

# Utjecaj gnojidbe dušikom na kemijska svojstva tla

---

**Doljanac, Doris**

**Master's thesis / Diplomski rad**

**2020**

*Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj:*

**Josip Juraj Strossmayer University of Osijek, Faculty of Agrobiotechnical Sciences Osijek /  
Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku, Fakultet agrobiotehničkih znanosti Osijek**

*Permanent link / Trajna poveznica:* <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:151:731806>

*Rights / Prava:* [In copyright](#) / [Zaštićeno autorskim pravom.](#)

*Download date / Datum preuzimanja:* **2025-03-17**



Sveučilište Josipa Jurja  
Strossmayera u Osijeku

**Fakultet  
agrobiotehničkih  
znanosti Osijek**

*Repository / Repozitorij:*

[Repository of the Faculty of Agrobiotechnical  
Sciences Osijek - Repository of the Faculty of  
Agrobiotechnical Sciences Osijek](#)



SVEUČILIŠTE JOSIPA JURJA STROSSMAYERA  
FAKULTET AGROBIOTEHNIČKIH ZNANOSTI OSIJEK

Doris Doljanac, apsolvant

Diplomski studij Bilinogojstva smjer Ishrana bilja i tloznanstvo

**UTJECAJ GNOJIDBE DUŠIKOM NA KEMIJSKA SVOJSTVA TLA**

**Diplomski rad**

Osijek, 2020.god.

SVEUČILIŠTE JOSIPA JURJA STROSSMAYERA  
FAKULTET AGROBIOTEHNIČKIH ZNANOSTI OSIJEK

Doris Doljanac , absolvent

Diplomski studij Bilinogojstva smjer Ishrana bilja i tloznanstvo

**UTJECAJ GNOJIDBE DUŠIKOMNA KEMIJSKA SVOJSTVA TLA**

Diplomski rad

Povjerenstvo za ocjenu i obranu diplomskog rada:

1. prof.dr.sc. Zdenko Lončarić , predsjednik
2. doc.dr.sc. Vladimir Zebec , mentor
3. prof.dr.sc. Domagoj Rastija , član

Osijek, 2020.god.

## **SADRŽAJ**

1. UVOD .....	1
1.1. Cilj istraživanja .....	4
2. PREGLED LITERATURE .....	5
3. MATERIJAL I METODE.....	9
3.1. Terenska istraživanja.....	9
3.2. Laboratorijska istraživanja .....	12
4. REZULTATI.....	23
4.1. Endomorfološka svojstva tla .....	23
4.2. Fizikalna i hidropedološka svojstva tla .....	24
4.3. Kemijska svojstva tla na pedološkom profilu .....	26
4.4. Kemijska svojstva oraničnih horizonta tla nakon vegetacije .....	27
5. RASPRAVA.....	32
6. ZAKLJUČAK.....	35
7. POPIS LITERATURE.....	36
8. SAŽETAK.....	38
9. SUMMARY.....	39
10. POPIS TABLICA .....	40
11. POPIS SLIKA.....	41
12. POPIS GRAFIKONA.....	42

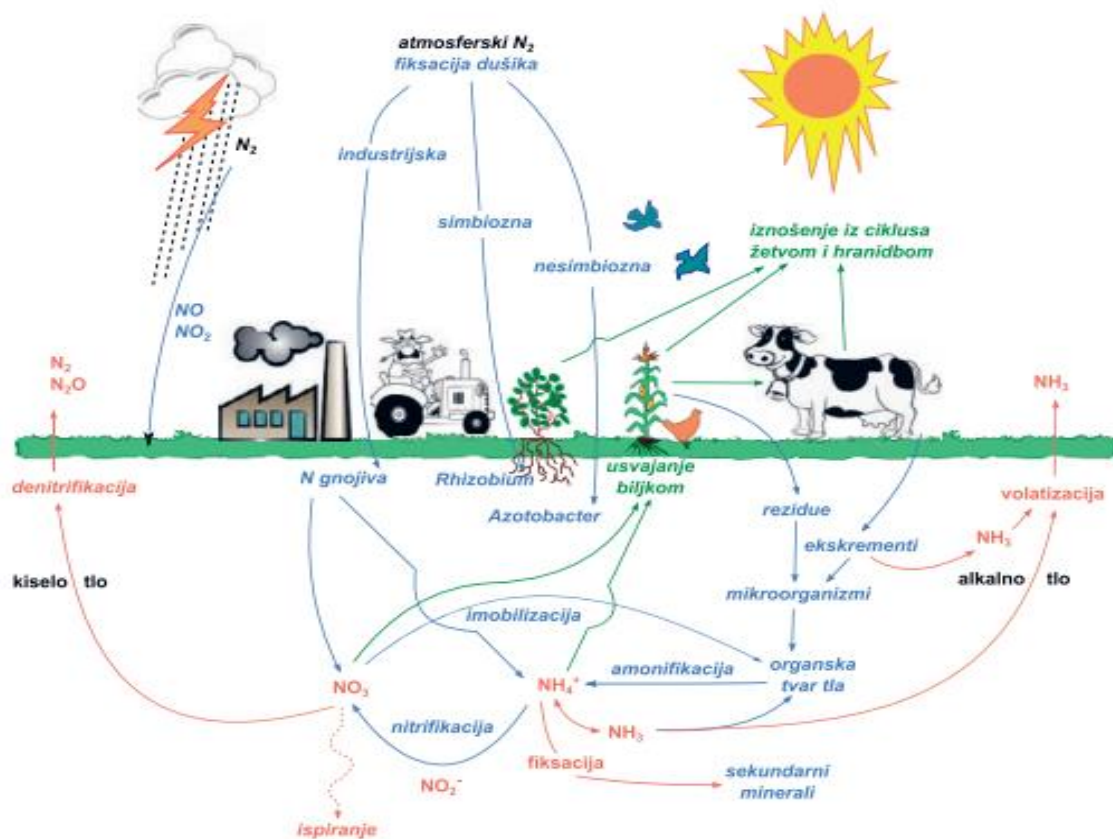
## 1. UVOD

Tlo je rastresita prirodna tvorevina nastala djelovanjem pedogenetskih faktora kroz procese pedogeneze (Škorić, 1990.). Najvažniji faktor za kvalitetnu biljnu proizvodnju jest upravo kvaliteta tla. Jedna od najvažnijih činjenica vezana uz tlo je da je ono ne obnovljivo i da je sklono degradaciji ukoliko se ne vodi računa o svim fazama u samom tlu. Temeljne komponente tla su njegova čvrsta faza, zatim tekuća te plinovita faza (Škorić, 1990.)

Prema Lončariću (2014.) plodnost tla možemo prilično jednostavno definirati kao svojstvo tla da omogući sintezu određene količine organske tvari neke biljne vrste na specifičnome staništu. Smatra se da ovakva vrsta definicije odgovara sinonimu za efektivnu plodnost ili tako zvanu produktivnost staništa. Glavni razlog nalazi se u upotrebi tla za poljoprivrednu proizvodnju odnosno produkciji organske tvari što također ne isključuje niti sposobnost tla da biljci u kontinuitetu osigurava optimalnu dozu hraniva, vode, kisika i topline.

Najskuplji i najvažniji zahvat u optimalizaciji plodnosti tla jest gnojidba te se veliki značaj stavlja se na racionalnu gnojidbu i primjenu onih gnojiva koji daju najbolje rezultate. Ukoliko govorimo o gnojidbi kao zahvatu u tlo kojim unosimo one elemente koji su biljci neophodni, potrebno je poznavati točnu količinu hraniva u tlu koja je dostupna biljkama kao i onu količinu hraniva koja je određenoj biljnoj vrsti neophodna da bi se fiziološki procesi u biljci odvijali normalnim tokom. Kada govorimo o povećanju prinosa zahvatom gnojidbe uvijek se veliki značaj stavlja na element dušika u tlu. Dušik je jedan od najvažnijih elemenata koji je biljci neophodan. Njegova važnost proizlazi iz činjenice da je on sastavni dio proteina, nukleinskih kiselina, fotosintetskih elemenata, amina, amida, itd. Iako porijeklo dušika seže iz same atmosfere gdje ga ima 78,1 % volumno ili 75,51 % po masi, biljka ga usvaja isključivo u mineralnom obliku i spada u grupu mineralnih elemenata.(Vukadinović, Vukadinović, 2011.) Zbog činjenice da dušik iz mineralnog oblika ima tendenciju prelaska u plinoviti oblik, gubitci tijekom procesa gnojidbe mogu biti veliki problem. Proces gubitka dušika odnosno njegovog prelaska iz biljci pristupačnog oblika u plinoviti oblik se naziva volatizacija. Pošto je volatizacija dušika veliki problem suvremenom gnojidbom nastoji se bilancu dušika dovesti do 0, odnosno zadovoljiti točnu količinu dušika koji je fiziološki potreban biljci u tom trenutku bez da se dodaju dodatne količine koje se mogu izgubiti. Dodatne količine dušika ne dolaze u obzir iz više razloga: sama proizvodnja dušičnih gnojiva je vrlo zahtjevan i vrlo skup proces, gubitci dušika volatizacijom zagađuju okoliš i podzemne vode, spojevi dušika ukoliko dođu u kontakt sa

kiselom sredinom kao što je želudac stvaraju nitrozamine koji su vrlo kancerogeni spojevi, ukoliko se u gnojdbi pretjera sa količinom dušika takve biljne vrste postaju podložnije bolestima i štetnicima i slično. Kruženje dušika u prirodi započinje iz atmosfere koja je izvor, a transformaciju u tlu obavljaju mikroorganizmi u procesu fiksacije dušika. Dušik u tlu dospjeva u tlo i gnojidbom ili nastajanjem nitrata prilikom električnih pražnjenja u atmosferi. Iz svega do sada navedenog proizlazi zaključak da je prije pristupanja gnojdbi potrebno provesti određena terenska istraživanja i napraviti detaljnu analizu tla da bih znali kakvo je stanje toga tla te da bi ga adekvatno mogli pripremiti za biljnu vrstu koju ćemo uzgajati.



Slika 1.1. Kruženje dušika u agrosferi

(Izvor: [https://bib.irb.hr/datoteka/699360.Handbook\\_01\\_Internet.pdf](https://bib.irb.hr/datoteka/699360.Handbook_01_Internet.pdf) )

Dušična gnojiva dijele se na:

- amonijska (amonijske soli),
- nitratna (kalcijeve, natrijeve i dr. soli nitratne kiseline),
- amonijskonitratna i
- amidna gnojiva.

Vapnenasto amonijev nitrat jest amonijev nitrat pomiješan s  $\text{CaCO}_3$  ili dolomitom sadrži 27 % N , 4,5-5,5 % MgO, 6,5-8,5 % CaO. Ovo gnojivo se najčešće koristi za prihranu i fiziološki je gotovo neutralno. kompleksno, dušično - sumporno, granulirano gnojivo koje sadrži nitratni oblik dušika koji je odmah dostupan mladim biljkama, dok se amonijski postupno oslobađa i dostupan je duži period tijekom rasta poljoprivrednih kultura, sumpor je lako topiv u vodi i mladoj biljci je odmah dostupan za početni rast i razvoj, posebice ga zahtijevaju poljoprivredne kulture koje se uzgajaju radi povećanog sadržaja proteina, ulja, šećera i škroba, brzo se otapa kod niske vlage zbog čega nema opasnosti od hlapljenja te se može primijeniti u hladnim i sušnim vremenskim uvjetima. Također ima bolja fizikalna svojstva od čistog amonij nitrata i mora sadržavati minimalno 20 % dušika. Nije kiselotvorno gnojivo i zakiseljavanje je neutralizirano kationima Ca i Mg prisutnim u vapnenasto amonijevom nitratu. Kao takvo gnojivo smanjuje kiselu reakciju tla, dodaje u tlo tako zvane kondicionere i u konačnici povećava pufernu sposobnost tla što dovodi do smanjenja stresa u tlu i biljci. Dovodi u tlo nitratni oblik koji odmah može nadoknaditi zaostatke dušika i amonijski oblik koji ne samo da služi kao rezerva u tlu nego i pospiješuje mineralizaciju organske tvari i osigurava ne smetani rad mikroorganizama bez bojazni od pojave dušične depresije.

Amonijev sulfat je gnojivo koje ima niske koncentracije dušika i izrazite fiziološke kiselosti. U obliku kristala ili granulirano s najmanje 21 % N (čisti amonij-sulfat sadrži 21,2 % N i 27,5 % S), malo je higroskopno i može potjecati kao nusproizvod iz koksnog plina ili je sintetiziran što u konačnici zahtjeva veliku količinu energije jer nastaje Haber-Bosch postupkom i reakcijom amonijaka sa sulfatnom kiselinom ili reakcijom amonijevog karbonata. Dobrih je fizikalnih svojstava i brzodjelujuće gnojivo koje nije podložno ispiranju jer se  $\text{NH}_4^+$  adsorbira na koloidnu frakciju tla supstituirajući  $\text{Ca}^{2+}$ . Na alkalnim tlima pospiješuje usvajanje fosfora i mikroelemenata te se zbog toga i primjenjuje samo na alkalnim tlima. Također je potpuno topljiv u vodi i koristi se uglavnom za prihranu.

Amonijev sulfonitrat je smjesa amonijevog nitrata i amonijevog sulfata koja sadrži 26 % N kao i 12,1 % S. Vodotopivo kristalizirano ili granulirano gnojivo koje ima dobra fizikalna i kemijska svojstva i manje je higroskopno nego amonij nitrat. Kiselotvorni rezidualni efekt amonijevog sulfata je dodatkom amonijevog nitrata prepolovljen. Pogodan za predsjetvenu i startnu primjenu te za prihranu, a nastaje na dva načina. Prvi način je kristalizacijom iz mješavine zasićenih otopina dvostrukih soli amonijevog sulfata i amonijevog nitrata, a drugi način jest neutralizacijom smjese nitratne i sulfatne kiseline amonijakom.

