike u sadržaju nikla između svih pojedinačnih tipova zemljišta. Najveći sadržaj nikla imali su lokaliteti fluvisola (274,78 mg/kg), a najmanji černozema (32,53 mg/kg). Sadržaj nikla u zemljištu prelazi zakonski propisanu maksimalno dozvoljenu količinu na pojedinim lokalitetima, ali uprkos tome sadržaj u suvoj materiji krmnih biljaka je bio ispod kritičnih i toksičnih vrednosti. Prosečan sadržaj nikla u krmnim usevima iznosio je 2,36 mg/kg. Utvrđene su statistički značajne razlike između biljaka poreklom sa različitih tipova zemljišta. Na različitim tipovima zemljišta biljke su akumulirale različite količine nikla. Lucerka je u odnosu na crvenu detelinu akumulirala značajno veće količine nikla. Plodnost zemljišta nije imala uticaj na sadržaj nikla u lucerki, dok je sadržaj nikla u crvenoj detelini bio manji na plodnijim zemljištima.

Između različitih tipova zemljišta zabeležene su statistički značajne razlike u sadržaju olova. Najveći sadržaj olova imali su lokaliteti fluvisola (193,68 mg/kg), a najmanji černozema (21,24 mg/kg) i humogleja (22,24 mg/kg). Kontaminacija zemljišta olovom konstatovana je na pojedinim lokalitetima vertisola i svim lokalitetima fluvisola, međutim u suvoj materiji lucerke i crvene deteline sadržaj olova nije prelazio zakonski dozvoljenu granicu.

Sadržaj žive u svim zemljištima je bio ispod maksimalno dozvoljenog sadržaja, a takođe u suvoj materiji lucerke i crvene deteline nije prelazio zakonski dozvoljenu granicu, što znači da su krmiva zadovoljavajućeg kvaliteta sa aspekta kontaminacije ovim teškim metalom.

Rezultati ovih istraživanja imaju naučni, ali i praktični značaj u zasnivanju i eksploataciji površina pod lucerkom i crvenom detelinom, jer omogućavaju modelovanje, optimizaciju i racionalizaciju proizvodnje, čime se otvara mogućnost intenzivnije ratarske i stočarske proizvodnje. Prilikom gajenja krmnog bilja neophodno je sagledavanje trenutnog stanja i mogućnosti poboljšanja fizičko-hemijskih osobina svakog tipa zemljišta u konkretnim agroekološkim uslovima.

Takođe, ova ispitivanja daju veliki doprinos zaštiti životne sredine ukazujući na potencijalne mogućnosti kontaminacije zemljišta i biljaka teškim metalima.

## 9. LITERATURA

---

- Abdel-Sabour, M.F. (1991). Nickel accumulation parameters, coefficients of transfer, tolerance index, and nutrient uptake by red clover grown on nickel polluted soils. *International Journal of Environmental Studies*, 37, 25-34.
- Adamovich, A., Adamovicha, O. (2003). Productivity and forage quality of Festulolium/legume mixed swards in response to cutting frequency. *Grassland Science in Europe*, 8, 453-456.
- Adams, R.S., McCarty, T., Hutchinson, L.J. (1992). Prevention and control of nitrate toxicity in cattle. Extension Publication DAS, Pennsylvania State University, University Park, PA, 92-107.
- Adoyan, A., Liyv, Y. (1974). Types of grass stands at intensive grassland utilization in the Estonian SSR. *Proceedings of the XIII International Grassland Congress, Leipzig*, 255-258.
- Adriano, D.C. (2001). Trace elements in terrestrial environments. Biogeochemistry, bioavailability and risks of metals. 2nd ed. New York (NY): Springer-Verlag.
- Aleksejev, A.A., Zurin, N.G. (1982). *Vestnik Moskovskogo Universiteta*, 3, 23-31.
- Aller, A.J., Bernal, J.L., del Nozal, M.J., Deban, L. (1990). Effect of selected trace elements on plant growth. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 51, 447-479.
- Alloway, B.J. (1995). Heavy metals in soils. Second Edition. Blackie Academic and Professional, UK.
- Anderson, A. (1979). Mercury in soils. In: Nriagu, J.O. (Ed.), *The Biogeochemistry of Mercury in the Environment*. Elsevier/NorthHolland Biomedical Press, Netherlands, 79–112.
- Anderson, G.R. (1965). Ecology of Azotobacter in soil of the palouse region I, Occurrence *Soil Science*, 86, 57-65.
- Andrews, C.S. (1977). The effect of sulfur on the growth, sulfur, and nitrogen concentration of some tropical and temperate pasture legumes. *Australian Journal of Agriculture Sciences*, 28, 807-820.

- AOAC Official Method 972.43:2000, Microchemical Determination of Carbon, Hydrogen, and Nitrogen, Automated Method, in Official Methods of Analysis of AOAC International.
- Aubert, H., Pinta, M. (1997). Trace elements in soils. Amsterdam-Oxford-New York.
- Azad, H.N., Branch, J., Branch, K. (2011). Toxic effects of lead on growth and some biochemical and ionic parameters of sunflower (*Helianthus annuus* L.) seedlings. Current Research Journal of Biological Sciences, 3(4), 398-403.
- Bailey, L.D. (1983). Effect of potassium fertilizers and fall harvests on alfalfa grown in the eastern Canadian prairies. Canadian Journal of Soil Science. 63, 211-219.
- Baligar, V.C., Kinraide, T.B., Wright, R.J., Bennett, O.L. (1987). Al effects on growth and P, Ca and Mg uptake efficiency in red clover cultivars. Journal of Plant Nutrition, 10, 1131–1137.
- Barać, R., Duronić, G., Karagić, Đ., Vasiljević, S., Milošević, B. (2011). Effect of row spacing and seeding rate on seed and dry matter yield of red clover (*Trifolium pratense* L). Ratarstvo i povrtarstvo, 48(1), 155-160.
- Barbafieri, M. (2000). The importance of nickel phytoavailable chemical species characterization in soil for phytoremediation applicability. International Journal of Phytoremediation, 2, 105–115.
- Barta, A.L. (1983). Response of symbiotic N fixation and assimilate partitioning to K supply in alfalfa. Potash Review, Subject 7, International Potash Institute, Berne, Switzerland.
- Bartlett, R.J., James, B.R. (1979). Behavior of chromium in soils, Journal of Environmental Quality, 8, 31–35.
- Barua, B., Jana, S. (1986). Effects of heavy metals on dark induced changes in Hill reaction activity, chlorophyll and protein contents, dry matter and tissue permeability in detached *Spinacia oleracea* L. leaves. Photosynthesis Research, 20, 74–76.
- Belić, M., Nešić, L., Ćirić, V., Vasin, J., Milošev, D., Šeremešić, S. (2011). Characteristics and classification of gleyic soils of Banat. Ratarstvo i povrtarstvo, 48(2), 375-382.

- Belić, M., Pejić, B., Hadžić, V. B., Nešić, L. M., Bošnjak, Đ., Sekulić, P. Đ., Maksimović, L., Vasin, J., Dozet, D. (2003). Uticaj navodnjavanja na svojstva černoze. Zbornik radova Instituta za ratarstvo i povrtarstvo, (38), 21-36.
- Berenji, S, Moot, J.D., Moir, J.L. (2012). Lucerne (*Medicago sativa* L.) dry matter, root growth and nodulation in response to lime and phosphorus in an acid, high country soil in New Zealand. Australian Agronomy Conference, 16<sup>th</sup> AAC.
- Bergman, W. (1983). Ernährungsstörungen bei Kulturpflanzen. VEB Gustav Fisher Verlag, Jena.
- Bergmann, W., Neubert, P. (1976). Pflanzendiagnose und Pflanzen-Analysen. Gustav Fischer Verlag, Jena.
- Bickoff, M.K., Kohler, O.G., Smith, D. (1972). Chemical composition of herbage. In: Hanson, H., G. (Ed), Alfalfa science and technology. American Societa Agronomy, Madison, Wisconsin, USA, 271-277.
- Bijelić, Z. (2009). Uticaj strukture smeše, đubrenja azotom i faze iskorišćavanja na parametre kvaliteta silaža travno-leguminoznih smeša. Doktorska disertacija, Poljoprivredni fakultet, Beograd.
- Black, C.A. (1968). Soil-Plant Relationship. Second ed. Wiley ed. USA.
- Blaudez, D., Botton, B., Chalot, M. (2000). Effects of heavy metals on nitrogen uptake by *Paxillus involutus* and mycorrhizal birch seedlings. FEMS Microbiology Ecology. 33(1), 61-67.
- Blumenthal, J.M., Russelle, M.P. (1996). Subsoil nitrate uptake and symbiotic dinitrogen fixation by Alfalfa. Agronomy Journal, 88(6), 909-915.
- Bogdanović, D. (2002). Izvori zagađenja zemljišta kadmijumom. Letopis naučnih radova Poljoprivrednog fakulteta, 26(1), 32-42.
- Bogdanović, D. (2007a). Izvori zagađenja zemljišta hromom. Letopis naučnih radova Poljoprivrednog fakulteta, 31(1), 29-35.
- Bogdanović, D. (2007b). Izvori zagađenja zemljišta niklom. Letopis naučnih radova Poljoprivrednog fakulteta, 31(1), 21-28.
- Bogdanović, D., Ubavić, M., Dozet, D. (1993). Hemijska svojstva i obezbeđenost zemljišta Vojvodine neophodnim makroelementima. U: Kastori, R. (ur.) Teški metali i pesticidi u zemljištu Vojvodine. Institut za ratarstvo i povrtarstvo, Novi Sad, 197-215.

