Pogodnost tala oranice i voćnjaka za ekološku poljoprivredu

Gregić, Maja

Undergraduate thesis / Završni rad

2017

Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj: **Josip Juraj Strossmayer University of Osijek, Faculty of agriculture / Sveučilište Josip Jurja Strossmayera u Osijeku, Poljoprivredni fakultet**

Permanent link / Trajna poveznica: https://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:151:244859

Rights / Prava: In copyright / Zaštićeno autorskim pravom.

Download date / Datum preuzimanja: **2024-03-28**

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

zir.nsk.hr

Image not found or type unknown

SVEUČILIŠTE JOSIPA JURJA STROSSMAYERA U OSIJEKU
POLJOPRIVREDNI FAKULTET U OSIJEKU

Maja Gregić
Preddiplomski sveučilišni studij Poljoprivreda
Smjer Hortikultura

Pogodnost tala oranice i voćnjaka za ekološku poljoprivredu

Završni rad

Osijek, 2017.

SVEUČILIŠTE JOSIPA JURJA STROSSMAYERA U OSIJEKU
POLJOPRIVREDNI FAKULTET U OSIJEKU

Maja Gregić
Preddiplomski sveučilišni studij Poljoprivreda
Smjer Hortikultura

Pogodnost tala oranice i voćnjaka za ekološku poljoprivredu

Završni rad

Povjerenstvo za ocjenu završnog rada:

1. prof. dr. sc. Zdenko Lončarić, mentor
2. izv. prof. dr. sc. Brigita Popović, član
3. doc. dr. sc.Vladimir Ivezić, član

Osijek, 2017.

TEMELJNA DOKUMENTACIJSKA KARTICA

Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku
Poljoprivredni fakultet u Osijeku
Preddiplomski sveučilišni studij Poljoprivreda, studij Hortikultura

Završni rad

Maja Gregić

Pogodnost tala oranice i voćnjaka za ekološku poljoprivredu

Sažetak: Agrokemijska svojstva korištena u ovom istraživanju za procjenu pogodnosti tala za ekološku poljoprivrednu proizvodnju su pH reakcija tla, humuznost, raspoloživost fosfora i kalija te raspoloživost mikroelemenata i ukupni sadržaj teških metala. Utvrđena su većinom vrlo povoljna agrokemijska svojstva tla, (sadržaj humusa, sadržaj raspoloživog fosfora, ukupne koncentracije esencijalnih teških metala i štetnih elemenata, te raspoloživost Fe i Cu). Srednje pogodnosti su pH reakcija tla i raspoloživist Zn, a niske pogodnosti su raspoloživost kalija i mangana. Analizirana su tla osrednjeg (oranica) i visokog (voćnjak) potencijala mineralizacije, a za neutralizaciju kiselosti tla do neutralne pH reakcije potrebno je aplicirati u tlo oranice 7,9 t/ha, a u voćnjak 10,1 t/ha na dubinu do 30 cm ili 18,2 t/ha vapnenca na dubinu do 60 cm. Najniže su razine u analiziranim tlima raspoloživost kalija i mangana, te je svakako neophodno zaoravanje žetvenih ostataka i unositi u tlo organska gnojiva bogata kalijem (tekuća stajska gnojiva, te sva organska gnojiva koja u sebi sadrže povećane udjele slame, kukuruzovine i ostalih žetvenih ostataka). Značajna je kvaliteta analiziranih tala vrlo niska koncentracija gotovo svih esencijalnih i toksičnih teških metala, posebice najtoksičnijih Hg, Cd i Pb te su analizirana tla vrlo pogodna za ekološku poljoprivrednu proizvodnju.