Urea sadrži 46 % N i kao takva je najkoncentriranije kruto dušično gnojivo koje ne sadrži punilo. Također se smatra fiziološki slabo kiselim gnojivom i visoko koncentriranim. Primjenjuje se kao osnovno gnojivo pod brazdu uneseno plitko u tlo. Dobrih je skladišnih svojstava i smatra se sporodjelujućim gnojivom, nije elektrolit stoga niti ne disocira i kada se primjenjuje folijarno njena otopina ima manju osmotsku vrijednost pa se može koristiti u višim koncentracijama. Prva reakcija u tlu je slabo alkalna jer uz vodu prelazi u amonij-karbamat, ali se uz odgovarajuću vlažnost, temperaturu i kisik za nekoliko dana transformira do nitrata što rezultira slabim prolaznim zakiseljavanjem te se zbog toga smatra slabo kiselotvornim gnojivom. Ukoliko se ne aplicira na adekvatan način može dovesti do ne željenih posljedica kao što su stvaranje fitotoksičnih rezidua po biljku, stvaranje opekotina ukoliko se primjenjuje za vrijeme visoke temperature kao i kod niskih temperatura, itd.

### **1.1. Cilj istraživanja**

Cilj istraživanja je vegetacijskim gnojidbenim pokusom utvrditi utjecaj izbora mineralnog gnojiva na raspoloživost hraniva i plodnost tla. Hipoteza je planiranih istraživanja da izbor dušičnih mineralnih gnojiva značajno utječe na osnovna agrokemijska svojstva tla te raspoloživost makro i mikro hraniva u karbonatnom tlu.



## 2. PREGLED LITERATURE

Jabuka (lat. *Malus domestica*) je voćna vrsta prema kojoj se određuju trendovi voćarstva u Republici Hrvatskoj. Prema klasifikaciji pripada odjeljku kritosjemenjača (lat. *Magnoliophyta*), klasi dvosupnica (lat. *Dicotyledones*), redu ruža ( lat. *Rosales*), porodici ruža (lat. *Rosaceae*) i potporodici jezgričavog voća (lat. *Pomoideae*). Jabuka ima velike zahtjeve prema vodi u tlu i prema vlažnosti zraka što ju čini biljkom humidnih područja. Tijekom vegetacije zahtjeva do 800 mm oborina, a godišnje i preko 1000 mm. Nasadi bi se trebali podizati na tlima dubine veće od 80 cm, dobre propusnosti, lake do umjereno teške teksture sa pH vrijednosti od 6.5 do 7.5. C (Miljković, I. 1991.).

Krpina i sur. (2004.) ističu obilježja klime koja su najpogodnija za uzgoj jabuka, a ona su: srednja godišnja temperatura zraka između 8 – 12°C, prosjek temperature zraka u vegetaciji između 14,5 – 19,5°C. Jabuka se ističe kao voćka koja podnosi vrlo niske temperature zraka od -25 do -28°C za vrijeme dubokog zimskog mirovanja te vrlo visoke temperature koje mogu dosegnuti i do 35°C bez težih posljedica za posađena stabla voćki. Vrlo bitna je i relativna vlaga u zraku koja je sredinom kolovoza vrlo visoka i ne odgovara joj, dok je umjerena relativna vlaga zraka tijekom ljeta do 60% odgovarajuća za stabla jabuke. Kada se govori o tlu koje je pogodno za uspješnu i bogatu berbu jabuka, kao i mnogobrojne voćne vrste, jabuka voli duboko tlo s obiljem humusa i mineralnih tvari te dobar poljski vodni kapacitet. Stablu jabuke pogoduju tla blagokiselih reakcija s do 5% fiziološkog aktivnog vapna. Autori ističu kako je vrlo malo terena namijenjenih za sadnju jabuke koji su okarakterizirani idealnim uvjetima povoljne klime i položaja.

Gnojidbu ili fertilizaciju definiramo kao agrotehničku mjeru aplikacije gnojiva s ciljem postizanja visokog prinosa. Također ona utječe na visinu i kvalitetu prinosa promjenama količina, odnosa i dinamike raspoloživih biljnih hraniva te na stabilnost prinosa i plodnost tla (Lončarić i Karalić, 2015.). Od iznimnog značaja je da se sve agrotehničke mjere usmjere prema realizaciji osnovnih principa održavanja plodnosti tala koji su neophodni preduvjeti optimizacije gnojidbe (Lončarić i Karalić, 2015.) Autori navode slijedeća četiri preduvijeta koji su neophodni:

1. održavanje optimalne vlažnosti tla (obradom tla, navodnjavanjem, odvodnjavanjem, održavanjem humoznosti)
2. održavanje optimalne pH reakcije tla (kalcizacijom, gnojidbom)

3. održavanje optimalne humoznosti tla (gospodarenjem organskom tvari, zaoravanjem žetvenih ostataka, zelenom gnojdbom, gnojdbom organskim gnojivima)
4. optimalna obrada tla (značajna je za održavanje strukturnosti tala, optimalnih vodozračnih odnosa i optimizaciju uvjeta za rast korijena).

Dušik ima istaknutu ulogu kod izražavanja potencijalnog uroda voća. Sam proces unosa dušika u voćke karakterizira se kao ciklički koji je najviše vezan uz proljetno razdoblje od sredine travnja pa sve do sredinje lipnja. Ovisno o lokaciji i samom tlu u takvom procesu zbog prirodno niske mineralitacije može doći do deficita dušika gdje se takva vrsta deficita odmah rješava upotrebom dušičnih gnojiva (Stajanko 2016.) .

Ono što je od izuzetno velike važnosti kada govorimo o gnojdbi dušika jest poštivanje pravilnika i propisanih normi pa stoga prema „Pravilniku o dobroj poljoprivrednoj praksi u korištenju gnojiva“ pod pojmom »*Gnojivo*« smatraju se tvari čija je glavna namjena ishrana bilja NN 56/2008 (19.5.2008.). Također isti pravilnik navodi:

(1) Gnojiva se koriste na način da se ostvare osnovni ciljevi gnojidbe:

- postizanje stabilnog, visokog i isplativog prinosa dobre kakvoće,
- optimizacija opskrbe usjeva hranjivima,
- održavanje ili popravljavanje plodnosti tla,
- zaštita okoliša.

(2) Ciljevi iz stavka 1. ovoga članka podrazumijevaju vrstu, količinu i oblik biljnih hranjiva te način i vrijeme korištenja koji osiguravaju:

- najveću iskoristivost dodanih hranjiva,
- najmanji gubitak hranjiva,
- najmanji prijenos hranjiva u vode.

Gnojiva se koriste u skladu s potrebama biljaka za hranjivima pri čemu se uzima u obzir:

- bilanciranje unesenih hranjiva (mineralna i organska gnojdba, žetveni ostaci, navodnjavanje) i hranjiva iznesenih iz tla (odnošenje hranjiva ostvarenim prinosom, procjena gubitaka hranjiva ispiranjem, isparavanjem, denitrifikacijom) na temelju početne analize tla i tehnoloških postupaka tijekom proizvodnje,
- očekivana razina proizvodnje i kakvoća prinosa,

- raspoloživa količina hranjiva u tlu i dodatne količine biljkama dostupnih hranjiva za koja predviđamo da će nastati u tijeku rasta usjeva, ovisno o uvjetima rasta usjeva, tipu tla, podneblju u kojem se usjev uzgaja,
- pH vrijednost tla, količina humusa u tlu i tekstura tla, kako s gledišta povećanja pristupačnosti hranjiva, tako i s gledišta smanjenog gubitka hranjiva ispiranjem,
- direktan utjecaj gnojidbe i indirektan utjecaj mjera popravke tla na raspoloživost sekundarnih hranjiva: kalcij (Ca), magnezij (Mg), sumpor (S), mikrohranjiva: bor (B), klor (Cl), bakar (Cu), željezo (Fe), mangan (Mn), molibden (Mo), nikal (Ni), cink (Zn), a posebice teških metala,
- uvjeti proizvodnje koji utječu na dostupnost hranjiva, posebno poljoprivredna kultura, pred usjev, obrada tla i navodnjavanje,
- rezultati lokalnih i regionalnih poljskih pokusa.

Lončarić i sur. (2014.) navode kako je pravilnikom određena najveća moguća količina dušika iz organskih gnojiva koju je godišnje dopušteno aplicirati . U početnome 4-godišnjem razdoblju najveća dopuštena količina unosa dušika iz organskih gnojiva iznosi 210 kg/ha na godinu, nakon čega nastupa trajno ograničenje od 170 kg/ha. Naime, s ciljem da u tlo ne unesemo više od 170 kg/ha N u obliku organskih gnojiva, maksimalne količine stajskih gnojiva koje smijemo godišnje aplicirati jesu približno 35 t/ha goveđega stajskog gnojiva, 30 t/ha konjskoga ili svinjskoga, 20 t/ha ovčjega, 10 t/ha kokošnjega i samo 7 t/ha suhoga kokošnjega gnojiva bez stelje. Također, aplikacija goveđe gnojovke ograničena je na 42, a svinjske gnojovke na 34 m<sup>3</sup> /ha.

Dušična gnojiva se često primjenjuju u najvećim količinama na poljoprivrednim površinama jer kao najprinosotvornije biljno hranjivo, a sve u svezi postizanja optimalnih prinosa. Metabolizam biljke sakuplja dušik te ga ugrađuje tijekom cijele vegetacije u organsku tvar.

Opskrbljenost biljaka potrebnim količinama dušika ima izuzetan značaj u tvorbi prinosa i njegove kakvoće (Vukadinović i Lončarić, 1999.).

Vrijednost pH tla u značajnoj mjeri određuju izbor biljne vrste koja će se uzgajati. Pri podizanju višegodišnjih nasada (voćnjaka i vinograda) pH reakcija ima odlučujuću ulogu: u prvom redu velika su ulaganja u ovakvu proizvodnju te izbor biljne vrste mora biti

opravdavajući, a s druge strane pojedine kulture su izrazito osjetljive na određenu pH vrijednost.

Gregić (2017.) ističe kako promjene raspoloživosti hraniva u alkalnim tlima obuhvaćaju sljedeće promjene:

- 1) smanjena raspoloživost fosfora uslijed kemijske fiksacije slobodnim ionima Ca
- 2) smanjena raspoloživost mikroelemenata (osim Mo) i povećana mogućnost kloroza uslijed njihovog nedostatka
- 3) povećan antagonizam Ca i Mg prema K
- 4) povećani gubitci dušika volatilizacijom
- 5) intenzivnija mineralizacija.

Za rast biljnih vrsta potrebno je da se pH vrijednost tla nalazi u rasponu između 4 i 8 dok se optimalna pH vrijednost tla za uspješan rast i razvoj većine biljnih vrsta kreće između 5 i 6. Na duljinu korjena biljke, njegovu brojnost i anatomsku građu korijenovih dlačica kao i na niz problema koji nastaju prilikom raspoloživosti hraniva, najviše utječu nepovoljne vrijednosti pH reakcije tla (Vukadinović i sur., 2014.).

Prema navodima Bertić (2017.) pojedine biljne vrste normalno se razvijaju samo pri određenoj pH vrijednosti što je rezultat njihove adaptiranosti na određene uvjete okoline. Tolerantnost biljaka na promjenu pH vrijednosti u velikoj mjeri zavisi od porijekla ovog abiotskog čimbenika. Vrijednost pH tla u značajnoj mjeri određuju izbor biljne vrste koja će se uzgajati. Pri podizanju višegodišnjih nasada (voćnjaka i vinograda) pH reakcija najviše utjeće na izbor kulture koja će se uzgajati. U prvom redu zbog velikih ulaganja u ovakvu vrstu proizvodnje zbog čega izbor biljne vrste mora biti opravdavajući, a s druge strane pojedine kulture su izrazito osjetljive na određenu pH vrijednost.

Kastori i Milošević (2011.) navode kako više biljke znatno lošije podnose povećanu alkalnost tla svojstvenu aridnim uvjetima u kojima nema ispiranja baza s adsorpcijskog kompleksa tla.

Pri visokoj pH vrijednosti tla, prema Jug i sur. (2013.), posebice uz prisustvo karbonata, kod kukuruza i vinove loze dolazi do debalansa hraniva što se manifestira pojavom kloroze. Na visoki pH su naročito osjetljivi citrusi (Pestana i sur., 2003.), dok prisustvo aktivnog vapna uzrokuje pojavu željezne kloroze kod kruške (Miljković, 2005.)

### 3. MATERIJAL I METODE

#### 3.1. Terenska istraživanja

Vegetacijski pokus nalazi se na području Osječko- baranjske županije na lokaciji Kneževi Vinogradi (slika 3.1.). Pokus je postavljen u tijeku 2018.godine na karbonatnom tlu koje je pod trajnim nasadom jabuka. Vegetacijski pokus postavljen je s ciljem optimizacije gnojidbe, a prije postavljanja pokusa provedene su pedokemijske i pedofizikalne analize tla radi utvrđivanja početnog stanja tla. Nasad jabuka posađen je na razmak u redu od 3,0 m i razmak između reda od 0,8 m (Slika 3.2.).