- Bošković-Rakočević, L., Bokan, N. (2005). Uticaj neutralizacije kiselih zemljišta na mobilnost neophodnih mikroelemenata. *Acta agriculturae Serbica*, 10(20), 23-28.
- Bošković-Rakočević, L., Jakovljević, M. D., Ubavić, M., Milivojević, J. (2003). Promena kiselosti zemljišta zavisno od primenjenih meliorativnih mera. *Journal of Agricultural Sciences*, 48(2), 149-158.
- Bošković-Rakočević, Lj. (2001). Uticaj meliorativnih mera na smanjenje mobilnog aluminijuma u kiselom zemljištu kao uslov za gajenje kukuruza. Doktorska disertacija, Poljoprivredni fakultet, Novi Sad.
- Bouma, D., Dowling, E.J., David, D.J. (1981). Relations between plant aluminium content and the growth of lucerne and subterranean clover: Their usefulness in the detection of aluminium toxicities. *Australian Journal of Experimental Agriculture and Animal Husbandry*, 21:311-317.
- Bowen, H. (1979). *Environmental Chemistry of the Elements*. Academic Press, London.
- Bradfield G., Somerfield P., Meyn T., Holby M., Babcock D., Bradley D., Segel J. H. (1970). Regulation of sulfate transport in filamentous fungi. *Plant Physiology*, 46(5), 720—727.
- Brahima, S., Jokea, D., Ann, C., Jean-Paul, N., Marjo, T., Arja, T., Sirpac, K., Frank, V., Karen, S., Jaco, V. (2010). Leaf proteome responses of *Arabidopsis thaliana* exposed to mild cadmium stress. *Journal of Plant Physiology*, 167, 247–254.
- Brankov, M., Ubavić, M., Sekulić, P., Vasin, J. (2006). Trace element and heavy metal contents of agricultural and nonagricultural soils in the region of Banat. *Zbornik radova Instituta za ratarstvo i povrtarstvo*, 42(2), 169-178.
- Braun, L.A., Maillet, J., Richarte, J., Herrman, P., Remy, J.C. (1998). Relationship between extractable copper, soil properties and copper uptake by wild plants in vineyard soils. *Environmental Pollution*, 102, 151-161.
- Bravin, M.N., Marti, A.L., Clairotte, M., Hinsinger, P. (2009). Rhizosphere alkalization—a major driver of copper bioavailability over a broad pH range in acid, copper-contaminated soil. *Plant and Soil*, 318, 257-268.
- Brook, R.H. (1979). Sulphur in Agriculture. *Tropical Agric.*, 5(9), 9-20.
- Busman, L., Lamb, J., Randall, G., Rehm, G., Schmitt, M. (2002). *The nature of phosphorus in soils*. University of Minnesota.

- Bytyqi, A., Sherifi, E. (2010). Cadmium and lead accumulation in alfalfa (*Medicago sativa*) and their influence on the number of stomata. *Materials and technology*, 44, 277–282.
- Caddel, J. L., Zhang, H., Wise, K. (2004). Responses of alfalfa, red clover, and white clover to soil pH and lime treatments. Online: [http://www.plantmanagementnetwork.org/pub/fg/research/2004/treat/Forage and Grazinglands](http://www.plantmanagementnetwork.org/pub/fg/research/2004/treat/Forage%20and%20Grazinglands).
- Caddel, J., Redmon, L. (1995). Forage Extension Agronomists. *Forage crops-production technology*, 7(16), 95-96.
- Çelik, H., Aşık, B.B., Gürel, S., Katkat, A.V. (2010). Effects of potassium and iron on macro element uptake of maize. *Zemdirbyste-Agriculture*, 97(1), 11–22.
- Ceribasi, I.H., Yetis, U. (2001). Biosorption of Ni (II) and Pb (II) by *Phanaerochaete chrysosporium* from a binary metal system kinetics. *Water SA* 24:15
- Chase, L.E., Long, T.A., Washko, J.B., Baumgardt, B.R. (1976). Effect of Nitrogen Fertilization on Constituents of Alfalfa. *Journal of Dairy Science*, 59(1), 170-174.
- Chen, Y., Aviad, T. (1990). Effects of Humic Substances on Plant Growth. In: MacCarthy, P., Clapp, C.E., Malcolm, R.L., Bloom, P.R. (ed.) *Humic Substances in Soil and Crop Sciences: Selected Readings*, 161-186.
- Cheung, K.H., Gu, J.D. (2007). Mechanism of hexavalent chromium detoxification by microorganisms and bioremediation application potential: a review. *International Biodeterioration and Biodegradation*, 59, 8–15.
- Chhotu, D., Jadia, M., Fulekar, H. (2008). Phytotoxicity and Remediation of Heavy Metals by Alfalfa (*Medicago sativa*) in Soil-vermicompost Media. *Advances in Natural and Applied Sciences*, 2(2), 141-151.
- Christensen, T.H. (1984). Cadmium soil sorption at low concentrations: I. Effect of time, cadmium load, pH, and calcium, 21, 105-114.
- Crocker, G. J., Sheridan, K. P., Holford, I.C. R. (1985). Lucerne responses to lime and interactions with other nutrients on granitic soils. *Australian Journal of Experimental Agriculture*, 25, 337-346.

- Cui, Y.J., Zhu, Y.G., Zhai, R.H., Chen, D.Y., Huang, Y.Z., Qiu, Y., Ling, J.Z. (2004). Transfer of metals from soil to vegetables in an area near a smelter in Nanning, China. *Environment International*, 785-791.
- Čobić, T., Bačvanski, S., Vučetić, S. (1983). *Proizvodnja i korišćenje silaže u ishrani stoke*, Nolit, Beograd.
- Čobić, T., Bačvanski, S., Vučetić, S., Antov, G., Plavšić, M. (1991). Hranjiva vednost domaćih hranjiva za preživare. *Savremena poljoprivreda*, 39(5), 77-87.
- Ćirić, M. (1986). *Pedologija*. Svjetlost, Sarajevo.
- Ćirić, V., Nešić, L., Belić, M., Savin, L., Simikić, M. (2012). Stanje sabijenosti černozema u proizvodnji kukuruza. *Savremena poljoprivredna tehnika*, 38(1), 21-30.
- Ćupić, Ž., Mihaljev, Ž., Veselinović, S., Ćupić, S., Živkov-Baloš, M., Ivančev, A. (2006). Sadržaj molibdena u hrani za životinje. *Biotehnologija u stočarstvu*, 22, 575-581.
- Ćupić, Ž., Mihaljev, Ž., Veselinović, S., Živkov-Baloš, M., Ivančev, A. (2006). Sadržaj minerala u uzorcima lucerke sa područja Vojvodine. *Savremena poljoprivreda*, 55(3-4), 71-74.
- Ćupina, B., Erić, P., Mihailović, V. (1997). Study of some perennial fodder crops in Vojvodina Province. 21st Fodder crops and Amenitygrasses Section Meeting, Switzerland, 16.
- Daliparthi, J., Herbert, S.J., Moffitt, L., J., Veneman, P. L. M. (1995). Herbage production, weed occurrence, and economic risk from dairy manure application to alfalfa. *Journal of Production Agriculture*, 8, 495-501.
- Danso, S. K. A. (1995). Assessment of biological nitrogen fixation. *Fertilizer Research*, 42, 33-41.
- Dekanić, I., Škorić, A. (1974). Edafske prilike i uspevanje euroameričkih topola na nekim lokalitetima Hrvatske. *Zemljište i biljka*, 2-3, 267-277.
- Diehl, K.H, Rosopulo, A, Kreuzer,W. (1983). Effect of organic compounds of lead on the lead content of various tissues. 24. Arbeitstagung des Arbeitsgebietes Lebensmittelhygiene, Garmsch Partenkirchen, Giessen, German Federal Republic, *Deutsche Veterinarmedizinische*, 237-249.



- Dinić, B. (1990). Uticaj provenjavanja silo mase crvene deteline i konzervansa na kvalitet silaže. *Arhiv za poljoprivredne nauke*, 51(183), 235-244.
- Dinić, B., Đorđević, N., Radović, J., Ignjatović, S. (2005). Modern procedures in technology of conserving lucerne in ensiling. *Biotechnology in Animal Husbandry*, 21(5-6), 297-303.
- Dinić, B., Lugić, Z., Stošić, M., Radović, J. (1994). Uticaj provenjavanja i nivoa kukuruzne prekrupe na kvalitet silaže crvene i bele deteline. *Biotehnologija u stočarstvu*, 10(3-4), 71-87.
- Divito, G.A., Sadras, V.O. (2014). How do phosphorus, potassium and sulphur affect plant growth and biological nitrogen fixation in crop and pasture legumes? A meta-analysis. *Field Crop Research*, 156, 161-171.
- Douglas, A. J. (1986). The production and utilization of lucerne in New England. *Grass and Forage Science*, 41, 81-128.
- Dozet, D. (2010). Sadržaj nikla u zemljištima Srema. Master rad, Poljoprivredni fakultet, Novi Sad.
- Dudka, S., Piotrowska, M., Terelak, H. (1996). Transfer of cadmium, lead and zinc from industrially contaminated soil to crop plants: a field study. *Environmental Pollution*, 94(2), 181-188.
- Duke, S.H. (1983). Potassium and sulphur nutrition in alfalfa. *Proc. Forage Grassland Conference*, Madison, American Forage and Grassland Council, Lexington, KY, 192-195.
- Dukes, H.H., Reece, W.O. (2004): *Duke's Physiology of Domestic Animals*. 12th Edition, edited by William o. Reece, Cornell University.
- Džamić, R., Stevanović, D. (2000). *Agrohemija*. Pertenon, Beograd.
- Đukić D., Erić P. (1995). *Lucerka*. Poljoprivredni fakultet, Novi Sad.
- Đukić, D. (2002). *Biljke za proizvodnju stočne hrane*. Poljoprivredni fakultet, Novi Sad.
- Đukić, D. (2005). Stanje i perspektive lucerke u Evropi i našoj zemlji. *Zbornik radova Instituta za ratarstvo i povrtarstvo*, 41, 155-169.
- Đukić, D., Lugić, Z., Vasiljević, S., Radović, J., Katić, S., Stojanović, I. (2007). Domaće sorte višegodišnjih leguminoza - nastanak i kvantitativna svojstva. *Zbornik radova Instituta za ratarstvo i povrtarstvo*, 44(1), 7-19.