Ključne riječi:
pH reakcija tla, raspoloživi fosfor, raspoloživi kalij, teški metali, raspoloživi mikroelementi

32 stranica, 3 tablica, 1 grafikona i slika, 24 literaturnih navoda

Završni rad je pohranjen: u Knjižnici Poljoprivrednog fakulteta u Osijeku i u digitalnom repozitoriju završnih i diplomskih radova Poljoprivrednog fakulteta u Osijeku

BASIC DOCUMENTATION CARD

Josip Juraj Strossmayer University of Osijek
Faculty of Agriculture in Osijek
Undergraduate university study Agriculture, course Horticulture

BSc Thesis

Suitability of arable and orchard soils for organic agriculture

Summary: The agrochemical properties used in this environmental moisture assessment benefit study are pH soil reaction, dampness, availability of phosphorus and potassium, and availability of microelements and total heavy metal content. Mostly favorable agrochemical properties of soil (humus content, content of available phosphorus, total concentration of essential heavy metals and harmful elements, and availability of Fe and Cu) were determined. Medium benefits are pH soil reactions and available Zn, and low benefits are the availability of potassium and manganese. The soil of medium (field) and high (orchard) mineralization potential was analyzed, and to neutralize acidity of the soil to the neutral pH of the reaction, it is necessary to apply to the soil 7,9 t / ha and in orchards 10,1 t / ha at depths up to 30 cm or 18,2 t / ha limestone up to 60 cm. The lowest levels in the analyzed soils are the availability of potassium and manganese, and it is certainly necessary to boost the remainder of the soil and enter potassium-rich organic fertilizers (liquid manure fertilizers and all organic fertilizers that contain increased straw, maize and other harvest residues). Significant quality of analyzed soils is a very low concentration of almost all essential and toxic heavy metals, especially the most toxic Hg, Cd and Pb, and soil analyzes are very suitable for organic agricultural production.

Keywords:
Soil pH reaction, available phosphorus, available potassium, heavy metals, available micronutreints

32 pages, 3 tables, 1 figures, 24 references

BSc Thesis is archived in Library of Faculty of Agriculture in Osijek and in digital repository of Faculty of Agriculture in Osijek.

Sadržaj

1. UVOD 1
1.1. Cilj istraživanja 9
2. MATERIJAL I METODE 10
2.1. Izbor proizvodnih površina i uzorkovanje tla 10
2.2. Analize tla 11
2.2.1. pH reakcija tla 12
2.2.2. Sadržaj humusa u tlu 12
2.2.3. Koncentracija raspoloživog fosfora i kalija ekstrahiranog AL-metodom 14
2.2.4. Određivanje hidrolitičke kiselosti tla 14
2.2.5. Određivanje ukupnih koncentracija teških metala u tlu 15
2.2.6. Određivanje frakcija teških metala ekstrahiranih s EDTA 16
3. REZULTATI I RASPRAVA 17
3.1. Osnovna agrokemijska svojstva tla 17
3.1.1. pH reakcija tla 17
3.1.2. Sadržaj humusa u tlu 18
3.1.3. Koncentracija AL - pristupačnog fosfora i kalija 18
3.1.4. Hidrolitička kiselost tla 19
3.2. Ukupne koncentracije teških metala i štetnih elemenata u tlu 21
3.2.1. Ukupne koncentracije Fe 21
3.2.2. Ukupne koncentracije Mn 22
3.2.3. Ukupne koncentracije Zn 22
3.2.4. Ukupne koncentracije Cu 23
3.2.5. Ukupne koncentracije Ni 25
3.2.6. Ukupne koncentracije Co 25
3.2.7. Ukupne koncentracije Cd 25
3.2.8. Ukupne koncentracije Cr 26
3.2.9. Ukupne koncentracije Hg 27
3.2.10. Ukupne koncentracije Pb 27
3.2.11. Ukupne koncentracije As 28
3.3. Koncentracije raspoložive frakcije mikroelemenata ekstrahirane s EDTA 29
3.3.1. Raspoloživa frakcija Fe ekstrahirana s EDTA 29
3.3.2. Raspoloživa frakcija Mn ekstrahirana s EDTA 29
3.3.3. Raspoloživa frakcija Zn ekstrahirana s EDTA 30
3.3.4. Raspoloživa frakcija Cu ekstahirana s EDTA 30