Slika 3.1. Ortofoto snimak lokaliteta pokus (Izvor: ARKOD)



Slika 3.2. Gnojidbeni vegetacijski pokus – nasad 2018. godine

Shema gnojidbe obuhvaća 4 kombinacija mineralne gnojidbe uz kontrolni tretman. Gnojidba fosforom i kalijem je primjerena razini opskrbljenosti tla fosforom i kalijem i ista je za cijeli fertilizacijski pokus. Gnojidbeni tretmani razlikovali su se u obliku dušičnog gnojiva kako slijedi:

1. KONTROLA (C)
2. KALCIJEV AMONIJ NITRAT (KAN)
3. AMONIJEV SULFAT (AS)
4. AMONIJEV SULFONITRAT (ASN)
5. UREA (U)

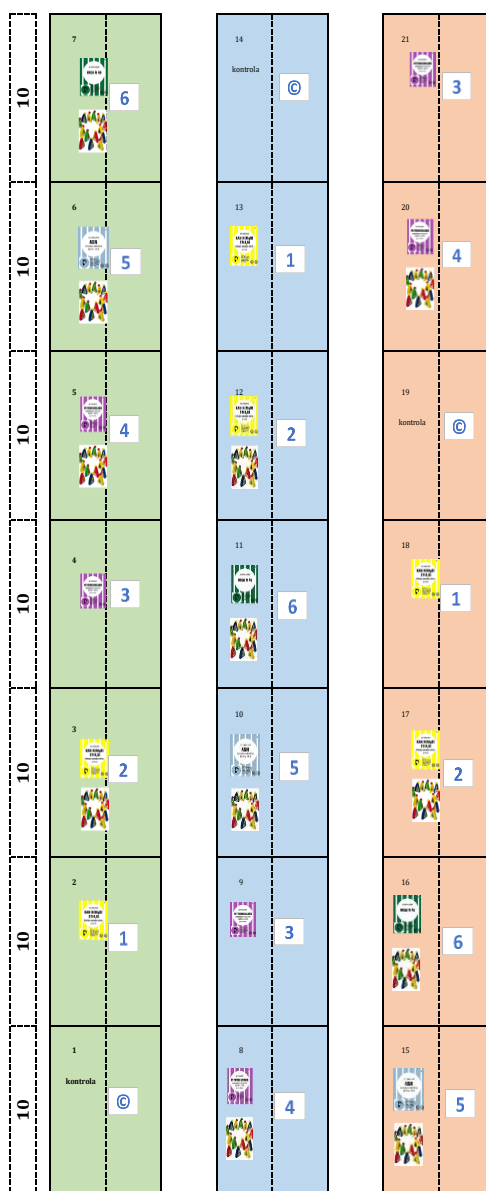
Gnojidbeni tretmani su određeni na temelju rezultata analize tla, vrste i starosti nasada, planiranog načina uzgoja i opterećenja. Gnojidbeni tretmani su postavljeni u tri (3) ponavljanja (slika 3.1.).

Tablica 3.1. Vrste i količine hraniva po pokusnim tretmanima

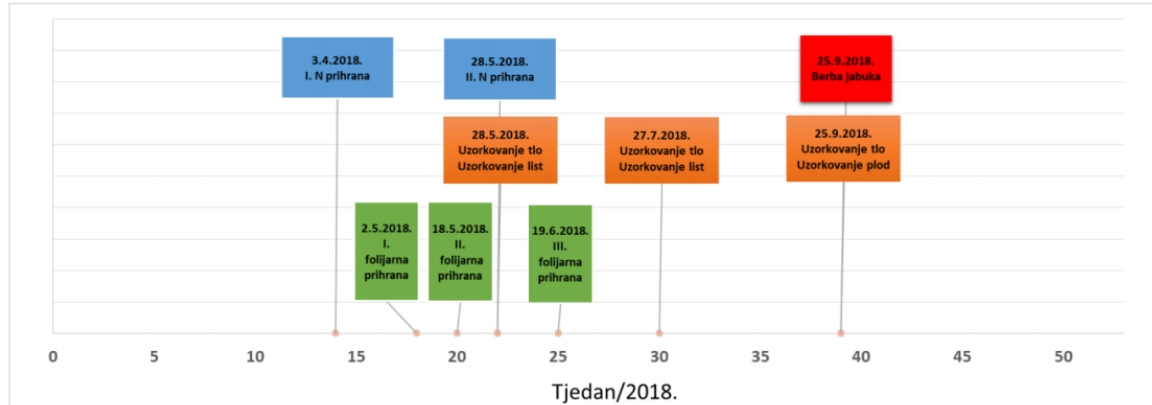
Tretman	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O
<b>KONTROLA</b>	20	60	90
<b>KALCIJEV AMONIJ NITRAT</b>	100	60	90
<b>AMONIJEV SULFAT</b>	100	60	90
<b>AMONIJEV SULFONITRAT</b>	100	60	90
<b>UREA</b>	100	60	90

Tablica 3.2. Vrste i količine gnojiva, te dodane količine po pokusnim tretmanima

Tretman	Osnovna gnojidba	Prva prihrana	Druga prihrana
	(7-20-30)	kg/ha	
KONTROLA	300	-	-
KALCIJEV AMONIJ NITRAT	300	195	97,5
AMONIJEV SULFAT	300	250	126
AMONIJEV SULFONITRAT	300	202	102
UREA	300	114,5	57



Slika 3.3. Shema gnojidbenih tretmana



Slika 3.4.. Hodogram aktivnosti za 2018.godinu

### 3.2. Laboratorijska istraživanja

Uzorci uzeti na dubini od 0 do 30 cm i od 30 do 60 cm koji su pomnim biranjem podvrgnuti su laboratorijskim analizama radi utvrđivanja osnovnih kemijskih svojstava tla. Osnovna kemijska svojstva koja su utvrđivana na uzorcima su slijedeća: pH tla (HRN ISO10390:2005.), sadržaj humusa u tlu (HRN ISO14235:1994), koncentracija AL-pristupačnog fosfora i kalija (Egner i sur., 1960.);te ovisno o rezultatima supstitucijske kiselosti određivanje sadržaja karbonata u tlu (HRN ISO10693:2004), odnosno hidrolitske kiselosti. Na uzorcima tla osim osnovnih agrokemijskih analiza, provedene su dodatne fizikalne analize svojstava kao što su : određivanje higroskopne vlage tla te teksturni sastav tla određen ISO metodom (HRN ISO 11277:2004).

#### 3.2.1. Osnovne kemijske analize uzoraka tla

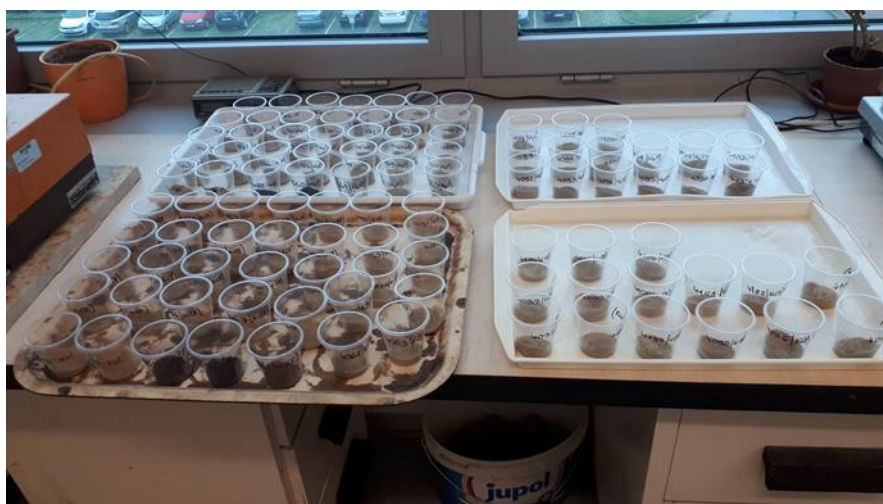
##### Određivanje pH reakcije tla

Sam pojam reakcija tla koja je izražena kao pH vrijednost pokazatelj je niza agrokemijskih svojstava tla važnih za ishranu bilja. Dok jedinica pH vrijednosti predstavlja negativan logaritam aktiviteta H<sup>+</sup> iona, te kao jedno od temeljnih svojstava tla kontrolira kemijska, biološka i fizikalna svojstva tla (Vukadinović i Lončarić, 1998.). Laboratorijska analiza koja se koristila za određivanje pH vrijednosti iz uzoraka tala je elektrometrijski pH metrom (HRN ISO10390:2000.) u suspenziji tla u omjeru 1:2,5. Aktualna kiselost određivala se sa destiliranom vodom dok se supstitucijska ili izmjenjiva kiselost odrađivala u 1 M KCl na pH metru Metrel MA 5750. Za interpretaciju rezultata supstitucijske kiselosti korištene su granične vrijednosti prema Škorić (1982.) prikazane u tablici 3.3.



Tablica 3.3. Granične vrijednosti supstitucijske kiselosti u tlu (Škorić, 1982.)

Interpretacija	Rezultat
jako kisela	< 4,5
kisela	4,5–5,5
slabo kisela	5,5–6,5
neutralna	6,5–7,2
alkalna	>7,2



Slika 3.5.. Pripremljeni uzorci za analizu pH vrijednosti (Izvor: Doris Doljanac)



Slika 3.6. Očitavanje pH vrijednosti (Izvor: Doris Doljanac)

### Određivanje sadržaja organske tvari (humusa) u tlu

Sadržaj humusa u tlu određen je bikromatnom metodom (HRN ISO14235:1994.) koja predstavlja mokro spaljivanje organske tvari tla kalijevim bikromatom. Koncentracija organskog ugljika u uzorcima određena je spektrofotometrijski na spektrofotometru Varian Cary 50, a zatim je preračunata na sadržaj humusa koeficijentom 1,724. Za interpretaciju rezultata sadržaja organske tvari korištene su granične vrijednosti prikazane u tablici 3.4.

Tablica 3.4. Granične vrijednosti sadržaja organske tvari u tlu (Škorić, 1982.)

<b>Interpretacija</b>	<b>Rezultat (%)</b>
<b>vrlo slabo humozno</b>	<1
<b>slabo humozno</b>	1–3
<b>dosta humozno</b>	3–5
<b>jako humozno</b>	5–10
<b>vrlo jako humozno</b>	>10



Slika 3.7. Određivanje organske tvari bikromatnom metodom (Izvor:Doris Doljanac)

### Određivanje biljci pristupačnog fosfora AL metodom

Pristupačni fosfor određen prema AL metodi odnosi se na frakciju topivu u vodi te u slabim kiselinama. Pristupačni fosfor u tlu određen je AL metodom (Egner i sur., 1960) ekstrakcijom tla s amonij laktatom (pH vrijednost ekstraktanta 3,75). Na tehničkoj vagi odvagano je 5 g zrakosuhog tla u plastičnu bocu za izmućkavanje. Potom su odvagani uzorci tla preliveni sa 100 ml AL-otopine. Uzorci su mućkani na rotacijskoj mućkalici 2 sata te profiltrirani. Nakon ekstrakcije koncentracija fosfora u ekstraktu određena je plavom metodom na način da je od bistrog filtrata tla odpipetirano 10 ml u odmjernu tikvicu od 100 ml, dodano je 9 ml 4 mol dm<sup>-3</sup> H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> (213,2 ml konc. H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> /1000 ml) i dopunjeno destiliranom vodom do pola tikvice. Tikvice su zatim zagrijavane na vodenoj kupelji te je dodano 10 ml 1,44 %-tnog amonij molibdata (1,44 g/100 ml) i 2 ml 2,5 %-tne askorbinske kiseline (2,5 g/100 ml). Tikvice su držane još pola sata na vodenoj kupelji radi razvijanja kompleksa plave boje. Paralelno je proveden isti postupak pripreme serije standardnih otopina, ali je umjesto filtrata u odmjerne tikvice pipetirano po 10 ml radnog standarda. Tako priređeni standardi odgovaraju količini od 0,10, 20, 30, 40, 50 i 80 mg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> 100 g<sup>-1</sup> tla. Ohlađene tikvice nadopunjene su do oznake destiliranom vodom. Serija standarda i uzorci mjereni su spektrofotometrijskom tehnikom (Varian Carry 50) na 680 nm. Standardi korišteni za kalibraciju spektrofotometra služe da se pomoću softwera WinLAB izračunava količinu fosfora u uzorcima tla, a izražavaju se kao mg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> 100 g<sup>-1</sup>. Za interpretaciju rezultata pristupačnog fosfora korištene su granične vrijednosti prema Lončarić (2005.) prikazane u tablici 3.5.

Tablica 3.5. Granične vrijednosti sadržaja fosfora (P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>) u tlu određene AL metodom (Vukadinović i Lončarić 1998., Lončarić, 2005.)

Interpretacija	Rezultat (mg 100g <sup>-1</sup> tla)	
	pH>6	pH<6
<b>vrlo niska</b>	<10	<6
<b>niska</b>	10-15	7-10
<b>dobra</b>	16-25	11-16
<b>visoka</b>	26-35	17-25
<b>vrlo visoka</b>	>35	>25



Slika 3.8. Razvijen kompleks plave boje za analizu fosfora (Izvor:Doris Doljanac)

#### Određivanje biljci pristupačnog kalija AL metodom

Pristupačne količine kalija utvrđuju se direktno iz ekstrakta tla emisijom na ASS-u ili na plamenom-fotometru i izražavaju u  $\text{mg K}_2\text{O } 100^{\text{g}^{-1}}$  tla. Za seriju standardnih otopina za kalij koriste se standardne otopine kao i za fosfor, a njihove koncentracije odgovaraju količinama od 0, 1, 5, 10, 20, 30, 40 i 50  $\text{mg K}_2\text{O } 100^{\text{g}^{-1}}$  tla. Raspoloživost kalija u tlu usko je vezana s procesima sorpcije i desorpcije, kao i fiksacije koji se odvijaju unutar tla. Kod interpretacije rezultata za kalij u obzir se uzima mehanički sastav tla jer teža tla imaju tendenciju jačeg fiksiranja K pa tako povećavanjem sadržaja gline u tlu rastu i same granične vrijednosti za kalije što je vidljivo iz tablice 3.6.

Tablica 3.6. Granične vrijednosti kalija (K<sub>2</sub>O) u tlu određene AL metodom (Izvor: Đurđević,2014.)

Kalij mg K <sub>2</sub> O 100g <sup>-1</sup> tla			
Opskrbljenost tla	Tekstura		
	Lako	Srednje	Teško
<b>Vrlo niska</b>	< 8	<12	<15
<b>Niska</b>	8-15	12-19	15-24
<b>Dobra</b>	16-25	20-30	25-35
<b>Visoka</b>	26-35	31-45	36-60
<b>Vrlo visoka</b>	>35	>45	>60



Slika 3.9. Filtracija ekstrakta tla (Izvor:Doris Doljanac)

#### Određivanje sadržaja karbonata u tlu

Sadržaj karbonata u tlu određen je Scheiblerovim kalcimetrom u svim istraživanim uzorcima čije vrijednosti supstitucijske kiselosti prelaze 5,5 pH jedinica. Sadržaj karbonata određen je volumetrijskom metodom (HRN ISO10693:2004.) mjerenjem volumena CO<sub>2</sub> koji se iz karbonata tla razvija djelovanjem 10 %-tne HCl (klorovodične kiseline). Očitani je volumen razvijenog CO<sub>2</sub> na skali graduirane cijevi te je količina CaCO<sub>3</sub> izračunata formulom:

$$\% \text{ CaCO}_3 = (\text{ml CO}_2 * F * 2,274 * 100) / \text{mg tla}$$

Za preračunavanje CO<sub>2</sub> u CaCO<sub>3</sub> u prethodnoj jednadžbi koristi se faktor 2,274, a faktor F je težina 1 ml CO<sub>2</sub> pri temperaturi i tlaku provođenja analize, a iščitava se iz tablice (Lončarić, 2005.). Za interpretaciju rezultata sadržaja karbonata u tlu korištene su granične vrijednosti prema Škorić (1982.) prikazane u tablici 3.7.