- Đurić, M., R. Pavlović, Čivić, H., Bošković-Rakočević, L.J. (2010). Efekat kalcifikacije na sadržaj elemenata u analiziranom zemljištu tipa pseudoglej. Zbornik naučnih radova Instituta PKB Agroekonomik, 16(1-2), 223-230.
- Eardly, B.D., Hannaway, D.B., Bottomley, P.J. (1985). Nitrogen nutrition and yield of seedling alfalfa as affected by ammonium nitrate fertilization. *Agronomy Journal*, 77, 57-62.
- Echevarria, G., Massoura, S.T., Sterckeman, T., Becquer, T., Schwartz, C., Morel, J.L. (2006). Assessment and control of the bioavailability of nickel in soils. *Environmental Toxicology Chemistry*, 25, 643–651.
- Egner, H., Riehm, H. (1960). Untersuchungen über die Chemische Bodenanalyse als Grundlage für die Beurteilung des Nährstoffzustandes der Boden. II. Chemische Extraktionsmethoden zu Phosphor- und Kaliumbestimmung. *K. Landw. Hogsk. Annlr.*, 26, 199–215.
- El-Kherbawy, M., Angle, J.S., Heggo, A., Chaney, R.L. (1989). Soil pH, rhizobia, and vesicular-arbuscular mycorrhizae inoculation effects on growth and heavy metal uptake of alfalfa (*Medicago sativa* L.). *Biology and Fertility of Soils*, 8(1), 61-65.
- Ellis, R.L. (1991). *Analytical Chemistry Laboratory Guide Book*. Washington, USA.
- Epstein, E. (1972). *Mineral Nutrition of Plants: Principles and Perspectives*. John Wiley, New York.
- Erić, P., Čupina, B., Vasiljević, S. (1998). Effect of trace elements on forage and seed yields of red clover. *Proceeding of 2<sup>nd</sup> Balkan symposium of Field Crops, Volume 2: Ecology, Physiology; Cultural, 461-465.*
- Fairey, D.T. (1988). *Red clover Agriculture*, Publication 1614/E, Canada.
- Feng, J., Shi, Q., Wang, X., Wei, M., Yang, F., Xu, H. (2010). Silicon supplementation ameliorated the inhibition of photosynthesis and nitrate metabolism by cadmium (Cd) toxicity in *Cucumis sativus* L. *Scientia Horticulturae*, 123, 521–530.
- Fox, D., Kirby, D., Lym, R.G., Caton, J., Krabbenhoft, K. (1991). Chemical composition of leafy spurge and alfalfa. *North Dakota Farm Research*, 48(6), 7-9.
- Gajić, B., Živković, M. (2002). Specifična površina smonica aleksinačke kotline. *Journal of Agricultural Sciences*, 47(1), 19-27.

- Gajić, B., Živković, M. (2004). Plastičnost i lepljivost smonica Aleksinačke kotline. *Acta biologica Yugoslavica - serija A: Zemljište i biljka*, 53(1), 29-36.
- Galić, Z. (2008). Uticaj meliorativnih zahvata na promene svojstava zemljišta u inundaciji reke Tamiš. *Topola*, 181/182, 5-10.
- Galić, Z., Ivanišević, P., Pekeč, S., Kebert, M., Stojnić, S. (2009). Karakteristike tipova zemljišta na adama u srednjem Podunavlju. *Glasnik Šumarskog fakulteta*, 100, 55-70.
- Gambus, F. (1994). The influence of soil reaction on nickel and zinc uptake by clover. *Zeszyty Problemowe Postepow Nauk Rolniczych*, 413, 109–114.
- Gardea-Torresday, J.L., Tiemann, K.J., Gamez, G., Dokken, D. (1999). Effect of chemical composition for multi-metal binding by medicago sativa (Alfalfa). *Journal of Hazardous Materials*, 69, 41-51.
- Gembarzewski, H. (1989). Red Clover Needs For Molybdenum and Boron. Soil Tresholds Values of Deficiency and Toxicity. *Proceedings of the XVI International Grassland Congres, Nice*, 35-36.
- Golubović, S., Tomić, Z., Đorđević, A., Cupać, S., Nikolić, N. (2012). Plastičnost smonica Pčinjskog okruga. *Acta biologica Iugoslavica - serija A: Zemljište i biljka*, 61(2), 69-75.
- Govedarica, M.M., Jarak, M.N. (1995). *Mikrobiologija zemljišta*. Poljoprivredni fakultet-Institut za ratarstvo i povrtarstvo, Novi Sad.
- Graham, H.P., Vance, C.P. (2000). Nitrogen fixation in perspective: An overview of research and extension needs. *Field Crop Research*, 65, 93-106.
- Graven, E.H., Attoe, O.J., Smith, D. (1965). Effect of liming and flooding on manganese toxicity in alfalfa. *Proceedings - Soil Science Society of America*, 29, 702-706.
- Grewal H.S., Williams R. (2003). Liming and Cultivars Affect Root Growth, Nodulation, Leaf to Stem Ratio, Herbage Yield, and Elemental Composition of Alfalfa on an Acid Soil. *Journal of Plant Nutrition*, 26, 1683-1696.
- Griffierty, A., Barrington, S. (2000). Zinc uptake by young wheat plants under two transpiration regimes. *Journal of Environmental Quality*, 29, 443–446.
- Gross, C.F. (1973). *Ann. Meeting Soil Conserv. Soc. Amer.*, Hot Springs, Ark.

- Hadžić, V., Belić, M., Nešić, Lj. (2004). Praktikum iz pedologije. Poljoprivredni fakultet, Novi Sad.
- Hampp, R., Beulich, K., Ziegler, H. (1976). Effects of zinc and cadmium on photosynthetic CO<sub>2</sub> fixation and Hill activity of isolated spinach chloroplasts. *Zeitschrift fur Pflanzenphysiologie*, 77, 336-344.
- Hartwig, N.R., Barnhart, S.K. (2001). Nitrate Toxicity.
- Hayes, R.C., Conyers, M.K., Li, G.D., Poile, G.J., Price, A., McVittie, B.J., Gardner, M.J., Sandral, G.A., McCormick, J.I. (2012). Spatial and temporal variation in plant-available manganese (Mn) concentrations and the impact of Mn toxicity on seedling lucerne. In: Harris, C. (ed.) *Proceedings of the Australian Legume Symposium*, 20.
- Heinrichs, H., Schulz-Dobrick, B., Wedepohl, K. H. (1980). Terrestrial Geochemistry of Cd, Bi, Ti, Pb, Zn and Rb. *Geochimica et Cosmochimica Acta*, 44, 1519-1532.
- Hill, R.R.Jr., Shenk, J.S., Barnes, R.F. (1988). Breeding for Yield and Quality. In: Hanson, A.A., Barnes, D.K., Hill, R.R. Jr. (ed.) *Alfalfa and Alfalfa Improvement*, 809-825.
- Huang, C.Y., Bazzaz, F.A., Vanderhoef, L.N. (1974). Inhibition of soybean metabolism by cadmium and lead. *Plant Physiology*, 54, 122-124.
- Ignjatović, S., Vučetić, J., Lugić, Z., Dinić, B. (2001). Uticaj faze razvića na sadržaj makro i mikroelemenata u crvenoj i beloj detelini. *Agricultural Science Research Journal*, 62 (220), 309-316.
- Ilin, Ž., Đurovka, M., Marković, V., Lazić, B., Bošnjak, Đ. (2000). Effect of mineral nitrogen concentration in soil and irrigation on NO<sub>3</sub> content in potato tubers. *Proc. 8th IS on Timing of field production in vegetables*, ISHS, Belgium.
- Islam, K.R., Wright, S.R. (2005). Microbial communities, *Encyclopedia of Soil Science*, Taylor & Francis, 2005.
- ISO 10390: 2005. Soil quality - Determination of pH.
- ISO 10693:1995. Soil quality - Determination of carbonate content – Volumetric method.
- ISO 5498:1981. Determination of crude fibre content.

ISO 6635:1984. Determination of nitrite and nitrate content –Molecular absorption spectrometric method.

Ivanišević, P., Galić, Z., Rončević, S., Orlović, S., Macanović, M. (1999). Osobine zemljišta u zaštitnim šumama uz odbrambene nasipe u Vojvodini. Topola, Beograd, 163/164, 31-40.

Ivović, P., Kovačević, R., Marković, N., Popović, Ž., Stevanović, D., Janković, M., Pantović, M., Martinović, Lj. (1988). Rezultati višegodišnjih oglada sa mineralnim đubrivima na zemljištima Srbije. Institut za zemljište, Beograd.

Jakovljević, M., Antić-Mladenović, S. (1997). Upporedno proučavanje metoda za ocenu rastvorljivosti teških metala u zemljištu. IX Kongres JDPZ, Zbornik radova, 188-194.

Jakšić, S., Vasin, J., Vasiljević, S., Grahovac, N., Popović, V., Šunjka, D., Mijić, B. (2013b). Accumulation of nickel in red clover. First Legume Society Conference 2013: A Legume Odyssey, Novi Sad, Srbija, 199.

Jakšić, S., Karagić, Đ., Vasin, J., Grahovac, N., Popović, V., Šunjka, D., Dozet, G. (2013d). The crude protein content in alfalfa grown on different soil types. First Legume Society Conference 2013: A Legume Odyssey, Novi Sad, Srbija, 200.

Jakšić, S., Vasin, J., Grahovac, N., Popović, V., Šunjka, D., Mijić, B., Komlen, V. (2013c). The content of mercury in alfalfa samples from gleyic chernozem. Proceedings of the Third International Conference Sustainable postharvest and Food Technologies - INOPTEP 2013 and XXV National Conference Processing and Energy in Agriculture 'PTEP 2013, Vrnjačka Banja, Srbija, 297-298.

Jakšić, S. P., Vučković, S. M., Vasiljević, S., Grahovac, N., Popović, V., Šunjka, D. B., Dozet, G. K. (2013a). Accumulation of heavy metals in *Medicago sativa* L. and *Trifolium pratense* L. at the contaminated fluvisol. *Hemijska industrija*, 67(1), 95-101.

Jakšić, S., Sekulić, P., Vasin, J. (2012). Sadržaj teških metala u oglejenom černozemu sremske lesne terase pod usevom lucerke. *Ratarstvo i povrtarstvo*, 49(2), 189-194.