3.4. Pogodnost analiziranih tala za ekološku poljoprivrednu proizvodnju 31
4. ZAKLJUČAK..... 33
5. POPIS LITERATURE..... 34

1. UVOD

Primarna je svrha agrokemijske analize tla utvrđivanje prosječne raspoloživosti hraniva i intenzitet ostalih svojstava tla kao što su pH reakcija, sadržaj humusa i tekstura koji značajno utječu na raspoloživost hraniva u tlu i djelotvornost gnojiva i poboljšivača tla. Analiza tla osigurava neophodne informacije za donošenje odluke o provedbi gnojidbe i očuvanju plodnosti tla.

Prostorni raspored uzorkovanja tla ovisi o veličini i obliku čestice, ali i o cilju uzorkovanja. Nekoliko je različitih tipova i podtipova prostornog uzorkovanja (Pernar i sur., 2013.):

1) slučajno ili randominizirano uzorkovanje
2) nesustavno statičko uzorkovanje
3) sustavno statičko uzorkovanje
4) kontrolno kružno uzorkovanje.

Prosječni uzorak sastavljen je od 20-25 pojedinačnih uzoraka, tj. poduzoraka. Poduzorci se pojedinačno uzimaju sukladno prostornom planu uzorkovanja i svi se poduzorci zajedno čuvaju u posudi ili plastičnoj vrećici. Masa prosječnog uzorka nakon prikupljanja svih poduzoraka trebala bi biti 0,5-1,0 kg. Za redovitu kontrolu plodnosti tla i utvrđivanje potreba o gnojidbi u analitičke laboratorije nije potrebno slati više od 1 kg.

Dubina uzorkovanja može biti ograničena svojstvima površinskog sloja tla, što se posebice odnosi na plitka tla. Uglavnom je dubina uzorkovanja određena vrstom nasada ili biljne vrste koja se već nalazi ili koja će biti na proizvodnoj površini. S obzirom na to, uzorkovanje poljoprivrednih površina je na sljedećim dubinama:

1. za ratarske usjeve: 0-30 cm
2. za povrće: 0-20 (30) cm
3. za cvijeće: 0-20 cm
4. za livade i travnjake: 0-10 (15) cm
5. za višegodišnje nasade: 0-30 i 30-60 cm

pH reakciju općenito definiramo kao negativni logaritam koncentracije vodikovih iona. Vrijednost pH reakcije tla pokazatelj je trenutne i izmjenjive reakcije tla koja se

utvrđuje u suspenziji tla u vodi ili otopini kalijevog klorida. Optimalna je raspoloživost biljci neophodnih hraniva pri pH reakciji tla 6-6,5. Niže i više vrijednosti povećavaju mogućnost procesa kemijskih fiksacija pojedinih hraniva.

Najznačajnije promjene u kiselim tlima su slijedeće:

1) smanjena raspoloživost fosfora uslijed kemijske fiksacije slobodnim ionima Al, Fe i Mn
2) smanjena raspoloživost Ca i Mg uslijed procesa ispiranja zemno-alkalnih kationa s adsorpcijskog kompleksa tla
3) smanjen intenzitet mineralizacije
4) povećana raspoloživost mikroelemenata (osim Mo) i štetnih teških metala
5) povećani gubitci dušika denitrifikacijom.

Promjene raspoloživosti hraniva u alkalnim tlima obuhvaćaju slijedeće 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 volatizacijom
5) intenzivnija mineralizacija.