Tablica 3.7. Granične vrijednosti sadržaja karbonata u tlu (Škorić, 1982.)

<b>Interpretacija</b>	<b>Rezultat (%)</b>
<b>slabo karbonatna</b>	<8
<b>srednje karbonatna</b>	8-25
<b>jako karbonatna</b>	> 25



Slika 3.10. Volumetrijska metoda određivanja karbonata (Izvor:Doris Doljanac)

#### Određivanje hidrolitske kiselosti tla

Hidrolitska kiselost u tlu određena je u svim istraživanim uzorcima čije vrijednosti supstitucijske kiselosti (pH 1M KCl) ne prelaze 5,5 pH jedinica. Hidrolitska kiselost kao ukupna potencijalna kiselost tla određena je ekstrakcijom 20 g tla sa 50 ml 1 M natrijevim acetatom kao alkalnom hidrolitičkom soli pri čemu dolazi do zamjene kiselih H<sup>+</sup> i Al<sup>3+</sup> iona adsorpcijskog kompleksa tla s alkalnim ionom Na<sup>+</sup> iz acetata (ISO 10693, 1994.). U navedenoj reakciji nastaje octena kiselina, pri čemu je količina kiseline ekvivalentna

količini vodikovih iona na adsorpcijskom kompleksu tla te se utvrđuje titracijom odnosno neutralizacijom nastale kiseline 0,1 M natrijevim hidroksidom. Hidrolitska kiselost izražava se u  $\text{cmol}^{(+)} \text{kg}^{-1}$  nezasićenosti adsorpcijskog kompleksa tla alkalnim ionima. Vrijednost hidrolitičke kiselosti tla koristi se za izračunavanje kapaciteta adsorpcije kationa i stupnja zasićenosti tla alkalijama, te je osobito važna za određivanje potrebe u kalcizaciji.

### 3.2.2. Pedofizikalne analize

#### Higroskopna vlaga tla

Higroskopicitet ili higroskopna vlaga tla predstavlja sposobnost tla da na površini svojih čestica kondenzira vodenu paru iz zraka. Postupak određivanja higroskopne vlage (Škorić, 1965.) izveden je termo gravimetrijskom metodom na način da su staklene posudice s brušenim poklopcem osušene na  $105^{\circ}\text{C}$  do konstantne mase te je zabilježena njihova masa. Zatim je u njih odvagano 10 g zrakosuhog uzorka tla te su nakon toga uzorci stavljeni u električni sušionik, ali s koso položenim poklopcima na posudicama kako bi se omogućilo ne smetan gubitak vlage iz uzorka tla. Sušenje se odvijalo na  $105^{\circ}\text{C}$  u trajanju od 5 sati. te su se uzorci podvrgnuli sušenju u vakum eksikatoru. Vrijednost higroskopne vlage izračunata je prema formuli:

$$H_y(\% \text{ mas.}) = (b - c) / (c - a) \times 100$$

gdje je a masa staklene posudice s poklopcem, b masa staklene posudice s poklopcem i zrakosuhim uzorkom tla, a c masa staklene posudice s poklopcem i apsolutno suhim uzorkom tla.



Slika 3.11. Isušivanje uzoraka ( Izvor:Doris Doljanac)



Slika 3.12. Hlađenje u vakuum eksikatoru (Izvor:Doris Doljanac)

### Granulometrijski sastav tla - tekstura

Kvantitativni odnos pojedinih mehaničkih elemenata predstavlja teksturu odnosno granulometrijski ili mehanički sastav tla. Granulometrijskom analizom tla izdvajamo pojedine skupine (frakcije) mehaničkih elemenata. U istraživanju je primijenjena ISO metoda (HRN ISO 11277:2004), koja se zasniva dijelom na principu prosijavanja, a dijelom na principu sedimentacije u mirnoj vodi. Odvagano je 10g zrakosuhog tla u plastičnu bocu od 500 ml i preliveno s 25 ml 0,4 n otopine  $\text{Na}_4\text{P}_2\text{O}_7 \times 10 \text{H}_2\text{O}$ , promućkano i ostavljeno da stoji preko noći. Sljedeći dan dodano je 250 ml vode i mućkano 6 sati na rotacijskoj mućkalici. Nakon toga se pristupilo određivanju pojedinih frakcija.

### Određivanje frakcije krupnog i sitnog pijeska

Suspenzija tla je nakon mućkanja kvantitativno prenešena u cilindar za sedimentaciju preko garniture sita s otvorima promjera 0,2 i 0,06 mm. Na sitima su ostale dobro isprane čestice pijeska, koje su zatim sa sita prenesene u porculansku zdjelicu, otparene su na vodenoj kupelji, osušene u električnom sušioniku na  $105^\circ\text{C}$  do konstantne mase i odvagane. Postotni udio čestica pijeska izračunavao se prema izrazu:

$$\% \text{ krupnog pijeska (KP)} = \text{masa ostatka na situ (g)} / \text{masa aps.suhog tla (g)} \times 100$$

$$\% \text{ sitnog pijeska (SP)} = \text{masa ostatka na situ (g)} / \text{masa aps.suhog tla (g)} \times 100$$

### Određivanje frakcije praha i gline

Kada je suspenzija tla prenesena preko sita u cilindar za sedimentaciju, ostatak do 1000 ml dopunjen je destiliranom vodom. Zatim je cilindar zatvoren čepom i mućkan 1 minutu uvijek u istom smjeru, kako bi se postigla potpuna homogenizacija suspenzije, tako da se u svakih 10 ml suspenzije nalazi 1/100 uzorka odnosno 0,1g. Potom je cilindar ostavljen da



miruje uz skidanje čepa. Prema Stokesovom zakonu čestice ekvivalentnog promjera 20 μm (prah i glina) pri temperaturi od 20°C put od 10 centimetara taloženjem pređu za 4 minute i 48 sekundi. Po isteku navedenog vremena pipetom je s dubine od 10 cm odpipetirano 10 ml suspenzije. Suspenzija iz pipete prenesena je u porculanski lončić, otparena na vodenoj kupelji, osušena u električnom sušioniku, ohlađena i odvagana. Frakcija praha i gline izračunata je prema izrazu:

$$\% \text{ praha i gline (Pr+G)} = (a - 0,0068) / 0,1 \times 100$$

gdje je a masa čestica (g) u 10 ml suspenzije, a 0,0068g = masa  $\text{Na}_4\text{P}_2\text{O}_7 \times 10 \text{ H}_2\text{O}$  u 10 ml suspenzije.

#### Određivanje frakcije gline

Cilindar sa suspenzijom ostavljen je da miruje te se zatim se nakon 8 sati s dubine 10 cm (odnosno 4 sata s dubine 5 cm) pipetiralo 10 ml suspenzije koja je također otparena, osušena, ohlađena, odvagana te je izračunat sadržaj čestica gline prema izrazu:

$$\% \text{ gline (G)} = (a - 0,0068) / 0,1 \times 100$$

gdje je a masa čestica (g) u 10 ml suspenzije, 0,0068g = masa  $\text{Na}_4\text{P}_2\text{O}_7 \times 10 \text{ H}_2\text{O}$  u 10 ml suspenzije.

#### Određivanje frakcije sitnog praha

Frakcija sitnog praha određena je tako da se od sadržaja (postotka) čestica gline i praha oduzeo sadržaj (postotak) čestica gline prema izrazu:

$$\% \text{ sitnog praha (SPr)} = \% \text{ praha i gline} - \% \text{ gline}$$

#### Određivanje frakcije krupnog praha

Udio čestica krupnog praha izračunat je tako da se od 100% oduzme zbroj udjela ostalih čestica prema izrazu: % krupnog praha (KPr) = 100% – (% krupnog pijeska + % sitnog pijeska + % praha + % gline)

Interpretacija kvantitativnog udjela mehaničkih elemenata obavljena je na temelju američke klasifikacije teksture prema teksturnom trokutu (Soil Survey Staff, 1951.) Slika 3.13.



Slika 3.13. Teksturni trokut ((Soil Survey Staff, 1951.)

### Poroznost tla

Pore u tlu (Škorić, 1982.) predstavljaju slobodne prostore između strukturnih agregata tla i unutar njih, ali i između mehaničkih elemenata kada su tla bestrukturna. Ukupni sadržaj pora u tlu ili ukupna poroznost tla je zbroj svih šupljina tla ispunjenih zrakom i vodom. Sadržaj pora dobiven je računskim putem koristeći vrijednosti volumne gustoće ( $\rho_v$ ) i gustoće čvrste faze tla ( $\rho_{\check{c}}$ ) prema sljedećem izrazu:

$$P = (1 - (\rho_v / \rho_{\check{c}})) \times 100$$

Za interpretaciju rezultata poroznosti tla korištene su granične vrijednosti prema Gračanin (1947.) prikazane u tablici 3.8.


Tablica 3.8. Granične vrijednosti sadržaja pora u tlu (Gračanin, 1947.)

Interpretacija	Rezultat( % vol.)
<b>vrlo porozna</b>	> 60
<b>porozna</b>	60-45
<b>malo porozna</b>	45-30
<b>vrlo malo porozna</b>	< 30

## 4. REZULTATI

### 4.1. Endomorfološka svojstva tla

Na ispitivanom lokalitetu otvaranjem pedološkog profila tla utvrđeno je da navedno tlo pripada klasi antropogenih tala, a da njegov postanak potječe iz klase kambičnih tala. Na istraživanom tlu humusno-akumulativni horizont je pod utjecajem čovjeka izmjenjen u antropogeni i to do 35 cm dubine. Antropogeni horizont leži direktno na kambičnom horizontu koji je debljine 22 cm i nalazi se u rasponu od 35-57 cm. Nakon kambičnog horizonta dolazi matični supstra na dubini od 57-100 cm. Stoga je građa profila P-(B)C- C. Vidljiva je antropogenizacija tijekom cijelog profila tla. Determinacijski znakovi profila dovode do determinacije antropogenog tla voćnjaka iz eutično smeđeg tla na lesu.

Ektomorfologija	Dubina	Horizont	Endomorfologija
	0-35	P	Boja tla: smeđa Tekstura: praškasta ilovača Struktura: graškasta CaCO <sub>3</sub> : ++
	35-57	(B)C	Boja tla: smeđe žuta Tekstura: praškasta ilovača Struktura: sitno mrvičasta CaCO <sub>3</sub> : +++
	57-100	C	Boja tla: žuta Tekstura: praškasta ilovača Struktura: praškasta CaCO <sub>3</sub> : +++

Slika 4.1. Endomorfološka svojstva tla - profil tla ( Izvor: Vladimir Zebec)

Antropogeni horizont koji se nalazi na dubini od 0-35 cm smeđe je boje, praškasto ilovaste teksture i graškaste strukture sa utvrđenom reakcijom na  $\text{CaCO}_3$  jačine ++. Poslije njega slijedi kambični horizont na dubini od 35-57 cm smeđe boje. Praškasto ilovaste teksture te sitno mrvičaste strukture sa utvrđenom reakcijom na  $\text{CaCO}_3$  jačine ++++. Poslijednji utvrđeni horizont jest matični supstrat žute boje, praškasto ilovaste teksture i praškaste strukture sa utvrđenom reakcijom na  $\text{CaCO}_3$  jačine +++.

#### 4.2. Fizikalna i hidropedološka svojstva tla

Laboratorijskim analizama utvrđen je slijedeći sadržaj mehaničkih čestica po horizontima te su prikazani u Tablica 4.1.. Sadržaj krupnog pijeska po horizontima varirao je od antropogenog horizonta gdje je utvrđeno 1,69 %, preko kambičnog gdje je utvrđeno 3,19 % i u konačnici matični supstrat gdje je utvrđeno 4,18 %. Sadržaj sitnog pijeska u antropogenom horizontu iznosio je 1,96 %, kambičnom 2,68 % te matičnom supstratu 3,09 %. Također su utvrđene vrijednosti krupnog i sitnog praha koji u cijelom solumu zauzima više od 70 %. Utvrđeni sadržaj krupnog praha kretao se od 41,82 % u kambičnom horizontu, 42,00 % u antropogenom horizontu te 44,82 % u matičnom supstratu. Sitni prah utvrđen u antropogenom horizontu iznosio je 28,10 %, u kambičnom 33,40 % te u matičnom supstratu 30,39 %. Sadržaj čestica krupnog i sitnog pijeska rastao je padom dubine odnosno povećavao se u smjeru matičnog supstrata, dok sadržaj krupnog i sitnog praha varira s obzirom na vrstu horizonta. Suprotan rast pokazao je sadržaj gline koji je utvrđen na antropogenom horizontu 26,25 %, u kambičnom horizontu 19,19 % te u matičnom supstratu 17,52 % što pokazuje smjer opadanja % gline povećavanjem dubine od matičnog supstrata ka antropogenom horizontu. Najveći sadržaj gline utvrđen u antropogenom horizontu moguća je otežavajuća okolnost za samu ishranu bilja i usvajanje hraniva.

Tablica 4.1. Mehanički sastav tla

Dubina (cm)	Sadržaj mehaničkih čestica (%)				
	Krupni pijesak	Sitni pijesak	Krupni prah	Sitni prah	Glina
0-35	1,69	1,96	42,00	28,10	26,25
35-57	3,19	2,68	41,54	33,40	19,19
57-100	4,18	3,09	44,82	30,39	17,52

S obzirom na utvrđene vrijednosti sadržaja mehaničkih čestica na teksturnom trokutu utvrđena je praškasta ilovača kao tekstrna oznaka. Strukturna stabilnost mikrostrukturnih agregata iznosila je 87,90 % što dovodi do ocjene stabilnih strukturnih agregata.