- James, D.W., Hurst, C.J., Tindall, T.A. (1995). Alfalfa cultivar response to phosphorus and potassium deficiency: elemental composition of the herbage. *Journal of Plant Nutrition*, 18, 11, 2447-2464.
- Jarak, M., Govedarica, M. (2003). *Mikrobiologija*. Poljoprivredni fakultet, Novi Sad.
- Jarak, M., Govedarica, M., Milošević, N., Petrović, N., Ubavić, M. (1997). The effect of heavy metals on nodulation and microbial activity in the rhizosphere of the pea. *Acta Horticulture*, 462, 229-234.
- Jekić, M. (1974). *Agrohemija, II deo*, Skoplje.
- Jekić, M., Brković, M., Dobrodeljani, B. (1989). *Agrohemija sa ishranom bilja*. Poljoprivredni fakultet, Priština.
- Jelić, M. Ž., Milivojević, J. Ž., Trifunović, S. R., Đalović, I. G., Milošev, D. S., Šeremešić, S. I. (2011). Distribucija i forme gvožđa u vertisolima Srbije. *Journal of the Serbian Chemical Society*, 76(5), 781-794.
- Jelić, M., Savić, N., Milivojević, J., Đalović, I., Dugalić, G. (2010). Sadržaj N, P, K, Ca i mobilnog aluminijuma u zemljištu tipa vertisol u zavisnosti od sistema đubrenja i genotipa ozime pšenice. *Acta biologica Jugoslavica - serija A: Zemljište i biljka*, 59(1), 23-26.
- Jensen, T.L. (2010). Soil pH and the availability of plant nutrients. *IPNI Plant Nutrition Today*, Fall, 2.
- Jeremić, D., Stošić, M. (1981). Proučavanje uticaja različitih nivoa azota u ishrani vrsta iz familije Fabaceae i Poaceae i njihovih smeša. *Agrohemija*, 11-12, 432-439.
- Kabata-Pendias, A., Adriano, D.C. (1995). Trace metals, Chapter 4, 139-167.
- Kastori, R. (1990). *Neophodni mikroelementi*. IDP, Beograd.
- Kastori, R. (1997). *Teški metali u životnoj sredini*. Poljoprivredni fakultet, Novi Sad.
- Kastori, R., Petrović, N., Gašić, O., Janjatović, V. (1991). Uticaj olova na akumulaciju i distribuciju mineralnih materija u soji, *Glycine max. (L) Herr.* *Zbornik Matice srpske za prirodne nauke*, 80, 55-65.
- Kastori, R., Popović, M., Gašić, O., Petrović, N., Štajner, D. (1993). Effect of iron on nitrogen metabolism and antioxidant enzymes. *Zemljište i biljka*, 42, 177-184.
- Kastori, R.R., Sekulić, P.Đ., Petrović, N.M., Arsenijević-Maksimović, I. (2003). Osvrt na granične vrednosti sadržaja teških metala u zemljištu u nas i u svetu. *Zbornik radova Instituta za ratarstvo i povrtarstvo*, 38, 49-58.

- Katić, S. (2001). Genetičke i fenotipske korelacije proizvodnih osobina lucerke (*Medicago sativa* L.). Doktorska disertacija, Poljoprivredni fakultet, Novi Sad.
- Katić, S., Mihailović, V. M., Karagić, Đ., Milić, D., Vasiljević, S. (2004). Uticaj vremena košenja na prinos i kvalitet krme lucerke i crvene deteline. Zbornik radova Instituta za ratarstvo i povrtarstvo, 40, 389-403.
- Katić, S., Mihailović, V., Pataki I., Karagić Đ., Vasiljević, S. (2001). Produktivnost i hemijski sastav suve materije sorti lucerke. Arhiv za poljoprivredne nauke, 62(220), 83-90.
- Katić, S., Milić, D., Karagić, Đ., Vasiljević, S., Glamočić, D., Jajić, I. (2009). Variranje sadržaja proteina, strukturnih ugljenih hidrata, ulja i mineralnih materija u lucerki. *Biotechnology in Animal Husbandry*, 25(5-6-2), 1189-1195.
- Katić, S., Vasiljević, S., Milić, D., Lazarević, B., Dugalić, G. (2006). Mogućnost gajenja lucerke i crvene deteline na pseudogleju uz primenu krečnjaka i rizobiuma. Zbornik radova Instituta za ratarstvo i povrtarstvo, 42(2), 31-40.
- Kelling, K.A. (1982). Alfalfa fertilization. University Of Wisconsin, Madison Pub. A2448.
- Khan, M., Scullion, J. (2002). Effects of metal (Cd, Cu, Ni, Pb or Zn) enrichment of sewage-sludge on soil micro-organisms and their activities. *Applied Soil Ecology*, 20, 145–155.
- Koenig, R., Kitchen, B., Hurst, C., Barnhill, J. (1999). Phosphorus and potassium fertilization of irrigated alfalfa in Utah. Proceedings of the Western Nutrient Management Conference, Salt Lake City, UT, 57-62.
- Kostić, N., Willson, J.M., Živković, M., Bain, D. (1998). Mineralogy and geochemical speciation of heavy metals in some serpentine soils of Serbia. Proceedings of the 16<sup>th</sup> World Congress of Soil Science, Montpellier, France.
- Kovačević, V., Vukadinović, V., Bertić, B. (1988). Excessive iron and aluminum uptake and nutritional stress in corn (*Zea mays* L.) plants. *Journal of Plant Nutrition*, 11, 6-11.
- Kozhouharov, Y., Lingorski, V. (2012). Uticaj mineralnog đubrenja na neke biološke i proizvodne indikatore prirodnih livada tipa *Agrostis capillaris*-*Festuca fallax* u Rodopskim planinama (južna Bugarska). *Biotechnology in Animal Husbandry*, 28(3), 613-622.

- Krasilnikov, N.A. (1965). *Biologija otedeljnih grup aktinomicetov*. Nauka, Moskva.
- Krstić, B. (1987). Reakcija različitih genotipova šećerne repe na zamenu kalijuma sa natrijumom u hranljivom rastvoru. *Zbornik radova Prirodno-matematičkog fakulteta Univerziteta Novi Sad*, 17, 81-91.
- Krstić, Đ. (2012). Uticaj združene setve na zasnivanje i proizvodno-kvalitativne osobine lucerke. *Doktorska disertacija, Poljoprivredni fakultet, Novi Sad*.
- Kulinčević, J. (2006). *Pčelarstvo*. Partenon, Beograd.
- Lachowski, A., Kuczynska, I., Wojciechowski, M. (1989). Relation between the mineral content in pastures and the content of these elements in blood serum in dairy cows. *Proceedings of the XVI international grassland congress, Nice*, 781-782.
- Lag, J., Steinnes, E. (1974). Soil selenium in relation to precipitation. *Ambio*, 3, 237-238.
- Lakzian, A., Murphy, P., Turner, A., Beynon, J.L., Giller, K.E. (2002). *Rhizobium leguminosarum* bv. *viciae* populations in soils with increasing heavy metal contamination: abundance, plasmid profiles, diversity and metal tolerance. *Soil Biology Biochemistry*, 34, 519–529.
- Lanaras, T., Moustakas, M., Symeonidis, L., Diamantoglou, S., Karataglis, S. (1993). Plant metal content, growth responses and some photosynthetic measurements on field-cultivated wheat growing on ore bodies enriched in Cu. *Physiologia Plantarum*, 88, 307–314.
- Lantzy, R. J., Mackenzie, F.Z. (1979). Atmospheric trace metals: Global cycles and assessment of man's impact, *Geochimica et Cosmochimica Acta*, 43(4), 511–525.
- Lanyon, L.E., Griffith, W.K. (1988). Nutrition and fertilizer use. In: Hanson, A.A. (Ed.) *Alfalfa and Alfalfa Improvement*. Wisconsin, USA, Madison, 334-373.
- Leônidas, P., Passos, M.M.K., Lédol, F.J.S. (2012). Performance of tetraploid alfalfa genotypes as exposed to aluminum toxicity. *Agricultural Sciences*, 3(2), 230-240.
- Li, R., Volenc, J.J., Joern, C.B., Cunningham, M.S. (1998). Effects of phosphorus nutrition on carbohydrate and protein metabolism in alfalfa roots. *Journal of Plant Nutrition*, 21, 459-474.



- López, M.L., Peralta-Videa, J.R., Benitez, T., Duarte-Gardea, M., Gardea-Torresdey, J.L. (2007). Effects of lead, EDTA, and IAA on nutrient uptake by alfalfa plants. *Journal of Plant Nutrition*, 30(8), 1247-1261.
- Lucas, R.E., Knezek, B.D. (1972). Climatic and soil conditions promoting micronutrient deficiencies in plants. In: (Eds. Mortvedt, J.J., Giordano, P.M., Lindsay, W.H.) *Micronutrients in agriculture*. 2nd edition, Soil Science Society of America, Madison, USA, 265-288.
- Lugić, Z., Radović, J., Lazarević, D., Dinić, B. (2004). Kruševačka (K-38) nova sorta crvene deteline (*Trifolium pratense* L.). *Acta agriculturae Serbica*, 9(17), 103-108.
- Lugić, Z., Radović, J., Sokolović, D., Jevtić, G. (2006.) Forage yield and quality of some new cultivar of red clover (*Trifolium pratense* L.) in Serbia. *EUCARPIA Medicago* spp. Group Meeting, Perugia, Italy, 122-124.
- Lugić, Z., Zapletanova, I., Dinić, B., Lazarević, D. (2002). Investigation of agronomic important traits of diploid and tetraploid red clover (*Trifolium pratense* L.) cultivars in agroecological conditions of Serbia. *Grassland science in Europe*, (VII), 7, 84-85.
- Lukić, D. (2000). *Lucerka*. Naučni institut za ratarstvo i povrtarstvo, Novi Sad.
- Mahoney, G.P. (1982). The effect of aluminium and manganese on sub clover and lucerne. In: *Trace Element Review papers*. Agricultural Services Library, Department of Agriculture, Victoria.
- Mahoney, G.P., Jones, H.R., Hunter, J.M. (1981). The effect of lime on lucerne in relation to soil acidity factors. *Proceedings of the 14th International Grassland Congress*, Lexington, Kentucky, 124.
- Maksimović, L., Milošević, N., Nešić, L., Zeremski, T., Vasin, J., Ninkov, J., Grahovac, N. (2012). Zagađenost zemljišta južnobačkog okruga opasnim i štetnim materijama. *Ratarstvo i povrtarstvo*, 49(2), 220-228.
- Manojlović, S., Ubavić, M., Bogdanović, D., Dozet, D. (1995). *Praktikum iz agrohemije*. Poljoprivredni fakultet i Institut za ratarstvo i povrtarstvo, Novi Sad.
- Marinković, B., Grčić, S. (1993). Sadržaj nitrata u mleku u zavisnosti od sadržaja nitrata u stočnoj hrani i zemljištu. *Savremena poljoprivreda*, 1, (6), 205-208.