Humoznost tla predstavlja sadržaj humusa u tlu, tj. sadržaj organske tvari u tlu. Humusne tvari izuzetno su značajne za plodnost tla jer predstavljaju stabilnu frakciju organskih koloida. Humoznost značajno utječe na raspoloživost hraniva jer su posljedice većeg sadržaja humusa u tlu:

- veći KIK, tj. veća sposobnost izmjenjivog vezanja hraniva
- veća puferna sposobnost i veća elastičnost tla
- veća raspoloživost hraniva jer humoznost smanjuje fiksaciju hraniva (humat efekt)
- veći potencijal mineralizacije, tj. veća godišnja količina mineralnog N nastalog razgradnjom humusa.

Prema značaju za ishranu bilja, fosfor i kalij pripadaju grupi esencijalnih makroelemenata koje biljka usvaja korijenom iz supstrata u kojem se nalazi, uglavnom je to tlo i neophodno je održavati njihovu optimalnu raspoloživost.

Fosfor je nemetal koji se u prirodi, tlu i biljkama javlja u peterovalentnom obliku. U tlu potječe iz procesa razgradnje matičnih stijena, najviše apatita. Njegov nedostatak je česta pojava, a simptomi su slab rast biljaka, slabo se razvija korjenov sustav, cvjetanje i zrioba biljaka kasne, smanjena je tvorba proteina uz povišen sadržaj amida i nizak sadržaj vitamina.

Kalij je alkalni metal velike rasprostranjenosti u prirodi. U tlu i biljkama se nalazi samo kao jednovalentni kation s redukcijskim svojstvima. Potječe iz primarnih minerala kao što su feldspati, liskuni i drugi. Uloga kalija se može razvrstati u dvije osnovne funkcije, a to su aktivacija enzima i regulacija permeabilnosti živih membrana.

Biljci raspoložive količine fosfora i kalija u tlu utvrđuju se AL-metodom (ekstrakcija tla otopinom amonijevog laktata) koja je ujedno i najzastupljenija metoda u Republici Hrvatskoj. Tla se prema raspoloživosti ovih hraniva dijele u 5 klasa, od jako siromašnog tla (klasa A) do tla jako visoke opskrbljenosti (klasa E) (Lončarić i Karalić, 2015.).

Na tumačenje raspoloživosti fosfora utječe pH reakcija tla zbog fiksacije fosfora u tlu i zbog pH reakcije otopine amonijevog laktata koju koristimo za ekstrakciju fosfora. Stoga je za istu klasu kiselih tala potrebna manja koncentracija AL-metodom ekstrahiranog P, nego za istu klasu tala alkalne pH reakcije.

Raspoloživost kalija ne tumačimo prema pH reakciji, već prema teksturi tla. Tako je za istu klasu opskrbljenosti K u teškom tlu potrebna veća koncentracija AL-metodom ekstrahiranog K, nego u tlima lakše teksture.

Izračun potrebne količine P i K u gnojidbi temelji se na pripadnosti klasi opskrbljenosti tla, pri čemu je najveća gnojidba potrebna za jako siromašna tla (A klasa), a najmanja za tla jako visoke opskrbljenosti (E klasa).

Željezo, bakar, cink i mangan su teški metali koji su i esencijalni mikroelementi. U tlu su prisutni u velikim količinama, nekoliko desetina, stotina i tisuća puta više nego što ih biljka treba, ali su vrlo male frakcije tih elemenata biljci raspoložive. Međutim, oni su neophodni i jednako važni u ishrani bilja kao i makroelementi, te kod nedostatka

predstavljaju značajan ograničavajući činitelj visine i kakvoće prinosa (Vukadinović i Lončarić, 1998.).

Željezo je teška kovina, a u tlu i biljkama se nalazi kao dvovalentan i trovalentan kation ili u odgovarajućim spojevima. U tlu potječe iz mnogobrojnih primarnih i sekundarnih minerala. Rezerve u tlu su najvećim dijelom anorganske prirode i ukupni sadržaj željeza je obično između 0,5 i 4,0 % (prosječno 3,2 %). Koncentracija željeza u biljkama najčešće je unutar granice 50 i 1000 mg/kg, a pokretljivost željeza u biljkama je osrednja do loša jer je 80-90 % željeza čvrsto vezano. Deficit željeza uzrokuje kloroze, što je svojstveno za karbonatna tla i nije rijetko u istočnoj Hrvatskoj, dok suvišak željeza uzrokuje toksičnost, što se u tlima u Hrvatskoj rijetko događa (Vukadinović i Lončarić, 1998.).