Tablica 4.2. Teksturna oznaka i stabilnost mikrostrukturnih agregata tla

Dubina (cm)	Teksturna oznaka	Stabilnost mikroagregata	
		Ss	Ocjena
0-35	Praškasta ilovača	87,90	stabilni
35-57	Praškasta ilovača		
57-100	Praškasta ilovača		

Ispitivana pedofizikalna i hidropedološka svojstva tla obuhvatili su slijedeće analize: poroznost tla, retencijski kapacitet tla za vodu, retencijski kapacitet tla za zrak, gustoća tla i gustoća pakovanja. Rezultati pedofizikalnih i hidropedoloških svojstava vidljivi su na tablici 4.3. i 4.4.. Ispitivana volumna gustoća tla iznosila je  $1,55 \text{ g/cm}^3$  u antropogenom horizontu, a u kambičnom horizontu utvrđena volumna gustoća tla iznosila je  $1,36 \text{ g/cm}^3$ . S druge strane utvrđena gustoća čvrste faze u antropogenom horizontu iznosila je  $2,63 \text{ g/cm}^3$ , dok je kambičnom horizontu iznosila  $2,66 \text{ g/cm}^3$ . Uz utvrđivanje gustoće tla utvrđivala se i gustoća pakovanja koja je za antropogeni horizont iznosila  $2,09 \text{ g/cm}^3$ , a za kambični horizont  $1,88 \text{ g/cm}^3$  što je dovelo do zaključka da je ispitivani profil tla jako zbijen u oba ispitivana horizonta. Uz gustoću tla i gustoću pakovanja ide i propusnost tla koja je utvrđena u antropogenom horizontu kao malo porozno tlo i iznosila je 41,24 % vol. Kambični horizont utvrđen je kao porozni i njegova utvrđena poroznost iznosila je 49,03 % vol. Kapacitet tla za vodu je osrednji i iznosi 38,17 % vol u antropogenom horizontu, dok je u kambičnom utvrđeni kapacitet tla za vodu također osrednji i iznosio je 39,40 % vol. U konačnici kapacitet tla za zrak utvrđen u antropogenom horizontu iznosio je 3,07 % vol i ocjenjen je kao vrlo mali, dok je u kambičnom horizontu iznosio 9,63 % vol i ocjenjen je kao osrednji. Prema Škoriću (1986.) porozitet je oko 50 %, vodni kapacitet osrednji (35-40 %), Na istraživanom tlu utvrđeni porozitet u oba horizonta manji je od 50 % i ocjena pogodnosti kreće se od malo poroznog u antropogenom horizontu pa sve do poroznog u kambičnom horizontu. Kapacitet tla za vodu na ispitivanom solumu se zaista kretao u navedenom rasponu od 35- 40 % i ocjenjen je kao osrednji. Utvrđeno tlo je male poroznosti, osrednjeg kapaciteta za vodu, malog kapaciteta za zrak te jako zbijeno i kao

takvo je loših fizikalnih svojstava i predstavlja veliki problem kod ishrane bilja i usvajanja hraniva ukoliko mu se iste osobine ne poprave agrotehničkim mjerama.

Tablica 4.3. Hidropedološka svojstva tla

Dubina	Poroznost tla		Retencijski kapacitet		Retencijski kapacitet	
			tla za vodu (Kv)		tla za zrak (Kz)	
(cm)	% vol	Ocjena	% vol.	Ocjena	% vol.	Ocjena
0-35	41,24	malo porozno	38,17	osrednji	3,07	vrlo mali
35-57	49,03	porozno	39,40	osrednji	9,63	osrednji

Tablica 4.4. Pedofizikalna svojstva tla

Dubina	Gustoća tla		Gustoća pakovanja	
	( $\rho_v$ )	( $\rho_{\check{c}}$ )		
(cm)	( $g/cm^3$ )	( $g/cm^3$ )	( $g/cm^3$ )	Ocjena zbijenosti
0-35	1,55	2,63	2,09	jaka zbijenost
35-57	1,36	2,66	1,88	jaka zbijenost

#### 4.3. Kemijska svojstva tla na pedološkom profilu

Kemijska svojstva koja su se utvrđivala prije tretmana ispitivala su slijedeće elemente: pH u vodi, pH u KCl, sadržaj fosfora, sadržaj kalija, koncentraciju humusa te sadržaj karbonata u tlu. Rezultati dobivenih laboratorijskim analizama vidljivi su na tablici 4.3., 4.4.. Na svim utvrđenim horizontima utvrđena je alkalna reakcija tla s rasponom od 7,38 u oraničnom horizontu do 7,78 pH jedinica utvrđenih na matičnom supstratu (tablica 4.5.). Sadržaj organske tvari (humusa) u oraničnom horizontu iznosio je 1,79 % što ovo tlo svrstava u kategoriju tala siromašnih humusom. Sadržaj organske tvari opada dubinom te je ovo tlo jako siromašno humusom u nižim utvrđenim horizontima (tablica 4.6.). Opskrbljenost tla s pristupačnim  $P_2O_5$  i  $K_2O$  u oraničnom horizontu je siromašna s utvrđenim vrijednostima od 10,33 mg  $P_2O_5/100g$  te 19,68 mg  $K_2O/100g$  tla (tablica 4.6.). Sadržaj karbonata je rastao dubinom te je utvrđen raspon od 3,85% u oraničnom horizontu do 39,37 % na dubini ispod 57 cm, odnosno na dubini matičnog supstrata.

Tablica 4.5. Kemijska svojstva tla – reakcija tla i sadržaj karbonata

Dubina		Reakcija tla (pH)			CaCO <sub>3</sub>
cm	(H <sub>2</sub> O)	(KCl)	Ocjena reakcije	%	
0-35	8,39	7,38	alkalna	3,85	
35-57	8,59	7,63	alkalna	32,1	
57-100	8,70	7,78	alkalna	39,37	

Tablica 4.6. Kemijska svojstva tla – sadržaj humusa i lako pristupačni P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> i K<sub>2</sub>O

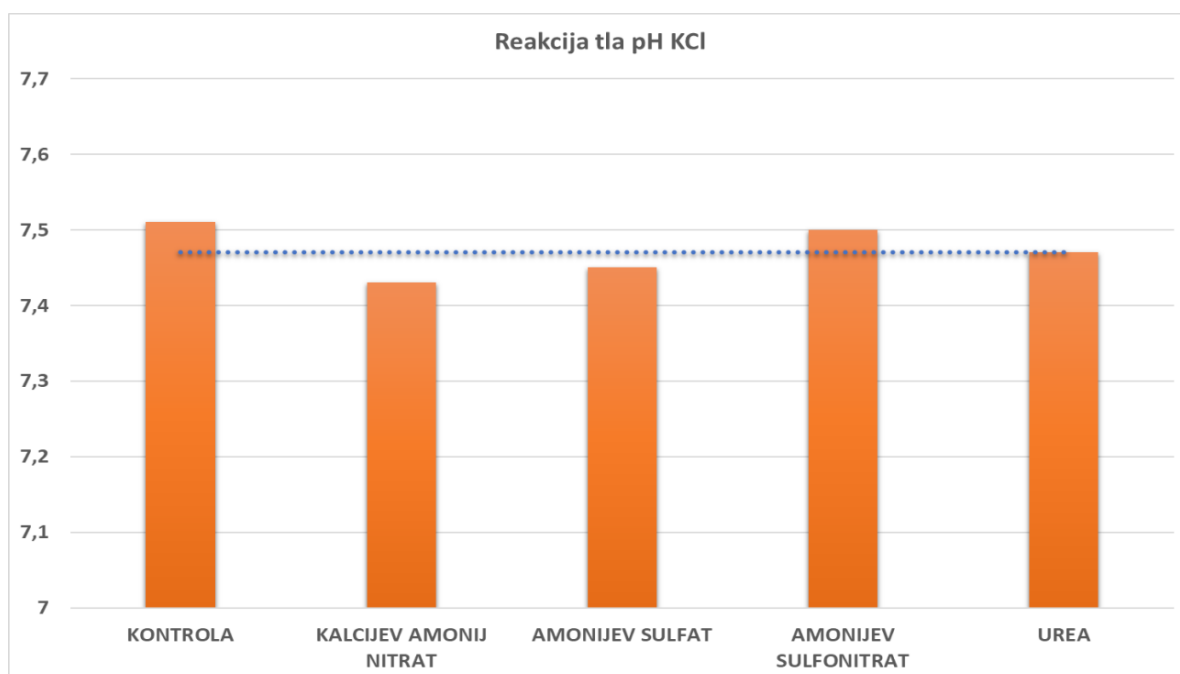
Dubina		P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>		K <sub>2</sub> O		Humus
cm	mg/100g	Ocjena opskrbljenosti	mg/100g	Ocjena opskrbljenosti	%	Ocjena humoznosti
0-35	24,15	dobra	26,38	dobra	1,79	siromašno humusom
35-57	2,76	jako siromašno	8,39	jako siromašno	0,66	jako siromašno humusom
57-100	3,29	jako siromašno	6,26	jako siromašno	0,62	jako siromašno humusom

#### 4.4. Kemijska svojstva oraničnih horizonta tla nakon vegetacije

Nakon vegetacije 2018. godine analizirane su razlike agrokemijskih svojstava oraničnog sloja između pojedinih gnojidbenih tretmana te su rezultati prikazani u grafikonima 4.1 do 4.4.. Prosječna utvrđena vrijednost izmjenjive kiselosti (pH KCl-u) nakon vegetacije iznosila je 7,47 pH jedinica (grafikon 4.1.). Utvrđeni raspon vrijednosti izmjenjive kiselosti tla nakon vegetacije nije imao statistički značajne razlike između tretmana, a kretao se od 7,43 pH jedinice na tretmanu gnojidbe kalcij amonij nitratom do 7,51 pH jedinice na kontrolnom tretmanu (grafikon 4.1.). Utvrđena supstitucijska kiselost tla na tretmanu s

amonijevim sulfatom iznosila je 7,45, na tretmanu amonijevog sulfonitrata 7,5, dok je na tretmanu gnojidbe Ureom utvrđena supstitucijska kiselost od 7,47 pH jedinice (grafikon 4.1.).

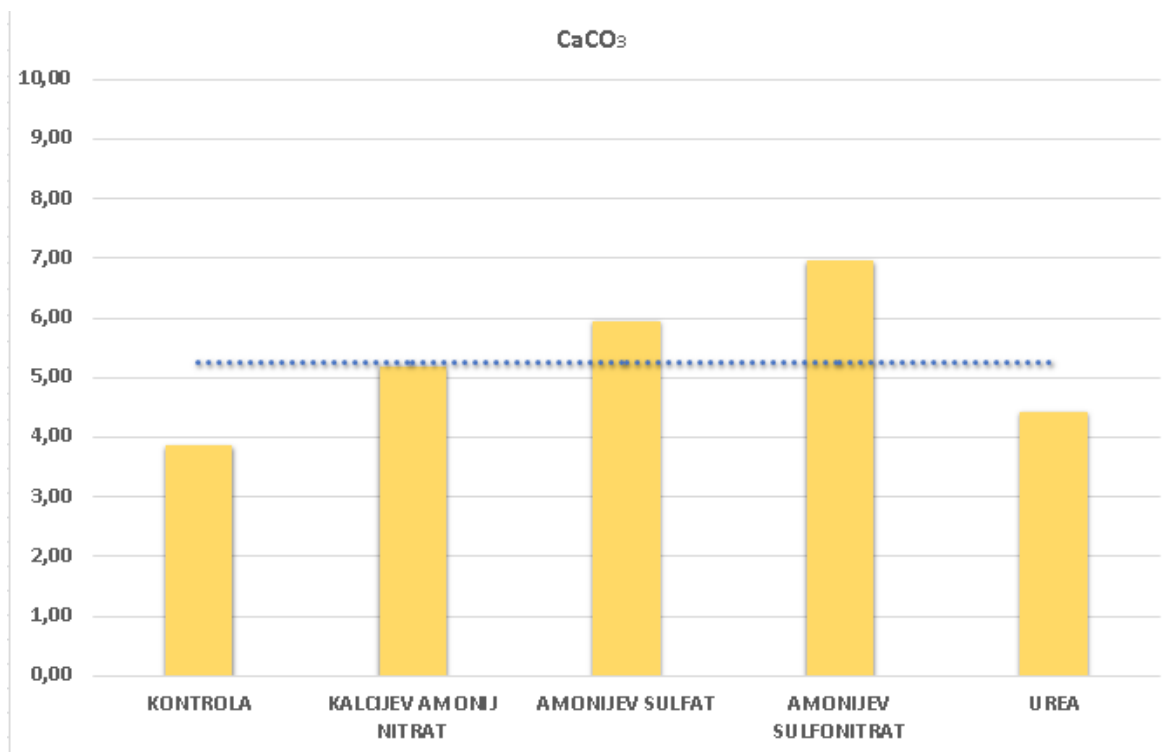
Grafikon 4.1. Reakcija tla - supstitucijska kiselost pH (KCl) na kraju vegetacije ovisno o gnojidbenim tretmanima



Najniža vrijednost sadržaja organske tvari u tlu utvrđena je na tretmanu gnojidbe kalcijevim amonij nitratom (2,02 %), dok je najviša vrijednost utvrđena na tretmanu mineralne gnojidbe amonijevim sulfonitratom (2,15 %), no bez statistički značajnih razlika između tretmana. Gnojidbeni tretmani rezultirali su smanjenjem sadržaja organske tvari tla od 5,6% na tretmanu na kojemu je korišten kalcijev amonij nitrat u odnosu na kontrolni tretman na kojemu je izostavljena dušična gnojidba. Smanjenje sadržaja organske tvari na tretmanu urea iznosila je 4,67 %, na tretmanu s amonijevim sulfatom 2,33 %, dok je blago povećanje od 0,4 % sadržaja organske tvari zabilježeno na tretmanu s amonijevim sulfonitratom u odnosu na kontrolni tretman. Utvrđeni sadržaj organske tvari svih gnojidbenih tretmana iznosio je 2,08 % (grafikon 4.2.).