- Marinković, J., Milošević, N., Tintor, B., Sekulić, P., Nešić, L. (2008). Mikrobiološka svojstva fluvisola na različitim lokalitetima u okolini Novog Sada. Zbornik radova Instituta za ratarstvo i povrtarstvo, 45(2), 215-223.
- Markoski, M., Mitkova, T., Pelivanoska, V., Jordanoska, B., Prentović, T. (2011). Investigation of the content of heavy metals in agricultural soils in the reon of Struga. International scientific conference Land, usage and protection (1st), Andrevlje, 49-54.
- Marković, J., Ignjatović, S., Radović, J., Lugić, Z. (2007b). Uticaj faze razvića na sadržaj makro i mikroelemenata u lucerki i crvenoj detelini. Zbornik radova Instituta za ratarstvo i povrtarstvo, 44(1), 401-406.
- Marković, J., Radović, J., Lugić, Z., Sokolović, D. (2007a). The effect of development stage on chemical composition of alfalfa leaf and steam. Biotechnology in Animal Husbandry, 23, (5-6), 383-388.
- Marković, J., Štrbanović, R., Cvetković, M., Anđelković, B., Živković, B. (2009). Uticaj faze razvića na koncentraciju mineralnih elemenata ulistu, stablu i celoj biljci lucerke (*Medicago sativa* L.). Biotechnology in Animal Husbandry 25(5-6), 1225-1231.
- Marschner, H. (1983). General introduction to the Mineral Nutrition of plants. In: Läuchli, A., Bielecki, R.L. (Eds.) Inorganic plant nutrition, Encyclopedia of Plant physiology. New Series, 12, 5-60.
- Martz, F.A., Belo, A.T., Weiss, M.F., Belyea, R.L., Goff, J.P. (1990). True absorption of calcium and phosphorus from alfalfa and corn silage when fed to lactating cows. Journal of Dairy Science, 73(5): 1288-1295.
- Mašić Z., Kljajić R., Mihaljev Ž., Živkov-Baloš M., Đilas S. (2001). Teški metali u životnoj sredini kao faktor poremećaja zdravlja životinja. 13. Savetovanje veterinarara Srbije, Zlatibor, Beograd, 115-126.
- Mathur, S.P. (1982). The role of soil enzymes in the degradation of organic matter in the tropics, subtropics and temprate zones. International Congress of Soil Science, New Delhi, India, 125-136.
- Mauries, M. (1994). La luzerne aujourd'hui. Editions France Agricole.

- Mc Laren, R., G., Swift, R., S., Quin, B., F. (1984). EDTA-extractable cooper, zinc and manganese in soils of the Centerbury Plants. *New Zealand Journal of Agricultural Research*, 27, 207-217.
- McBride, M.B. (1980). Chemisorption of Cd<sup>2+</sup> on Calcite Surfaces. *Soil Science Society of America Journal*, 44, 26-28.
- McGrath, S.P., Brookes, P.C., Giller, K.E. (1988). Effects of potentially toxic metals in soil derived from past applications of sewage sludge on nitrogen fixation by *Trifolium repens*. *Soil Biology and Biochemistry*, 20, 415-424.
- Mengel, K., Kirkby, E.A. (1978). Principles of plant nutrition. Berne, Switzerland.
- Merian, E. (1984). Metalle in der Umwelt, Verteilung, Analytikund biologische Relevanz. Verlag Chemie, Weinheim, 1-722.
- Mihaljev, Ž., Živkov-Baloš, M., Pavkov, S., Stojanović, D. (2008). Sadržaj toksičnih elemenata u uzorcima lucerke sa područja Vojvodine. *Savremena poljoprivreda*, 57(3-4), 35-38.
- Mihaljev, Ž., Živkov-Baloš, M., Ratajac, R. (2003). Rasprostranjenost žive u različitim uzorcima iz životne sredine. Zaštita životne sredine gradova i prigradskih naselja, Međunarodna Eko-konferencija, Novi Sad, 483-488.
- Mijatović, M. (1967). Mogućnosti za povećanje prinosa lucerke primenom savremenih agrotehničkih mera. Jugoslovensko poljoprivredni šumarski centar.
- Mijatović, M., Očokoljić, S. (1972). Đubrenje prirodnih i veštačkih livada i pašnjaka mineralnim đubrivima. *Ekonomika poljoprivrede*, 9, 57-59.
- Milić, D., Karagić, Đ., Vasiljević, S., Mikić, A., Mijić, B., Katić, S. (2011). Hemijski sastav lišća i stabljika divergentnih sorti lucerke. *Biotechnology in Animal Husbandry*, 27(4), 1505-1511.
- Millaleo, R., Reyes-Diaz, M., Ivanov, A.G., Mora, M.L., Alberdi, M. (2010). Manganese as essential and toxic element for plants: transport, accumulation and resistance mechanisms. *Journal of soil science and plant nutrition*, 10(4), 470-481.
- Miller, R.J., Bittell, J.E., Koeppe, D.E (1973). The effect of cadmium on electron and energytransfer reactions in corn mitochondria. *Journal of Plant Biology*, 28, 166-171.

- Milošević, M., Vitorović, S. (1992). Osnovi toksikologije sa elementima ekotoksikologije, Naučna knjiga, Beograd.
- Milošević, N., Sekulić, P., Cvijanović, G. (2010). Mikroorganizmi kao bioindikatori zagađujućih materija u zemljištu. Ratarstvo i povrtarstvo, 47(1), 49-55.
- Miljković N. (1996). Osnovi pedologije. Univerzitet u Novom Sadu, Prirodno-matematički fakultet, Institut za geografiju, Novi Sad.
- Mišković, B. (1986). Krmno bilje. Naučna knjiga, Beograd.
- Mladenović, G., Petrović, R., Mihajlović, I., Vučković, S. (2001). Produktivne osobine domaćih i stranih genotipova lucerke u uslovima istočne Srbije. Arhiv za poljoprivredne nauke, 62(220), 91-98.
- Mortvedt, J. J. (1987). Cadmium levels in soils and plants from some long-term soil fertility experiments in the USA. Journal of Environmental Quality, 16, 137–142.
- Mortvedt, J.J. (1981). Nitrogen and molybdenum uptake and dry matter relationships of soybeans and forage legumes in response to applied molybdenum on acid soil. Journal of Plant Nutrition, 3, 245–256.
- Nable, R.O., Bar-Akiva, A., Loneragan, J.F. (1984). Functional manganese requirement and its use as a critical value for diagnosis of manganese deficiency in subterranean clover (*Trifolium subterraneum* L. cv S. Park). Annals of Botany, 54, 39-49.
- Najdenovska, O., Jarak, M., Đurić, S., Stojanova, M., Mitkova, T., Prentović, T., Markoski, M. (2007). Kvalitet lucerke i kukuruza gajenih na aluvijalnom tipu zemljišta u okolini Skoplja. Zbornik radova Instituta za ratarstvo i povrtarstvo, 44(1), 423-429.
- Nejgebauer, V. (1952). Činioci stvaranja zemljišta u Vojvodini. Zbornik Matice Srpske, serija prirodnih nauka II, Novi Sad.
- Nešić, Z., Tomić, Z., Žujović, M., Krnjaja, V. (2005). Production characteristics of domestic alfalfa (*Medicago sativa* L.) cultivars in agroecological conditions of Srem district. Biotechnology in Animal Husbandry, 21(5-6), 169-173.
- Ninkov, J., Sekulić, P., Paprić, Đ., Zeremski-Škorić, T., Pucarević, M. (2008). Zagađenje zemljišta vinograda bakrom kao posledica primene fungicida na bazi bakra. Zbornik radova Instituta za ratarstvo i povrtarstvo, 45(2), 233-240.

- Ocokoljić, S., Veličković, G., Paris, Z., Nikolić, N. (1977). Uticaj faze razvića na iskorišćavanje hranljivih materija lucerke u različitim ciklusima vegetacije. *Arhiv za poljoprivredne nauke*, 28(101), 35-43.
- Oljača, M. V., Oljača, S. I., Gligorević, K., Pajić, M., Ralević, M., Mitrović, B. (2011). Uređenje, korišćenje i mere zaštite poljoprivrednog zemljišta opštine Bojnik. *Poljoprivredna tehnika*, 36(4), 67-76.
- Ouzounidou, G., Ciamporova, M., Moustakas, M., Karataglis, S. (1995). Responses of maize (*Zea mays* L.) plants to copper stress. I. Growth, mineral content and ultrastructure of roots. *Environmental Experimental Botany*, 35, 167-176.
- Padayatty J. (1973). Absorption of inorganic sulphate by embryos of rice (*Oryza sativa* L.) seeds. *Indian Journal of Experimental Biology*, 11(5), 430-432.
- Page, A.L., Chang, A.C., El-Amamy, M. (1987). Cadmium Levels in Soils and Crops in the United States. In: Hutchinson, T.C., Meema, K.M. (Eds.) *Lead, Mercury, Cadmium and Arsenic in the Environment*. John Wiley and Sons, Chichester-New York, 119-146.
- Papadopulos, P., Rowell, D.L.J. (1988). The reactions of cadmium with calcium carbonate surfaces. *Journal of Soil Science*, 39(1), 23-36.
- Peaslee, D.E., Taylor, N.L. (1989). Red clover. In Plucknett, D.L. and Sprague, H.B. (Eds) *Detecting mineral nutrient deficiencies in tropical and temperate crops*. Westview Press, Inc, 447-458.
- Pekeč, S., Ivanišević, P., Stojanović, D., Marković, M., Katanić, M., Galović, V. (2012). Osobine različitih formi zemljišta tipa fluvisol u zaštićenom delu inundacije reke Dunav na području južne Bačke. *Topola*, 189-190, 19-28.
- Pelivanoska, V., Jordanoska, B., Filipovski, K., Mitkova, T., Markoski, M. (2011). Heavy metal content in soil and tobacco leaves at the region of Skopje, Republic of Macedonia. *Proc. 1st International scientific conference Land, usage and protection, Andrevlje*, 55-60.
- Pereira, S.I.A., Lima, A.I.G, Figueira, E.M.A.P. (2006). Heavy metal toxicity in *Rhizobium leguminosarum* biovar *viciae* isolated from soils subjected to different sources of heavy metal contamination: effect on protein expression. *Applied Soil Ecology*, 33, 286-293.