Mangan je teška kovina koja se u biljkama nalazi u obliku kationa. Ukupan sadržaj mangana u tlima je 200-3000 mg/kg, od čega je biljkama pristupačno oko 0,1-1,0 %. Raspoloživost mangana raste porastom kiselosti tla dok je u neutralnoj i lužnatoj sredini njegova pristupačnost smanjena. Oranični sloj sadrži više mangana te ga je više na težim i karbonatnim tlima, nego na lakim i pjeskovitim tlima. Nedostatak mangana uzrokuje mrkožute mrlje na lišću dikotiledona te se njegov nedostatak najčešće zapaža u sušnim godinama. Otrovnost Mn se javlja kada je u tlu više od 1000 mg/kg što se očituje pojavom smeđih mrlja na starijem lišću.

Cink je također teška kovina, a u tlu potječe iz primarnih i sekundarnih minerala. Prosječan sadržaj u tlu je 5-20 mg/kg. Pristupačnost cinka je veća u kiselim tlima i u tim okolnostima postoji vjerojatnost od ispiranja. Njegov nedostatak se javlja najčešće na teškim, glinovitim tlima u obliku međužilne kloroze lišća, sitnolisnatosti i rozetastoj formi biljke. Njegov suvišak se rijetko javlja i to kod kiselih tala i na rudištima, a očituje se niskim rastom, sitnim listovima i smanjenim korijenom (Vukadinović i Lončarić, 1998.).

Sadržaj bakra u tlu je prosječno 5-50 mg/kg. Pripada skupini teških kovina. U tlu vodi porijeklo iz primarnih minerala gdje se nalazi u jednovalentnom obliku. U tlu gradi vrlo stabilne spojeve s organskim kiselinama i humificiranim organskim tvarima te je tako vezan biljkama slabo raspoloživ. Fiziološka uloga bakra je vrlo značajna jer je on sastavni dio ili aktivator mnogih enzima koji sudjeluju u oksidacijskim procesima. Bakar stabilizira molekule klorofila i sudjeluje u sintezi antocijana. Djeluje u vrlo niskim koncentracijama, ali se često nađe u biljkama u manjoj količini od potrebne. Nedostaci bakra uzrokuju

klorozu i nekrozu lišća, odumiranje vršnih izdanaka, uvijanje lišća i odumiranje mlađeg lišća (Vukadinović i Lončarić, 1998.).

Nikal je kemijski sličan željezu i kobaltu te se u biljkama najčešće nalazi u dvovalentnom stanju. Neophodan je za rad enzima ureaze i mnogih hidrogenaza. Vrlo je značajan za usvajanje željeza i u procesima klijanja sjemena. Može lako dostići toksične granice koje su česte na onečišćenim tlima, korištenjem gradskog otpada kao organskog gnojiva ili na tlima gdje matični supstrat sadrži puno nikla kao kod lapora.

Kobalt je koristan element za više biljke i esencijalni element za mikroorganizme, što je posebno značajno za fiksaciju atmosferskog dušika kod leguminoza pa je kod nedostatka kobalta izvjesniji nedostatak dušika. Također, kobalt sudjeluje u inhibiciji sinteze biljnog hormona etilena. Koncentracija raspoložive frakcije Co u tlima je vrlo niska, oko 0,02-0,5 mg/kg, a ukupne koncentracije u tlima istočne Hrvatske su 10-20 mg/kg (Vukadinović i Lončarić, 1998.).