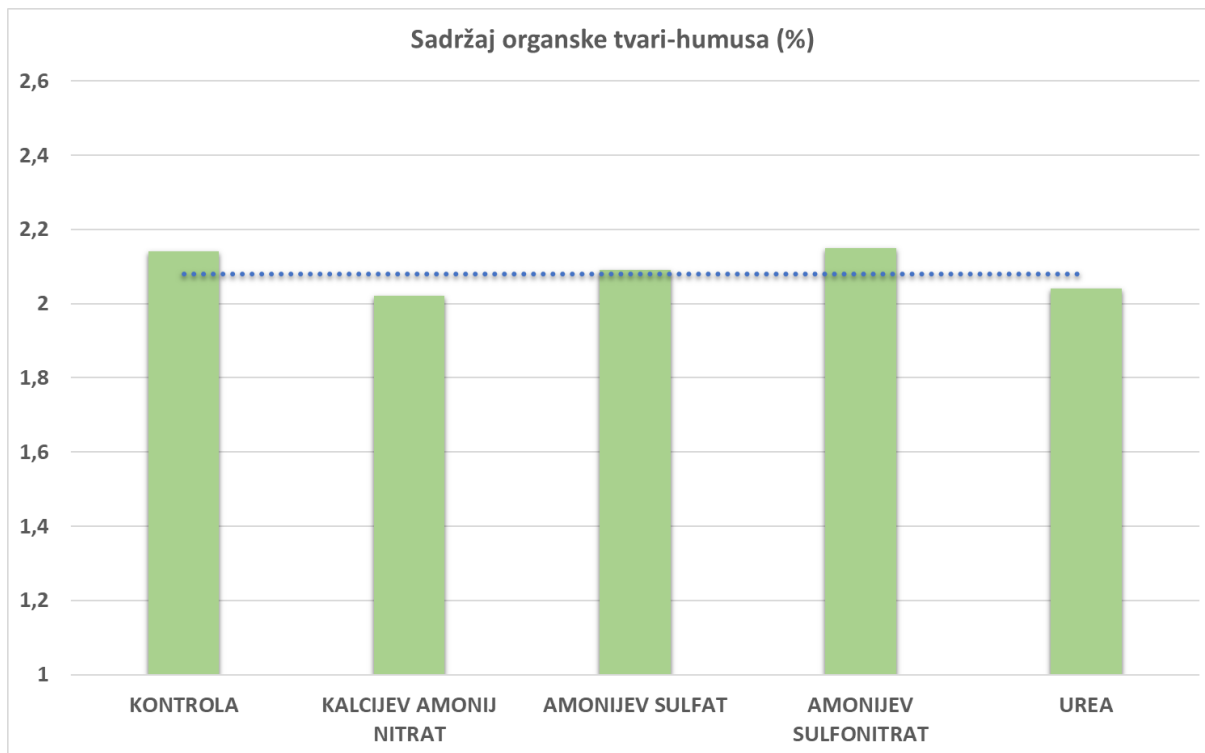


Grafikon 4.2. Vrijednosti sadržaja karbonata(  $\text{CaCO}_3$ ) na kraju vegetacije ovisno o gnojidbenim tretmanima.



Najniža utvrđena vrijednost sadržaja karbonata u tlu utvrđena je na kontrolnom tretmanu (3,85 %), dok je najviša utvrđena vrijednost karbonata u tlu utvrđena na tretmanu sa amonijevim sulfonitratom(6,95 %) no bez statistički značajnih razlika između tretmana. Kod tretmana sa ureom utvrđen je sadržaj karbonata u tlu od 4,43 % dok je na tretmanu sa kalcij amonij nitratom utvrđeni sadržaj karbonata u tlu iznosio 5,19 %. Na tretmanu sa amonij sulfatom sadržaj karbonata u tlu iznosio je 5,95 % što je pored tretmana sa amonijevim sulfonitratom veći utvrđeni sadržaj, ali i dalje bez statistički značajnih razlika između tretmana.

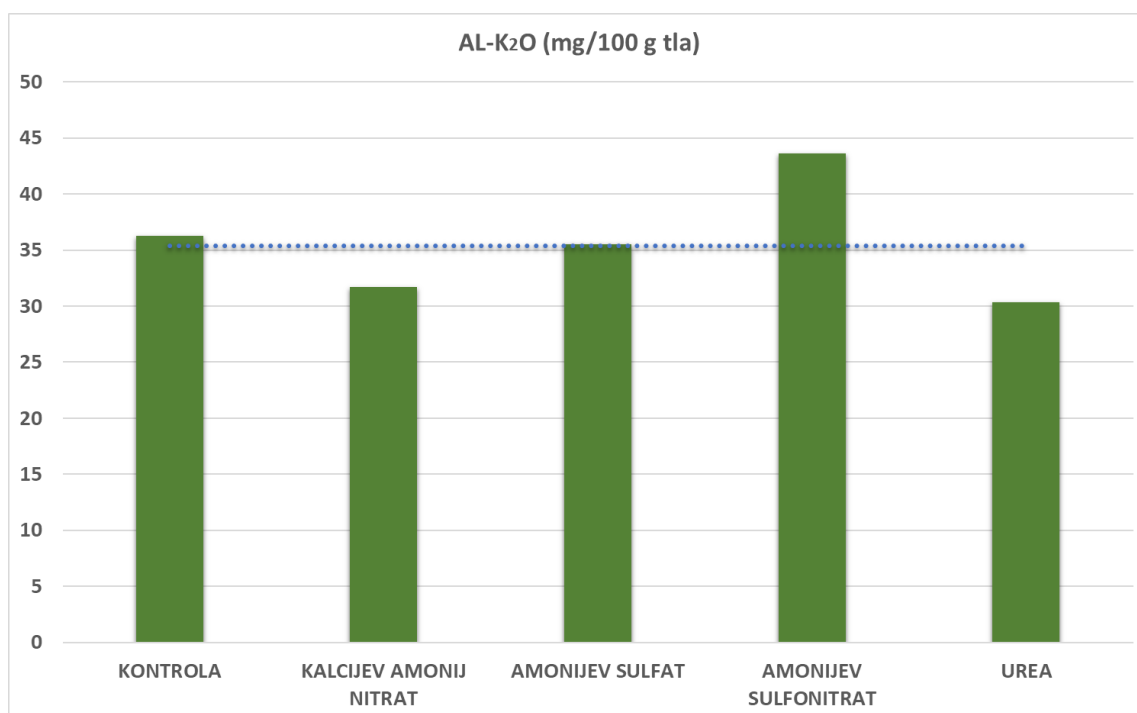
Grafikon 4.3. Vrijednosti organske tvari (humusa) na kraju vegetacije ovisno o gnojidbenim tretmanima



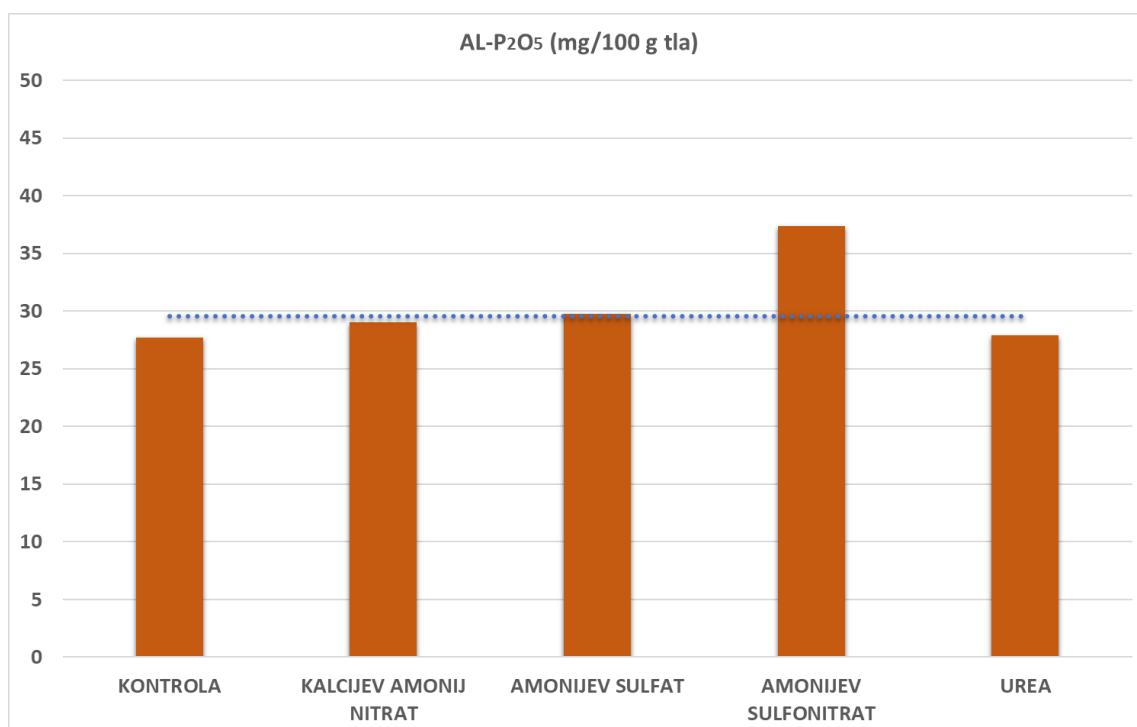
Na gnojidbenom tretmanu amonijevim sulfonitratom utvrđene su najviše vrijednosti biljci pristupačnog kalija s vrijednosti od 43,60 mg/kg  $K_2O$  te je statistički značajno veća vrijednost u odnosu na tretman gnojidbe ureom, dok je statistički značajna razlika s ostalim gnojidbenim tretmanima izostala. Prosječna utvrđena vrijednost biljci pristupačnog kalija na kontrolnom tretmanu iznosila je 36,24 mg/kg  $K_2O$  a utvrđena prosječna vrijednost svih gnojidbenih tretmana iznosi 35,38 mg/kg  $K_2O$ . Prosječna utvrđena vrijednost pristupačnog kalija na tretmanu gnojidbe kalcijevim amonij nitratom iznosi 31,72 mg/kg  $K_2O$ , dok je utvrđena vrijednost za tretman gnojidbe amonijevim sulfatom 35,51 mg/kg  $K_2O$ .

Najviša vrijednost lakopristupačnog fosfora utvrđena je na tretmanu gnojidbe amonijevim sulfonitratom i iznosi 37,37 mg/kg  $P_2O_5$  ali uz izostanak statistički značajne razlike u odnosu na ostale tretmane gnojidbe. Najniža vrijednost lakopristupačnog fosfora utvrđena je pak na kontrolnom tretmanu i iznosi 27,70 mg/kg  $P_2O_5$ , što je neznatno manje u odnosu na gnojidbeni tretman ureom gdje je utvrđeno 27,87 mg/kg  $P_2O_5$ . Utvrđene vrijednosti lakopristupačnog fosfora na gnojidbenim tretmanima kalcijevog amonij nitrata i amonijevog sulfata iznosile su 29,03 te 29,75 mg/kg  $P_2O_5$ .

Grafikon 4.4, Sadržaj kalija ( $K_2O$ ) na kraju vegetacije ovisno o gnojidbenim tretmanima



Grafikon 4.5. Sadržaj fosfora ( $P_2O_5$ ) na kraju vegetacije ovisno o gnojidbenim tretmanima



## 5. RASPRAVA

Determinacijom horizonata u profilu utvrđeno je da pripada antropogenom tlu voćnjaka iz eutično smeđeg tla na lesu. Terestrička antropogena tla karakterizira prisutnost antropogenog (P) horizonta koji nastaje kao posljedica primjene raznih agrotehničkih zahvata čime je zahvaćen površinski i potpovršinski horizont, a nerijetko i matični supstrat (Husnjak, S., 2014.). Determinacija kambičnih tala vezana je uz pojavu kambičnog horizonta, a procesi u cijelom profilu ovakve vrste tala veoma su burni pogotovo kemijsko te biološko trošenje mineralnog dijela. Uslijed takvih procesa dolazi do promjena na strukturi matičnih stijena gdje se kao posljedica javlja oslobađanje oksida željeza koji ostaju na mjestu i daju razne nijane smeđe boje uslijed čega se povećava sadržaj gline uslijed procesa argilosinteze odnosno sinteze glinenih minerala. Radi navedenog oslobađanja željeza i pojave raznih nijansi smeđe boje kombinacija takvih procesa nazvana je braunizacijom i to je jedan od determinacijskih znakova kambičnih tala.

Prema Škoriću (1986.) ako su matični supstrati karbonatni, u solumu eutičnog smeđeg tla karbonata više nema, jer su isprani u obliku bikarbonata, dakle dekarbonatizacija je zahvatila cijeli profil tla. Međutim solum tla je po dubini cijelog soluma pokazao pozitivnu reakciju na sadržaj karbonata što je kasnije i dokazano laboratorijskim analizama i kompletan tip tla je rezultirao kao karbonatan.

Nadalje prema Škoriću (1986.) A horizont je dubine 20-30 cm i postepeno prelazi u (B) horizont, koji je različite debljine – od 30 cm pa do preko 1 metar, a prelaz u C također nije oštar. Ispitivani profil je determiniran kao antropogeni porijeklom iz eutičnog smeđeg tipa tla na lesu pa je stoga i A horizont pretvoren utjecajem čovjeka u antropogeni debljine do 35 cm , prelaz u kambični horizont također nije izražen i debljine je do 57 cm kao i prijelaz u matični supstrat koji također nije izražen i nalazi se do dubine od 100 cm.

Škorić (1986,) navodi kako su po mehaničkom sastavu naša eutična smeđa tla najvećim dijelom ilovasta do glinenasto-ilovasta u A horizontu, a glinasto-ilovasta do ilovasto-glinenasta u (B) horizontu. Isto je dokazano laboratorijskim ispitivanjima na ispitivanom profilu tla. Dalje navodi kako je struktura ovih tala dobra, graškasta do orašasta u A horizontu i orašasta u (B) horizontu, stabilna, uvjetuje dobru prirodnu drenažu i prozračnost po cijeloj dubini, što je utvrđeno i provedenim laboratorijskim analizama na ispitivanom profilu tla.