- Petit, H.V., Pesant, A.R., Barnett, G.M., Mason, W.N., Dionne, J.L. (1992). Quality and morphological characteristics of alfalfa as affected by soilmoisture, pH and phosphorus fertilization. *Canadian Journal of Plant Science*, 72, 147-162.
- Petrović, N., Kastori, R. (2003). Nitrati u povrću. Naučni institut za ratarstvo i povrtarstvo Novi Sad.
- Petrović, N., Maksimović, I., Kevrešan, Ž. (2005). The effect of Ni on concentration and distribution of essential elements in pea. *Letopis naučnih radova Poljoprivrednog fakulteta*, 29(1), 31-40.
- Petrović, N., Richter, R., Kastori, R. (1987). *Compets rendus de L' Academie Bullgare des Sciences*, 40, 103-105.
- Peverill, K.I., Fung, K.K.H. and Brown, A.J. (1980). A manual on the soil testing service provided by the Division of Agricultural Chemistry. Department of Agriculture, Victoria, Technical Report Series No. 34.
- Piper, R.C, Miller, V.L., Dickenson, E.O. (1971). Toxicity and distribution of mercury in pigs with acute methylmercurialism. *American Journal of Veterinary Research*, 32, 263-273.
- Popović, M., S. Kevrešan, J. Kandrać, J. Nikolić, N. Petrović, Kastori, R. (1996). The role of sulphur in detoxification of cadmium in young sugar beet plants. *Journal of Plant Biology*, 38, 281-287.
- Popović, Ž. (1989). *Agrohemija*. Naučna knjiga, Beograd.
- Poshon, J., Tardieux, P. (1962). *Techniques d'analyse en microbiologie du sol*. Edit de la Tourelle, Paris, France.
- Pravilnik o dozvoljenim količinama opasnih i štetnih materija u zemljištu i vodi za navodnjavanje i metodama njihovog ispitivanja. *Službeni glasnik RS*, 23/1994.
- Pravilnik o izmeni Pravilnika o kvalitetu hrane za životinje, *Službeni glasnik RS*, br. 27/2014.
- Pravilnik o kvalitetu hrane za životinje, *Službeni glasnik RS*, br. 4/2010.
- Pye, U. (1984). *Atomic Absorption Data Book*, Cambridge.
- Radojević, A., Repić, B., Dakić, D., Erić, A. (2010). Analiza i ispitivanje pepela poljoprivredne biomase i potencijalnih aditiva. *Savremena poljoprivredna tehnika*, 36(4), 357-365.

- Radojević, R., Petrović, D. (2011). Zastupljenost strukturnih agregata teškog zemljišta nakon jesenje obrade. *Savremena poljoprivredna tehnika*, 37(3), 267-276.
- Radović, J., Lugić, Z., Vučković, S. (1996). Varijabilnost kvantitavnih osobina domaćih populacija i sorti lucerke (*Medicago sativa* L.) u godini setve. *Zbornik radova Instituta za ratarstvo i povrtarstvo*, 26, 49-55.
- Radović, J., Lutić, Z., Ignjatović, J. (2004). Prinos i kvalitet suve materije genotipova lucerke (*Medicago sativa* L.) različitog porekla. *Acta Agriculturae Serbica*, 9(17), 109-114.
- Radović, J., Sokolović, D., Marković, J. (2009). Lucerka-najvažnija višegodišnja krmna leguminoza u ishrani domaćih životinja. *Biotechnology in Animal Husbandry*, 25(5-6-1), 465-475.
- Rašković, V. (2006). Uticaj mineralne ishrane na prinos i kvalitet crvene deteline. Magistarska teza, Poljoprivredni fakultet, Novi Sad.
- Rice, W.A., Penney, D.C., Nyborg, M. (1977). Effects of soil acidity on rhizobia numbers, nodulation and nitrogen fixation by alfalfa and red clover. *Canadian Journal of Soil Science*, 57, 197-203.
- Rominger, R., Smith, S. D., Peterson, L. A. (1975). Yields and elemental composition of Alfalfa plant parts in late bud under two fertility levels. *Canadian Journal of Plant Science*, 55, 69-75.
- Rose, A.W., Hawkes, H.E., Web, J.S. (1979). *Geochemistry in Mineral Exploration*. Academic Press, New York, 490-517.
- Roth, R.L., Gardner, B.R., Tritz, G.K., Lakatos, E.A. (1983). Alfalfa response to water and nitrogen variables. 13<sup>th</sup> California symposium. California. Cooperative Extension Service, University of California-Davis.
- Saalbach, E. (1972). Association Francaise pour l'Etude du Sol/Sulphur Institute (London): Symposium international sur le soufre en agriculture. Versailles, Ann Agron. No hors serie.
- Sarić, M., Krstić, B. (1983). Role of genetic specificity of mineral nutrition of plants in increasing economical production of organic matter. *Proceedings of the International Conference on the commercial applications and implications of biotechnology*, London, 973-984.

- Sauer, J.D. (1993). Historical geography of crop plants- a select roster. CRC Press, Boca Raton, Florida.
- Savić, B, Jekić, M. (1975). Agrohemija. Svjetlost, Sarajevo.
- Segundo, E., Martinez–Abarca, F., van Dillewijn, P., Fernández-López, M., Lagares, A., Martinez–Drets, G., Niehaus, K., Pühler, A., Toro, N. (1999). Characteristion of symbiotically efficient alfalfa-nodulating rhizobia isolated from acid soils of Argentina and Uruguay. FEMS Microbiology Ecology, 28, 169-176.
- Sekulić, P. (1986). Struktura i adsorptivna svojstva huminskih kiselina pseudogleja, humogleja i černozema u Slavoniji i Baranji. Doktorska disertacija. Sveučilište u Osijeku, RO Biotehnički znanstveno-nastavni centar, OOUR Poljoprivredni fakultet Osijek.
- Sekulić, P., Kastori, R., Stevanović, D., Maksimović, I. (2005). Azot i životna sredina. U: Kastori, R. (Ur.) Azot- agrohemijski, agrotehnički, fiziološki i ekološki aspekti. Naučni institut za ratarstvo i povrtarstvo, Novi Sad.
- Sekulić, P., Ninkov, J., Zeremski-Škorić, T., Vasin, J., Milić, S. (2011). Monitoring kvaliteta zemljišta AP Vojvodine. International Scientific Conference Land, usage and protection (I), Andrevlje, 70-75.
- Shen, Z.G., Li, X.D., Wang, C.C., Chen, H.M., Chua, H. (2002). Lead phytoextraction from contaminated soil with high-biomass plant species. Journal of Environmental Quality, 31, 1893-1900.
- Shiel, R.S., Tilib, A.B.A., Younger, A. (1999). The influence of fertilizer nitrogen, white clover content and environmental factors on the nitrate content of perennial ryegrass and ryegrass/white clover swards. Grass and Forage Science, 54, 275-285.
- Simić, A., Vasiljević, S., Vučković, S., Tomić, Z., Bjelić, Z., Mandić, V. (2011). Herbage yield and botanical composition of grass-legume mixture at different time of establishment Biotechnology in Animal Husbandry, 27(3), 1253-1260.
- Singh, R.P., Tripathi, R.D., Dabas, S., Rizvi, S.M.H., Ali, M.B., Sinha, S.K., Gupta, D.K., Mishra, S., Rai, U.N. (2003). Effect of lead on growth and nitrate assimilation of *Vigna radiata* (L.) Wilczek seedlings in a salt affected environment. Chemosphere, 52, 1245–1250.



- Singh, R.P., Chandel, S.K.S., Yadav, P.K., Sinhg, S.N. (2011). Effect of Ni on nitrogen uptake and yield of wheat (*Triticum aestivum*). Indian Journal of Scientific Research, 2(4), 61-63.
- Smith, S.R. (1994). Effect of soil pH on availability to crops of metals in sewage sludge-treated soils. I. Nickel, copper and zinc uptake and toxicity to ryegrass. Environmental Pollution, 85(3), 321-327.
- Soler, J., Soler, R. (1996). Cadmium in inorganic fertilizers. Fertilizers and Environment, Developments in Plant and Soil Sciences, 66, 541-545.
- Soto, M. J., Van Dillewijn, P., Martinez-Abarca, F., Jimenez-Zurdo, J. I., Toro, N. (2004). Attachment to plant roots and nod gene expression are not affected by pH or calcium in the acid-tolerant alfalfa-nodulating bacteria *Rhizobium* sp. LPU83. FEMS Microbiology Ecology, 48(1), 71-77.
- SRPS E.B1.245:1976. Zrnene mahunjače i proizvodi od zrnenih mahunjača. Određivanje pepela.
- Stanisavljević, R., Tomić, Z., Lugić, Z., Milenković, J., Đokić, D. (2008). Yield and nutritive value of alfalfa cultivars sown at different densities Biotechnology in Animal Husbandry, 24(3-4), 147-156.
- Stanković, Ž. (2010). Fiziologija biljaka. Državni Univerzitet u Novom Pazaru.
- Stanton, L.T. (2001). Nitrate poisoning. Colorado State University Extension, No.1.610.
- Stevanović, D., Pavlović, R., Jakovljević, M. (2001). Effect of cultivar and cultivation practise on the content of harmful substances in lettuce leaf. Savremena poljoprivreda, 50(1-2), 177-180.
- Stevović, V., Đukić, D., Đurović, D., Mandić, L. (2007). Uticaj nodulacije semena i kalcifikacije zemljišta na prinos i kvalitet krme lucerke i crvene deteline. Zbornik radova Instituta za ratarstvo i povrtarstvo, 44(1), 253-260.
- Stoltenow, C., Lardy, G. (1998). Nitrate Poisoning of Livestock. NDSU Extension Service, Nort Dakota State University, Fargo, ND 58105.
- Stout, G. D., Broersma, K., Acharya, N. S. (1997). Seed preinoculation and soil liming for growth of forage legumes on acidic clay soils. Journal of Agricultural Science, 128, 51-57.
- Strickland, R.C., Chaney, W.R., Lamoreaux, R.J. (1979). Organic matter influences phytotoxicity of cadmium to soybeans. Plant and Soil, 52, 393-402.