Kvaliteta i proizvodna svojstva tla ne ovise samo isključivo o količinama i oblicima hraniva u tlu, nego i o onečišćivačima u tlu, tj. o elementima i tvarima koje mogu imati negativan učinak na rast i razvoj životnih zajednica. U ovom slučaju, govorimo o teškim metalima u tlu koji nastaju na dva načina, bilo prirodnim (geogenim) procesima gdje tlo nasljeđuje teške metale iz matične stijene ili antropogenim aktivnostima (ljudska aktivnost) koje uključuju urbanizaciju, industrijalizaciju i promet.

Teške metale definiramo na temelju njihove relativne gustoće. Premda se definicije o relativnim gustoćama dosta razlikuju, najčešće teškim metalima definiramo elemente relativne gustoće iznad 5 g/cm^3. Raspoloživost teških metala ne ovisi samo o ukupnim koncentracijama, već i o ostalim svojstvima tla kao što su pH reakcija tla, tekstura i humoznost. U grupi toksičnih teških metala su Cd, Cr, Hg i Pb koji su toksični bez esencijalnog ili korisnoga fiziološkog učinka.

Gnojidbu ili fertilizaciju definiramo kao agrotehničku mjeru aplikacije gnojiva s ciljem postizanja visokog prinosa. 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.).

Vrlo je bitno, zapravo neophodno, da se sve agrotehničke mjere usmjere prema realizaciji osnovnih principa održavanja plodnosti tala koji su neophodni preduvjeti optimizacije gnojidbe (Lončarić i Karalić, 2015.):

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 gnojidbom, gnojidbom organskim gnojivima)
4. optimalna obrada tla (značajna je za održavanje strukturnosti tala, optimalnih vodozračnih odnosa i optimizaciju uvjeta za rast korijena).

1.1. Pregled literature

Tlo je osnova povrtlarske i voćarske proizvodnje jer je stanište biljaka koje ih opskrbljuje mineralnim tvarima i vodom. Različite voćne vrste imaju različite potrebe za pH reakcijom tla, gdje je tlo neutralne reakcije pogodno za šljivu, višnju, trešnju, marelicu, breskvu i dunju, jabuci odgovara tlo slabo kisele reakcije (pH 5,5-6,5) kao i za većinu sorata kruške, dok kiselija tla (pH 5-6) odgovaraju malinama i jagodama. Na alkalnim tlima većinom nedostaje raspoloživih frakcija željeza, bora i mangana, a u kiselim tlima kalcija i magnezija. Većina povrtlarskih kultura najbolje uspijeva na tlu neutralne reakcije uz veću toleranciju prema kiseloj reakciji tla. Rajčici, salati, lubenici i krumpiru više odgovara kisela reakcija tla, slabo kiselu do neutralnu reakciju dobro podnose grašak, mrkva, celer i kelj, dok na tlima slabo alkalne reakcije najbolje uspijevaju glavičasti kupus, grah, cvjetača, plavi patlidžan, paprika, luk i špinat.

Pod analizom tla se podrazumijevaju svi postupci uzimanja uzoraka tla, laboratorijska analiza uzoraka i interpretacija rezultata. Uzorci tla se uzimaju prema propisanoj metodi i šalju u laboratorij na ispitivanje.

Za određivanje stupnja opskrbljenosti tla pristupačnim fosforom i kalijem spominju se dvije metode. Najčešća je AL metoda s ekstrakcijskim sredstvom amonij-acetat-laktatom za određivanje pristupačnih frakcija fosfora i kalija u kiselim i neutralnim tlima, a prema razini pristupačnih P i K tla se dijele u različite razrede raspoloživosti tih hraniva.

Da bi povećali plodnost kiselih tala potrebno je izvršiti neutralizaciju suvišne kiselosti tla kalcizacijom.