Reakcija tla je prema Šimeku (2009.) pokazatelj niza agrokemijskih svojstava tla važnih za ishranu bilja, a predstavlja negativan dekadski logaritam koncentracije vodikovih iona. Tla se prema reakciji dijele na: ekstremno kisela s pH manjim od 4, vrlo kisela tla su ona s vrijednošću pH između 4 i 5, umjereno kisela su u području pH 5 do 6, te slabo kisela ona tla s pH vrijednošću od 6 do 7. Alkalnim tlom smatra se tlo s pH vrijednošću iznad 8. Kisela reakcija tla je činitelj koji limitira uzgoj pojedine biljne vrste na određenom tlu, te općenito prijeti dugoročnoj održivosti mnogih agroekoloških sustava. To se očituje neposredno preko toksičnosti povećanih koncentracija kiselih kationa i posredno preko utjecaja na promjenu niza agrokemijskih svojstava tla, naročito preko promjene raspoloživosti biogenih elemenata.

Lončarić i sur. (2008.) su komparacijom ekstraktivnih metoda radi određivanja ukupnih i biljkama pristupačnih mikroelemenata utvrdili utjecaj pH reakcije tla na pristupačnost teških metala. pH reakcija tla je imala vrlo značajan utjecaj na biljkama pristupačnu frakciju u odnosu na ukupan sadržaj mikroelemenata u tlu. Najviša koncentracija pristupačnih mikroelemenata utvrđena je za Fe, zatim Mn, značajno niža za Cu i Zn, a najniža za Ni, pri čemu je odnos pristupačne i ukupne frakcije bio pod snažnim utjecajem pH vrijednosti tla. Analizirani mikroelementi rezultirali su višim koncentracijama biljkama pristupačnih hraniva u kiselim tlima u odnosu na karbonatna tla.

Na procese zakiseljavanja (acidifikacije) tla utječu: genetsko evolucijski stadij razvoja tla (tip tla), klimatski uvjeti, organizmi i čovjek. Kiselu reakciju tla uvjetuju ioni vodika ( $H^+$ ), tla su kisela ako je pH manji od 7. U stabilnim ekosustavima smjer kemijskih procesa u tlu nije uvjetovan aktivnošću organizama, jer su proizvodnja i razgradnja organske tvari ujednačene i nema razlike u koncentraciji oslobođenih i primljenih protona. Proces zakiseljavanja zbiva se na prirodan način ili ga može uzrokovati čovjek svojom aktivnošću. Prirodno zakiseljavanje je geogenog ili pedogenog podrijetla. Geogeno podrijetlo kiselosti tla u svezi je s kiselim matičnim supstratima na kojima se razvijaju kisela tla, dok je kiselost pedogenog podrijetla u svezi s neutralnim i bazičnim stijenama. Međutim, treba istaknuti da je kod tala koja se razvijaju na kiselim stijenama također nazočno stalno daljnje zakiseljavanje tla. Na zakiseljavanje tla, osim matičnog supstrata uvelike utječu i klimatske prilike, odnosno količine oborina. Mogu se izdvojiti tri ključna procesa, koja se zbivaju tijekom zakiseljavanja tla: - dekarbonatizacija, - debazifikacija, - zakiseljavanje ili acidifikacija. Prvotni proces kod karbonatnih tala koja se razvijaju na karbonatnim i silikatno karbonatnim matičnim supstratima je dekarbonatizacija, odnosno ispiranje  $CaCO_3$

u obliku  $\text{Ca}(\text{HCO})_3$ . Ovaj proces zbiva se pod utjecajem  $\text{H}_2\text{O}$  i  $\text{CO}_2$  (ugljične kiseline  $\text{H}_2\text{CO}_3$ ). Dekarbonatizacija je početak zakiseljavanja tla, nakon čega slijedi ispiranje baznih kationa (Ca, Mg, K i dr.) iz koloidnog kompleksa tla (adsorpcijski kompleks). Na mjesto ovih baznih kationa ulaze vodikovi ( $\text{H}^+$ ) ioni pa se na ovakav način tlo zakiseljava. Uzrok antropogenog zakiseljavanja je gnojidba fiziološki kiselim mineralnim gnojivima i organska gnojidba.

Prema Vukadinović (2011.) amonijev sulfat na karbonatnim tlima zbog lokalnog zakiseljavanja pospješuje usvajanje fosfora i mikroelemenata pa daje vrlo dobre rezultate na černozeru i njemu sličnim tlima.

Humus i organska tvar tla u širem smislu izuzetno su značajni za plodnost tala jer predstavljaju stabilnu frakciju organskih koloida. Veća humoznost tala povećava potencijal mineralizacije, elastičnost i puferna svojstva tla, adsorpcijski kompleks tla i raspoloživost hraniva. Potencijal godišnje mineralizacije N u tlima s <1 % humusa kreće se oko 20-25 kg/ha (često i <20 kg/ha), u tlima s 2 % humusa oko 45-55 kg/ha, a u tlima >4 % humusa potencijal je >90 kg/ha. Elastičnost i puferna svojstva tla vrlo su značajni za neutralizaciju nepovoljnih uvjeta u tlu. Slabo humozna tla nemaju elastičnosti i stresni uvjeti izravno štetno utječu na biljku jer ih tlo ne može „amortizirati“. S obzirom na prosječan utvrđeni sadržaj organske tvari na svim gnojidbenim tretmanima vidljivo je kako je nužno povećanje sadržaja humusa koje bi omogućilo vezanje hraniva u izmjenjivom biljci pristupačnom obliku, a spriječilo bi istovremeno ispiranje i fiksaciju hraniva što bi se pozitivno odrazilo u ekološkom smislu.

## **6. ZAKLJUČAK**

Na temelju provedenog istraživanja utjecaja gnojidbe dušikom na kemijska svojstva karbonatnog tla možemo zaključiti kako moderna, visokodohodovna poljoprivredna proizvodnja visoke prinose bazira na optimalnoj agrotehnici, gdje gnojidba zauzima važno mjesto u ostvarivanju visine prinosa. Visoki i stabilni prinosi zahtijevaju konstantnu opskrbu biljaka hranjivim elementima, a tlo predstavlja nezamjenjivi resurs koji biljci osigurava većinu hranjivih tvari. Također, možemo zaključiti kako gnojidba predstavlja najvažniji zahvat u optimalizaciji plodnosti tla te se veliki značaj treba staviti na racionalnu gnojidbu i primjenu gnojiva koja daju najbolje proizvodne rezultate, povoljno utječu na produktivnost tla te istovremeno ne predstavljaju opterećenje za okoliš. Iz utvrđenih rezultata vidljive su minimalne promjene kemijskih svojstava tla ovisno o izboru mineralnog dušičnog gnojiva, no te razlike nisu statistički opravdane te je potrebno nastaviti s istraživanjem kako bi se utvrdili rezultati nakon višegodišnjih istraživanja.

## 7. POPIS LITERATURE

1. Babaja Mateo (2019.): Utjecaj gnojidbe dušikom na prinos i kvalitetu jabuke sorte Jonagold, Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera, Fakultet agrobiotehničkih znanosti Osijek, Osijek. <https://zir.nsk.hr/islandora/object/pfos%3A1943> Datum pristupa: 19.10.2020.
2. Bertić Larisa (2017.): Reakcija biljaka na pH vrijednosti tla, Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku, Poljoprivredni fakultet Osijek. <https://repositorij.fazos.hr/islandora/object/pfos%3A1181/datastream/PDF/view> Datum pristupa: 20.10.2020.
3. Brajković Irena (2018.): Utjecaj gnojidbe različitim vrstama mineralnih gnojiva na zakiseljavanje tala u Osječko-baranjskoj županiji, Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera, Fakultet agrobiotehničkih znanosti, Osijek. <https://repositorij.fazos.hr/islandora/object/pfos%3A1610/datastream/PDF/view> Datum pristupa: 19.10.2020.
4. Brzica K. (1995.): Jabuka, Znanje, Agroznanje, Zagreb
5. Butorac Jasminka, Pospišil Milan, Augustinović Zvezdan(2017.): Utjecaj gnojidbe dušikom na prinos i sastavnice prinosa sjemena nekih sorata predivnog lana, Sjemenarstvo, 30 (1-2), 11-25. <https://hrcak.srce.hr/189393> Datum pristupa: 21.10.2020.
6. Čoga Iepomir, Slunjski Sanja (2018.): Dijagnostika tla u ishrani bilja, Sveučilište u Zagrebu, Agronomski fakultet, Zagreb. [http://www.agr.unizg.hr/multimedia/ebooks/dijagnostika\\_tla\\_u\\_ishrani\\_bilja-prirucnik\\_2018.pdf](http://www.agr.unizg.hr/multimedia/ebooks/dijagnostika_tla_u_ishrani_bilja-prirucnik_2018.pdf) Datum pristupa: 22.10.2020.
7. Čosić i sur. (2006.): Utjecaj gnojidbe dušikom na prirod jabuka *Golden Delicious*, Zbornik radova x.kongresa Hrvatskog tloznanstvenog društva s međunarodnim sudjelovanjem Uloge tla u okolišu, Zagreb, 120-121. <https://www.bib.irb.hr/471412> Datum pristupa: 24.10.2020.
8. Đurđević B.(2014.): Praktikum iz ishrane bilja, Poljoprivredni fakultet Osijek, Osijek <http://ishranabilja.com.hr/literatura/Praktikum%20iz%20ishrane%20bilja.pdf> Datum pristupa 12.5.2020.
9. Gložinić Katarina (2017.): Utjecaj meliorativne gnojidbe na fizikalna i kemijska svojstva tla, Međimursko Veleučilište u Čakovcu, Čakovec. <https://repositorij.mev.hr/islandora/object/mev%3A745/datastream/PDF/view> Datum pristupa: 23.10.2020.
10. Jug Irena:Potreba gnojidbe u eksploataciji trajnih nasada, 5.2.2013., [http://pedologija.com.hr/Literatura/Zem\\_resursi/Potreba%20gnojidbe%20u%20eksploataciji%20trajnih%20nasada.pdf](http://pedologija.com.hr/Literatura/Zem_resursi/Potreba%20gnojidbe%20u%20eksploataciji%20trajnih%20nasada.pdf) Datum pristupa: 18.10.2020.
11. Kotorac Filip(2014.):Utjecaj obrade tla i gnojidbe dušikom na prinos kukuruza, Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku, Poljoprivredni fakultet Osijek, Osijek. <https://repositorij.fazos.hr/islandora/object/pfos%3A227/datastream/PDF/view> Datum pristupa: 20.10.2020.



12. Kovačević Klara (2017.): Režim vlažnosti antropogenog terestičkog tla pri uzgoju šljive i jabuke, Sveučilište u Zagrebu, Agronomski fakultet Zagreb, Zagreb.  
<https://core.ac.uk/download/pdf/197896284.pdf> Datum pristupa: 24.10.2020.
13. Krpina I. i sur.(2004.): Voćarstvo, Nakladni zavod Globus , Zagreb
14. Lončarić, Z. i Karalić, K.(2015.): Mineralna gnojiva i gnojidba ratarskih kultura, Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku, Poljoprivredni fakultet Osijek, Osijek  
[http://www.fazos.unios.hr/upload/documents/ATiSBP-12\\_Prirucnik%20-%20Mineralna%20gnojiva.pdf](http://www.fazos.unios.hr/upload/documents/ATiSBP-12_Prirucnik%20-%20Mineralna%20gnojiva.pdf) Datum pristupa: 25.10.2020.
15. Lončarić Z. i sur.(2014.): Uzrokovanje tla i biljke za agrokemijske i pedološke analize, Poljoprivredni fakultet Osijek, Osijek
16. Lončarić,Z. i sur.(2014.): Plodnost i opterećenost tala u pograničnome području, Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku, Poljoprivredni fakultet Osijek.  
[https://bib.irb.hr/datoteka/699360.Handbook\\_01\\_Internet.pdf](https://bib.irb.hr/datoteka/699360.Handbook_01_Internet.pdf) Datum pristupa: 18.10.2020.
17. Miljković I. (1991.): Suvremeno voćarstvo, Znanje, Zagreb
18. Miljković I.(1996.) :Opće voćarstvo, Školska knjiga,Zagreb
19. Pravilnik o dobroj poljoprivrednoj praksi u korištenju gnojiva, [https://narodne-novine.nn.hr/clanci/sluzbeni/full/2008\\_05\\_56\\_1937.html](https://narodne-novine.nn.hr/clanci/sluzbeni/full/2008_05_56_1937.html) 23.10.2020.
20. Romić i sur.( 2014.): Utjecaj poljoprivrede na onečišćenje površinskih i podzemnih voda u Republici Hrvatskoj, Sveučilište u Zagrebu, Zagreb.  
[https://www.voda.hr/sites/default/files/dokumenti/utjecaj\\_poljoprivrede\\_na\\_oneciscenje\\_povrsinskih\\_i\\_podzemnih\\_voda\\_u\\_republici\\_hrvatskoj.pdf](https://www.voda.hr/sites/default/files/dokumenti/utjecaj_poljoprivrede_na_oneciscenje_povrsinskih_i_podzemnih_voda_u_republici_hrvatskoj.pdf) Datum pristupa: 24.10.2020.
21. Škorić A.(1986.): Postanak, razvoj i sistematika tla, Fakultet poljoprivrednih znanosti Sveučilišta u Zagrebu, Zagreb
22. Špoljar Andrija (2016.): Procesi degradacije tla, Visoko gospodarsko učilište u Križevcima, Križevci.  
<https://www.vguk.hr/multimedia/0bdf1dc1360d2f35b68ffcdcbcf83517f91a0eb5905b11b62f814bd0249d4ef3c8e7beb1547202067.pdf> Datum pristupa: 22.10.2020.
23. Vukadinović V., Bertić B.(2013.): Filozofija gnojidbe, Autorska naklada, Osijek
24. Vukadinović V., Vukadinović V.(2011.): Ishrana bilja, Poljoprivredni fakultet Osijek, Osijek.
25. Vukadinović Vladimir: Najvažnije o dušiku u tlu i biljkama, 28.3.2018., [http://tlo-i-biljka.eu/Gnojidba/Osnovno\\_o\\_N.pdf](http://tlo-i-biljka.eu/Gnojidba/Osnovno_o_N.pdf) Datum pristupa: 25.10.2020.