- Stringer, W.C., Morton, B.C., Pinkerton, B.W. (1996). Row spacing and nitrogen: Effect on alfalfa – bermudagrass quality components. *Agronomy Journal*, 88, 573-577.
- Szabó, S., A., Regiusne, M., Á., Györi, D., Szentmihályi, S. (1987). *Mikroelemek a mezőgazdaságban I. (Esszenciális mikroelemek)*. Mezőgazdasági Kiadó, Budapest.
- Szodfridt, A., Varga, J. (1989). The effect of N and K fertilizers on the NO<sub>3</sub> content of different grass species and mixtures. Production: Seed Versus Herbage. *Proceedings of the XVI International Grassland Congress, Nice*, 767-768.
- Šarić, M., Psodorov, Đ., Živkov-Baloš, M., Mihaljev, Ž. (2002). Tehnološki i zdravstveno bezbedni kvalitet pšenice u zavisnosti od rejonu proizvodnje. *Žito hleb*, 29(5-6), 205-212.
- Škorić, A. (1986). *Postanak, razvoj i sistematika tla*. Fakultet poljoprivrednih znanosti Sveučilišta u Zagrebu, Zagreb.
- Škorić, A., Filipovski, G., Ćirić, M. (1985). *Klasifikacija zemljišta Jugoslavije*. Akademija nauka i umjetnosti Bosne i Hercegovine, Posebna izdanja, knjiga LXXVIII, Sarajevo.
- Tang, T., Miler, M.D. (1991). Growth and tissue composition of rice growth in soil treated with inorganic copper, nickel, and arsenic. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*, 22 (19-22), 2037-2045.
- Taylor, N.L., Quesenberry, K.H. (1996). Red clover science. In: *Current plant sciences and biology in agriculture*, Dordrecht, itd: Kluwer Academic Publisher, vol. 28.
- Tesar, M., B. (1981). High yield alfalfa research. *Weed, Seed and Fertilizer Conference*, Lansing, Michigan State University, 1-4.
- Thalman, A. (1968). Zur Methodik de Bestimmung der Dehydrogenase aktivitat im Boden mittels Triphenyltetrazoliumchlorid (TTC). *Landwirsch Forsch*, 21, 249-257.
- Thomet, P., Stettler, M., Hadorn, M. (2008). Manipulating pasture grass growth by nitrogen fertilization. *Grassland Science in Europe*, 13, 329-331.
- Tintor, B., Milošević, N., Marinković, J., Cvijanović, G. (2011). Dehidrogenazna aktivnost i ukupan broj mikroorganizama u zemljištima Srema i Južne Bačke.

- International scientific conference Land, usage and protection (1st), Andrevlje, 76-79.
- Tjell, J.C., Hansen, J.A., Christensen, T.H., Hovmand, M.F. (1981). Prediction of cadmium concentrations in Danish soils. In: L'Hermite, P., Ott, H. (Eds.) Characterization, Treatment and Use of Sewage Sludge, Reidel Publishing Company, Dordrecht, Holland, 652–664.
- Tomić, D., Stevović, V., Đurović, D., Đukić, D. (2010). Efekat folijarne primene fosfora, kalijuma, bora i kobalta na prinose i komponente prinosa semena crvene deteline (*Trifolium pratense* L.). *Biotechnology in Animal Husbandry*, 26(spec.issue), 225-232.
- Tomić, D., Stevović, V., Đurović, D., Lazarević, Đ. (2012). The impact of soil liming on the productivity of grass-legume mixture of red clover (*Trifolium Pratense* L.) and Italian ryegrass (*Lolium Italicum* L.). *Acta agriculturae Serbica*, 17(33), str. 21-29.
- Tomić, Z., Lugić, Z., Radović, J., Sokolović, D., Nešić, Z., Krnjaja, V. (2007). Perennial legumes and grasses stable source of quality livestock fodder feed. *Biotechnology in Animal Husbandry*, 23 (5-6), 559-572.
- Ubavić, M., Bogdanović, D. (1995). *Agrohemija*. Naučni institut za ratarstvo i povrtarstvo, Novi Sad.
- Ubavić, M., Dozet, D. (2006). Ukupan sadržaj magnezijuma u važnijim tipovima zemljišta Vojvodine. *Letopis naučnih radova Poljoprivrednog fakulteta*, 30(1), 75-80.
- Undersander, D. J. (1994). *Alfalfa management guide*. American Society of Agronomy, Madison, Wisconsin.
- Undersander, D., Mertens D.R., Thiex N. (1993). *Forage analyses procedures*. National Forage Testing Association, Omaha.
- US EPA 6010 C:2007 - Inductively coupled plasma-atomic emission spectrometry.
- Van Assche, F., Clijsters, H. (1990). Effects of metals on enzyme activity in plants. *Plant, Cell and Environment*, 13, 195–206.
- Vapa, M., Vapa, Lj. (1997). Teški metali i životinjski svet. U: Kastori R. (Ur.) *Teški metali u životnoj sredini*. Naučni institut za ratarstvo i povrtarstvo, Novi Sad, 259-301.

- Vasiljević, S., Čupina, B., Krstić, Đ., Pataki, I., Katanski, S., Milošević, B. (2011). Sezonske promene sadržaja proteina, strukturnih ugljenih hidrata, masti, mineralnih materija u suvoj materiji crvene deteline (*Trifolium pratense* L.). *Biotechnology in Animal Husbandry*, 27(4), 1543-1550.
- Vasiljević, S., Katić, S., Mihailović, V. M., Pataki, I., Karagić, Đ., Mikić, A. M., Ivanović, M. (2005). Rezultati oplemenjivanja crvene deteline (*Trifolium pratense* L.) u Naučnom institutu za ratarstvo i povrtarstvo. *Zbornik radova Instituta za ratarstvo i povrtarstvo*, 41, 489-497.
- Vasiljević, S., Mihailović, V., Katić, S., Mikić, A., Karagić, Đ. (2010). Potencijal rodosti sorti crvene deteline (*Trifolium pratense* L.). *Ratarstvo i povrtarstvo*, 47(1), 217-223.
- Vasiljević, S., Mikić, A., Mihailović, V., Katić, S., Lugić, Z., Šurlan-Momirović, G., Živanović, T., Milić, D., Pataki, I. (2006). Characteristics of domestic cultivars of red clover (*Trifolium pratense* L.) according to UPOV protocol. The fourth scientific-research Symposium on Breeding and Seed production of the Serbian Association of Plant Breeders and Seed Producers, Zlatibor, Serbia, 97.
- Vasin, J., Milošević, N., Sekulić, P., Tintor, B., Ninkov, J., Zeremski-Škorić, T., Marinković, J. (2010). Mikorbiološka svojstva zaslanjenih zemljišta Vojvodine. *Ratarstvo i povrtarstvo*, 47(1), 295-301.
- Vasin, J., Sekulić, P. Đ., Hadžić, V. B., Bogdanović, D., Pucarević, M. (2004b). Stepen zagađenja nepoljoprivrednog zemljišta u Vojvodini. *Zbornik radova Instituta za ratarstvo i povrtarstvo*, (40), 129-140.
- Vasin, J., Sekulić, P. Đ., Kurjački, I. (2004a). Stanje plodnosti zemljišta Vojvodine. *Zbornik radova Instituta za ratarstvo i povrtarstvo*, (40), 101-107.
- Vasin, J., Sekulić, P., Bogdanović, D., Pucarević, M. (2004c). Contamination levels of non-agricultural and industrial soils in the Vojvodina Province. *Eurosoil 2004*, Freiburg, Germany.
- Vasin, J., Sekulić, P., Kurjački, I. (2006). Plodnost oraničnih površina u privatnom vlasništvu u Vojvodini. *Zbornik radova Instituta za ratarstvo i povrtarstvo*, 42(2), 149-156.
- Vojinović, Ž., Radulović, V., Modrić, A., Strunjak, R., Prša, M., Petrović, V., Sarić, Z., Todorović, M. (1966). Ispitivanje mikrobiološkog profila zemljišta. U: *Priručnik*

- za ispitivanje zemljišta JDPZ, knjiga II, Mikrobiološke metode ispitivanja zemljišta i voda, Beograd, 7-57.
- Vučković, S. (1999). Krmno bilje. Institut za istraživanja u poljoprivredi, Srbija, Beograd i Bonart, Nova Pazova.
- Vučković, S. (2004). Travnjaci. Poljoprivredni fakultet, Univerzitet u Beogradu.
- Wallace (1976) cit. Bogdanović, D. (2007). Izvori zagađenja zemljišta hromom. Letopis naučnih radova Poljoprivrednog fakulteta, 31(1), 29-35.
- Wang, C., Lu, J., Zhang, S., Wang, P.F., Hou, J., Qian, J. (2011). Effects of Pb stress on nutrient uptake and secondary metabolism in submerged macrophyte *Vallisneria spiralis*. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 74(5), 1297-1303.
- Wani, P.A., Khan, M.S., Zaidi, A. (2007). Effect of metal tolerant plant growth promoting Bradyrhizobium sp. (vigna) on growth, symbiosis, seed yield and metal uptake by green gram plants. *Chemosphere*, 70, 36–45.
- Werk, O., Schiffer, P. (1971): Untersuchungen zum Mg- und Na-Gehalt von Weidefutter. *Mitteilungen der DLG*, 14, 368-372.
- Westerman, D.T. (1975). Indexes of sulphur deficiency in alfalfa. II Plant analysis. *Agonomy Journal*, 67, 265-268.
- Whitehead, D.C. (2000). *Nutrient Elements in Grassland: Soil-Plant-Animal Relationships*. CABI Publication, New York, USA, 369.
- Wiklander, L., Vahtras, K. (1977). Solubility and uptake of heavy metals from swedish soil. *Geoderma*, 19, 123-130.
- Wivstad, M., Martensson, A.M., Ljunggren, H.D. (1987). Field measurement of symbiotic nitrogen fixation in an established lucerne ley using <sup>15</sup>N and an acetylene reduction method. *Plant and Soil*, 97, 93-104.
- Wood, J. (1974). Biological cycles for toxic elements in the environment. *Science*, 183, 1049–1052.
- Wozny, A., Stroinski, A., Gwózdź, E. (1990). *Plant cell responses to cadmium*, Adam Mickiewicz University, Poznań.
- Wright, M.J., Davison, K.L. (1964). Nitrate accumulation in crops and nitrate poisoning in animals. *Advances in Agronomy*, 16: 197–247, cit. MacKown, C. T., Weik, J. C. (2004). Comparison of laboratory and quick-test methods for forage nitrate. *Crop Science*, 44, 218-226.

- Yang, Y.Y., Jung, J.Y., Song, W.Y., Suh, H.S., Lee, Y. (2000). Identification of rice varieties with high tolerance or sensitivity to lead and characterization of the mechanism of tolerance. *Plant Physiology*, 124, 1019-1026.
- Yokota, S., Ojima, K. (1995). Physiological response of root tip of alfalfa to low pH and aluminum stress in water culture. *Plant and Soil*, 171, 163–165.
- Yost, K. J., Miles, L. J. (1979). Environmental health assessment for cadmium: a systems approach. *Journal of Environmental Science and Health*, 14(4), 285-311.
- Younis, M. (2007). Responses of Lablab purpureus-Rhizobium symbiosis to heavy metals in pot and field experiments. *World Journal of Agricultural Sciences*, 3, 111–122.
- Zahran, H.H. (1999). Legume symbiosis and nitrogen fixation under severe conditions and in an arid climate. *Microbiology and Molecular Biology Reviews*, 4, 968-989.
- Zandsalimi, S., Karimi, N., Kohandel, A. (2011). Arsenic in soil, vegetation and water of a contaminated region, *International Journal of Environmental Science and Technology*, 8, 331–338.
- Živanov, N.I., Ivanišević, P. (1986). *Zemljišta za uzgoj topola i vrba*. Institut za topolarstvo Novi Sad, 103-119.
- Živkov-Baloš, M., Mihaljev, Ž., Čupić, Ž. (2011). Content of trace elements and some radionuclides in lucerne (*Medicago sativa* L.). *Biotechnology in Animal Husbandry*, 27(3), 591-598.
- Živkov-Baloš, M., Mihaljev, Ž., Čupić, Ž., Vukašinović, M., Vidić, B. (2007). Toxic elements in feed and raw materials produced in Vojvodina. *Proceedings of I International congress «Food technology, quality and safety»*, Novi Sad, 348-353.
- Živkov-Baloš, M., Mihaljev, Ž., Mašić, Z. (1999). Količine makro i mikroelemenata u hranivima sa područja Vojvodine. *Savremena poljoprivreda*, 48(1-2), 285-288.
- Živkov-Baloš, M., Šarić, M., Mihaljev, Ž., Đilas, S. (2000). Nivoi toksičnih elemenata i ostalih mineralnih materija u pšenici. *Zdravstveno bezbedna hrana, Ekokonferencija*, Novi Sad, 267-272.

## 10. BIOGRAFIJA AUTORA

### **diplomirani inženjer poljoprivrede Snežana Jakšić**

Dipl. inž. poljoprivrede Snežana Jakšić rođena je 25.09.1975. godine u Osijeku, gde je sa odličnim uspehom završila osnovnu školu. Nakon progonstva iz Republike Hrvatske gimnaziju završava u Dardi, takođe sa odličnim uspehom.

Poljoprivredni fakultet u Dardi Univerziteta u Kninu upisuje školske godine 1994./95., ali zbog političkih okolnosti drugu godinu studija nastavlja na Poljoprivrednom fakultetu Univerziteta u Beogradu. Fakultet završava 2000. godine sa prosekom 9,17 i ocenom 10 na diplomskom ispitu.

Po završetku studija 2001. godine upisuje poslediplomske studije Poljoprivrednog fakulteta Univerziteta u Novom Sadu i dobija stipendiju Ministarstva prosvete, nauke i tehnološkog razvoja Republike Srbije, koje je 2003. godine nagrađuje za uspešan rad i postignute rezultate.

Doktorske studije Poljoprivrednog fakulteta Univerziteta u Beogradu upisuje školske godine 2008./09., po studijskom programu Poljoprivredne nauke, modul Ratarstvo i povrtarstvo.

Od 2008. godine zaposlena je na Institutu za ratarstvo i povrtarstvo u Novom Sadu kao istraživač pripravnik, a od 2011. godine kao istraživač saradnik.

Do sada je učestvovala u tri projekta Ministarstva prosvete, nauke i tehnološkog razvoja.

Iz rezultata svog dosadašnjeg istraživačkog rada objavila je četiri rada u časopisima međunarodnog značaja, te više od 60 radova u časopisima nacionalnog značaja, zbornicima međunarodnih naučnih skupova kao i zbornicima skupova nacionalnog značaja.

Član je Srpskog društva za proučavanje zemljišta i Međunarodnog društva za mahunarke.

Aktivno se služi engleskim i poznaje osnove nemačkog jezika.

Udata je i majka troje dece.

**Prilog 1.**

**Izjava o autorstvu**

Potpisana Snežana P. Jakšić

Broj indeksa ili prijave doktorske disertacije 08/8

**Izjavljujem**

da je doktorska disertacija pod naslovom:

Uticaj krmnog useva, tipa i plodnosti zemljišta na produktivnost i hemijski sastav kabaste stočne hrane

- rezultat sopstvenog istraživačkog rada,
- da predložena doktorska disertacija u celini ni u delovima nije bila predložena za dobijanje bilo koje diplome prema studijskim programima drugih visokoškolskih ustanova,
- da su rezultati korektno navedeni i
- da nisam kršila autorska prava i koristila intelektualnu svojinu drugih lica.

U Beogradu, 01.12.2014.

**Potpis doktoranda**

*Snežana P. Jakšić*



**Prilog 2.**

## **Izjava o istovetnosti štampane i elektronske verzije doktorske disertacije**

Ime i prezime autora Snežana P. Jakšić

Broj indeksa ili prijave doktorske disertacije 08/8

Studijski program Ratarstvo i povrtarstvo

Naslov doktorske disertacije Uticaj krmnog useva, tipa i plodnosti zemljišta na  
produktivnost i hemijski sastav kabaste stočne hrane

Mentor Prof. dr Savo Vučković

Potpisana Snežana P. Jakšić

Izjavljujem da je štampana verzija moje doktorske disertacije istovetna elektronskoj verziji koju sam predala za objavljivanje na portalu **Digitalnog repozitorijuma Univerziteta u Beogradu**. Dozvoljavam da se objave moji lični podaci vezani za dobijanje akademskog zvanja doktora nauka, kao što su ime i prezime, godina i mesto rođenja i datum odbrane rada. Ovi lični podaci mogu se objaviti na mrežnim stranicama digitalne biblioteke, u elektronskom katalogu i u publikacijama Univerziteta u Beogradu.

U Beogradu, 01.12.2014.

**Potpis doktoranda**

Jasna Kravica

**Prilog 3.**

## **Izjava o korišćenju**

Ovlašćujem Univerzitetsku biblioteku „Svetozar Marković“ da u Digitalni repozitorijum Univerziteta u Beogradu unese moju doktorsku disertaciju pod naslovom:

Uticaj krmnog useva, tipa i plodnosti zemljišta na produktivnost i hemijski sastav kabaste stočne hrane

koja je moje autorsko delo.

Disertaciju sa svim priložima predala sam u elektronskom formatu pogodnom za trajno arhiviranje.

Moju doktorsku disertaciju pohranjenu u Digitalni repozitorijum Univerziteta u Beogradu mogu da koriste svi koji poštuju odredbe sadržane u odabranom tipu licence Kreativne zajednice (Creative Commons) za koju sam se odlučila.

1. Autorstvo
2. Autorstvo - nekomercijalno
3. Autorstvo – nekomercijalno – bez prerade
4. Autorstvo – nekomercijalno – deliti pod istim uslovima
5. Autorstvo – bez prerade
6. Autorstvo – deliti pod istim uslovima

U Beogradu, 01.12.2014.

**Potpis doktoranda**

Jasna Prećura

**1. Autorstvo** – Dozvoljavate umnožavanje, distribuciju i javno saopštavanje dela, i prerade, ako se navede ime autora na način određen od strane autora ili davaoca licence, čak i u komercijalne svrhe. Ovo je najslobodnija od svih licenci.

**2. Autorstvo** – nekomercijalno. Dozvoljavate umnožavanje, distribuciju i javno saopštavanje dela, i prerade, ako se navede ime autora na način određen od strane autora ili davaoca licence, čak i u komercijalne svrhe. Ova licenca ne dozvoljava komercijalnu upotrebu dela.

**3. Autorstvo** – nekomercijalno – bez prerade. Dozvoljavate umnožavanje, distribuciju i javno saopštavanje dela, bez promena, preoblikovanja ili upotrebe dela u svom delu, ako se navede ime autora na način određen od strane autora ili davaoca licence. Ova licenca ne dozvoljava komercijalnu upotrebu dela. U odnosu na sve ostale licence, ovom licencom se ograničava najveći obim prava korišćenja dela.

**4. Autorstvo** – nekomercijalno – deliti pod istim uslovima. Dozvoljavate umnožavanje, distribuciju i javno saopštavanje dela, i prerade, ako se navede ime autora na način određen od strane autora ili davaoca licence i ako se prerada distribuira pod istom ili sličnom licencom. Ova licenca ne dozvoljava komercijalnu upotrebu dela i prerada.

**5. Autorstvo** – bez prerade. Dozvoljavate umnožavanje, distribuciju i javno saopštavanje dela, bez promena, preoblikovanja ili upotrebe dela u svom delu, ako se navede ime autora na način određen od strane autora ili davaoca licence. Ova licenca dozvoljava komercijalnu upotrebu dela.

**6. Autorstvo** – deliti pod istim uslovima. Dozvoljavate umnožavanje, distribuciju i javno saopštavanje dela, i prerade, ako se navede ime autora na način određen od strane autora ili davaoca licence i ako se prerada distribuira pod istom ili sličnom licencom. Ova licenca dozvoljava komercijalnu upotrebu dela i prerada. Slična je softverskim licencama, odnosno licencama otvorenog koda.