## 8. SAŽETAK

Gnojidba predstavlja najvažniji zahvat u optimalizaciji plodnosti tla te se veliki značaj stavlja na racionalnu gnojidbu i primjenu doza i vrsta gnojiva koji daju najbolje proizvodne rezultate te istovremeno ne predstavljaju opterećenje za okoliš. Cilj istraživanja je vegetacijskim gnojidbenim pokusom utvrditi utjecaj izbora dušičnog mineralnog gnojiva na raspoloživost hraniva i plodnost tla na antropogenom tlu voćnjaka. Osnovna postavljena hipoteza je da izbor dušičnih mineralnih gnojiva značajno utječe na osnovna agrokemijska svojstva tla te raspoloživost biljnih hraniva na karbonatnom tlu. Vegetacijski pokus postavljen je tijekom 2018. godine na karbonatnom antropogeniziranom tlu voćnjaka razvijenom iz eutrično smeđeg tla na lokaciji Kneževi Vinogradi. Provedeni gnojidbeni tretmani postavljeni su u 3 ponavljanja, a razlikovali su se prema vrsti dušičnog gnojiva kako slijedi: kontrola (C), kalcijev amonij nitrat (KAN), amonijev sulfat (AS), amonijev sulfonitrat (ASN) te urea (U). Utvrđeni raspon vrijednosti izmjenjive kiselosti tla nakon vegetacije nije imao statistički značajne razlike između tretmana, a kretao se od 7,43 pH jedinice na tretmanu gnojidbe KAN-om do 7,51 pH jedinice na C tretmanu. Najniža vrijednost sadržaja organske tvari u tlu utvrđena je na KAN tretmanu (2,02 %), dok je najviša vrijednost utvrđena na ASN tretmanu (2,15 %.), no bez utvrđenih statistički značajnih razlika između tretmana. ASN tretman rezultirao je statistički značajno većom vrijednošću biljci pristupačnog kalija s vrijednosti od 43,60 mg/kg K<sub>2</sub>O u odnosu na U tretman, dok je statistički značajna razlika s ostalim gnojidbenim tretmanima izostala. Možemo zaključiti kako gnojidba predstavlja najvažniji zahvat u optimalizaciji plodnosti tla te se veliki značaj treba staviti na racionalnu gnojidbu i primjenu odgovarajućeg dušičnog mineralnog gnojiva koji daje najbolje proizvodne rezultate, povoljno utječe na produktivnost tla te istovremeno ne predstavljaju opterećenje za okoliš. Iz utvrđenih rezultata vidljive su minimalne promjene kemijskih svojstava tla ovisno o izboru mineralnog dušičnog gnojiva, no te razlike nisu statistički opravdane te je potrebno nastaviti s istraživanjem kako bi se utvrdili rezultati nakon višegodišnjih istraživanja.

## 9. SUMMARY

Fertilization is the most important procedure in optimizing soil fertility and great importance is placed on rational fertilization and application of doses and types of fertilizers that give the best production results and at the same time do not represent a burden on the environment. The aim of the research is to determine the influence of nitrogen mineral fertilizer selection on nutrient availability and soil fertility on anthropogenic orchard soil by vegetation fertilization experiment. The basic hypothesis is that the choice of nitrogen fertilizers significantly affects the basic agrochemical properties of the soil and the availability of plant nutrients on carbonate soil. The vegetation experiment was set up in 2018 on carbonate anthropogenic orchard soil developed from eutric cambisol at the Kneževi Vinogradi site. The fertilization treatments were performed in 3 replicates, and differed according to the type of nitrogen fertilizer as follows: control (C), calcium ammonium nitrate (KAN), ammonium sulfate (AS), ammonium sulfonitrate (ASN) and urea (U). The determined range of values of variable soil acidity after vegetation had no statistically significant differences between treatments, ranging from 7.43 pH units on KAN fertilization treatment to 7.51 pH units on C treatment. The lowest value of the content of organic matter in the soil was determined on KAN treatment (2.02%), while the highest value was determined on ASN treatment (2.15%), but without statistically significant differences between treatments. ASN treatment resulted in a statistically significantly higher value of plant-accessible potassium with a value of 43.60 mg / kg K<sub>2</sub>O compared to U treatment, while a statistically significant difference with other fertilization treatments was absent. We can conclude that fertilization is the most important intervention in optimizing soil fertility and great importance should be placed on rational fertilization and application of appropriate nitrogen mineral fertilizer that gives the best production results, has a favorable effect on soil productivity and at the same time does not pose a burden to the environment. The established results show minimal changes in soil chemical properties depending on the choice of mineral nitrogen fertilizer, but these differences are not statistically justified and it is necessary to continue the research to determine the results after many years of research.

## 10. POPIS TABLICA

Broj tablice	Naziv tablice	Broj stranice
3.1.	Vrste i količine humusa po pokusnim tretmanima	10
3.2.	Vrste i količine gnojiva, te dodane količine po pokusnim tretmanima	11
3.3.	Granične vrijednosti supstitucijske kiselosti u tli	13
3.4.	Granične vrijednosti sadržaja organske tvari u tlu	14
3.5.	Granične vrijednosti sadržaja fosfora ( $P_2O_5$ ) u tlu određene AL metodom	15
3.6.	Granične vrijednosti kalija ( $K_2O$ ) u tlu određene AL metodom	17
3.7.	Granične vrijednosti sadržaja karbonata u tlu	18
3.8.	Granične vrijednosti sadržaja pora u tlu	22
4.1.	Mehanički sastav tla	24
4.2.	Teksturna oznaka i stabilnost mikrostrukturnih agregata tla	25
4.3.	Hidropedološka svojstva tla	26
4.4.	Pedofizikalna svojstva tla	26
4.5.	Kemijska svojstva tla- reakcija tla i sadržaj karbonata	27
4.6.	Kemijska svojstva tla- sadržaj humusa i lako pristupačni $P_2O_5$ i $K_2O$	27

## 11. POPIS SLIKA

Broj slike	Naziv slike	Broj stranice
1.1.	Kruženje dušika u agrosferi	2
3.1.	Ortofoto snimak lokaliteta pokusa	9
3.2.	Gnojidbeni vegetacijski pokus-nasad 2018.godine.	10
3.3.	Shema gnojidbenih tretmana	11
3.4.	Hodogram aktivnosti za 2018.godinu.	12
3.5.	Pripremljeni uzorci za analizu pH vrijednosti	13
3.6.	Očitavanje pH vrijednosti	13
3.7.	Određivanje organske tvari bikromatnom metodom	14
3.8.	Razvijen kompleks plave boje za analizu fosfora	16
3.9.	Filtracija ekstrakta tla	17
3.10.	Volumetrijska metoda određivanja karbonata	18
3.11.	Isušivanje uzoraka	19
3.12.	Hlađenje u vakuum eksikatoru	20
3.13.	Teksturni trokut	22
4.1.	Endomorfološka svojstva tla-profil tla	23

## 12. POPIS GRAFIKONA

Broj grafikona	Naziv	Broj stranice
4.1.	Reakcija tla- supstitucijska kiselost pH (KCl) na kraju vegetacije ovisno o gnojidbenim tretmanima	28
4.2.	Vrijednosti sadržaja karbonata( $\text{CaCO}_3$ ) na kraju vegetacije ovisno o gnojidbenim tretmanima.	29
4.3.	Vrijednost organske tvari (humusa) na kraju vegetacije ovisno o gnojidbenim tretmanima	30
4.4.	Sadržaj kalija ( $\text{K}_2\text{O}$ ) na kraju vegetacije ovisno o gnojidbenim tretmanima	31
4.5.	Sadržaj fosfora ( $\text{P}_2\text{O}_5$ ) na kraju vegetacije ovisno o gnojidbenim tretmanima	31

## TEMELJNA DOKUMENTACIJSKA KARTICA

Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku

Diplomski rad

Fakultet agrobiotehničkih znanosti u Osijeku

Sveučilišni diplomski studij bilinogojstva, smjer Ishrana bilja i tloznanstvo

### Utjecaj gnojidbe dušikom na kemijska svojstva tla

Doris Doljanac

#### Sažetak

Gnojidba predstavlja najvažniji zahvat u optimalizaciji plodnosti tla te se veliki značaj stavlja na racionalnu gnojidbu i primjenu doza i vrsta gnojiva koji daju najbolje proizvodne rezultate te istovremeno ne predstavljaju opterećenje za okoliš. Cilj istraživanja je vegetacijskim gnojidbenim pokusom utvrditi utjecaj izbora dušičnog mineralnog gnojiva na raspoloživost hraniva i plodnost tla na antropogenom tlu voćnjaka. Osnovna postavljena hipoteza je da izbor dušičnih mineralnih gnojiva značajno utječe na osnovna agrokemijska svojstva tla te raspoloživost biljnih hraniva na karbonatnom tlu. Vegetacijski pokus postavljen je tijekom 2018. godine na karbonatnom antropogeniziranom tlu voćnjaka razvijenom iz eutrično smeđeg tla na lokaciji Kneževi Vinogradi. Provedeni gnojidbeni tretmani postavljeni su u 3 ponavljanja, a razlikovali su se prema vrsti dušičnog gnojiva kako slijedi: kontrola (C), kalcijev amonij nitrat (KAN), amonijev sulfat (AS), amonijev sulfonitrat (ASN) te urea (U). Utvrđeni raspon vrijednosti izmjenjive kiselosti tla nakon vegetacije nije imao statistički značajne razlike između tretmana, a kretao se od 7,43 pH jedinice na tretmanu gnojidbe KAN-om do 7,51 pH jedinice na C tretmanu. Najniža vrijednost sadržaja organske tvari u tlu utvrđena je na KAN tretmanu (2,02 %), dok je najviša vrijednost utvrđena na ASN tretmanu (2,15 %), no bez utvrđenih statistički značajnih razlika između tretmana. ASN tretman rezultirao je statistički značajno većom vrijednošću biljci pristupačnog kalija s vrijednosti od 43,60 mg/kg K<sub>2</sub>O u odnosu na U tretman, dok je statistički značajna razlika s ostalim gnojidbenim tretmanima izostala. Možemo zaključiti kako gnojidba predstavlja najvažniji zahvat u optimalizaciji plodnosti tla te se veliki značaj treba staviti na racionalnu gnojidbu i primjenu odgovarajućeg dušičnog mineralnog gnojiva koji daje najbolje proizvodne rezultate, povoljno utječe na produktivnost tla te istovremeno ne predstavljaju opterećenje za okoliš. Iz utvrđenih rezultata vidljive su minimalne promjene kemijskih svojstava tla ovisno o izboru mineralnog dušičnog gnojiva, no te razlike nisu statistički opravdane te je potrebno nastaviti s istraživanjem kako bi se utvrdili rezultati nakon višegodišnjih istraživanja.

**Rad je izrađen pri:** Fakultet agrobiotehničkih znanosti Osijek

**Mentor:** doc. dr. sc. Vladimir Zebec

**Broj stranica:** 44

**Broj grafikona i slika:** 19

**Broj tablica:** 14

**Broj literaturnih navoda:** 35

**Broj priloga:** /

**Jezik izvornika:** Hrvatski

**Ključne riječi:** *kemijska svojstva tla, gnojidba, dušik, jabuka*

**Datum obrane:** 29. listopada 2020. godine.

#### **Stručno povjerenstvo za obranu:**

1. prof.dr.sc. Zdenko Lončarić, predsjednik
2. doc.dr.sc. Vladimir Zebec, mentor
3. prof.dr.sc. Domagoj Rastija, član

**Rad je pohranjen u:** Knjižnici fakulteta agrobiotehničkih znanosti Osijek, Sveučilištu u Osijeku, Vladimira Preloga 1.

## **BASIC DOCUMENTATION CARD**

**Josip Juraj Strossmayer University of Osijek**

**Graduate thesis**

**Faculty of Agrobiotechnical Sciences Osijek**

**University Graduate Studies, Plant nutrition and soil science**

### **Effects of nitrogen fertilizer on soil chemical properties**

Doris Doljanac

#### **Abstract:**

Fertilization is the most important procedure in optimizing soil fertility and great importance is placed on rational fertilization and application of doses and types of fertilizers that give the best production results and at the same time do not represent a burden on the environment. The aim of the research is to determine the influence of nitrogen mineral fertilizer selection on nutrient availability and soil fertility on anthropogenic orchard soil by vegetation fertilization experiment. The basic hypothesis is that the choice of nitrogen fertilizers significantly affects the basic agrochemical properties of the soil and the availability of plant nutrients on carbonate soil. The vegetation experiment was set up in 2018 on carbonate anthropogenic orchard soil developed from eutric cambisol at the Kneževi Vinogradi site. The fertilization treatments were performed in 3 replicates, and differed according to the type of nitrogen fertilizer as follows: control (C), calcium ammonium nitrate (KAN), ammonium sulfate (AS), ammonium sulfonitrate (ASN) and urea (U). The determined range of values of variable soil acidity after vegetation had no statistically significant differences between treatments, ranging from 7.43 pH units on KAN fertilization treatment to 7.51 pH units on C treatment. The lowest value of the content of organic matter in the soil was determined on KAN treatment (2.02%), while the highest value was determined on ASN treatment (2.15%), but without statistically significant differences between treatments. ASN treatment resulted in a statistically significantly higher value of plant-accessible potassium with a value of 43.60 mg / kg K<sub>2</sub>O compared to U treatment, while a statistically significant difference with other fertilization treatments was absent. We can conclude that fertilization is the most important intervention in optimizing soil fertility and great importance should be placed on rational fertilization and application of appropriate nitrogen mineral fertilizer that gives the best production results, has a favorable effect on soil productivity and at the same time does not pose a burden to the environment. The established results show minimal changes in soil chemical properties depending on the choice of mineral nitrogen fertilizer, but these differences are not statistically justified and it is necessary to continue the research to determine the results after many years of research.

**Thesis performed at:** Faculty of Agrobiotechnical Sciences Osijek

**Mentor:** PhD Vladimir Zebec

**Number of pages:** 44

**Number of figures:** 19

**Number of tables:** 14

**Number of references:** 35

**Number of appendices:** /

**Original in:** Croatian

**Key words:** soil chemical properties, fertilization, nitrogen, apple

**Thesis defended on date:** 29.listopad.2020.godine.

#### **Reviewers:**

1. PhD Zdenko Lončarić, president
2. PhD Vladimir Zebec, mentor
3. PhD Domagoj Rastija, member

**Thesis deposited at:** Library, Faculty of Agrobiotechnical Sciences Osijek, Josip Juraj Strossmayer University of Osijek, Vladimira Preloga 1