Plodnost tla se može, također, poboljšati humizacijom tj. unošenjem organskih gnojiva kao što su stajski gnoj, kompost, gnojovka, tresetna gnojiva te organski kondicioneri tla. Plodnost tla se vrlo učinkoivot može povećati i zelenom gnojidbom koja je posebice značajna kada organska gnojiva nisu raspoloživa ili je njihova aplikacija otežana i/ili manje isplativa. Zelena gnojidba ili sideracija se obavlja zaoravanjem zelene mase određenih biljnih vrsta posebno uzgojenih za tu svrhu, a najčešće su to biljke snažnog i brzog rasta s produkcijom velike količine nadzemen mase i sa snažnim korjenovim sustavom velike apsorpcijske moći.

Humus je nepotpuno razložena organska tvar tla, najvećim dijelom nastaje mikrobiološkom razgradnjom biljnih ostataka i životinjskih izlučevima. Najvažnije uloge humusa u tlu su:

- služi kao energetski izvor za organizme tla
- važan je faktor trošenja i promjene anorganskog dijela tla
- ima vrlo veliki kapacitet adsorpcije, a vezani ioni se lako oslobađaju
- važan je u stvaranju stabilne strukture te za vodno-zračna i toplinska svojstva tala
- upija velike količine vode čime povećava vododrživost
- utječe na rast i razvoj biljaka
- razgradnjom humusa mineralizacijom oslobađaju se biljna hraniva i vezana energija.

Veliki značaj za plodnost tla imaju i zemljišni organizmi. Oni u tlu nalaze potrebnu energiju ili građevni materijal za životne funkcije. Stoga su uključeni u transformaciju tvari tla, sastavni su dio ukupne dinamike tla jer određuju pravac i intenzitet mnogih procesa. Zemljišne organizme dijelimo na mikroorganizme i makroorganizme.

1.2. Cilj istraživanja

Cilj ovog istraživanja bio je utvrditi:

1. pogodnost tala za ekološku proizvodnju u bilinogojstvu i voćarstvu,
2. potrebne mjere popravke (kondicioniranja) i gnojidbe analiziranih tala za ekološku poljoprivrednu proizvodnju.

2. MATERIJAL I METODE

2.1. Izbor proizvodnih površina i uzorkovanje tla

Analizirane proizvodne površine nalaze se u Osječko-Baranjskoj županiji u mjestu pored Đakova, Tomašancima. Čestice koje su analizirane pripadaju dvjema površinama koje su jedna pored druge, ali imaju različite funkcije. Prva čestica predstavlja voćnjak u kojem se nalazi više vrsta voćaka kao što su šljive, višnje, jabuke, gunja, orah te lješnjak. Druga čestica predstavlja oranicu za ratarske kulture s kojima se uspješno provodi plodored kako bi se spriječili veći gubitci i štete kako s financijske strane, tako i u pogledu očuvanja plodnosti tla.

Uzorkovanje tla provedeno je slučajnim ili randomiziranim uzorkovanjem. Slučajno ili randomizirano uzorkovanje podrazumijeva distribuciju uzoraka koja je potpuno slučajna, uvjetovana pristupačnošću ili pogodnošću terena koje utječu na subjektivno odlučivanje uzorkivača o mjestu uzorkovanja. Ovakav način uzorkovanja nema sistematičan pristup pa je uzorak nereprezentativan i neponovljiv. Ipak je sustav dovoljno prihvatljiv kod malih vrlo homogenih površina gdje reprezentativnost uzorka najviše ovisi o broju poduzoraka (Lončarić i sur., 2014. a).

Sa svake čestice uzeto je po 20 poduzoraka koji su činili po jedan uzorak. S obzirom da su čestice male, jedan prosječan uzorak sa svake čestice je bio dovoljan za analizu tla. Dubina uzorkovanja za voćnjak iznosila je 0-30 cm za oranični sloj te 30-60 cm za podoranični sloj. Za oranicu je uzet jedan prosječni uzorak na dubini od 0-30 cm.

Na oranici se trenutno nalazi ječam dok je prethodne godine bio suncokret. Proizvodnja se provodi pravovremenom obradom tla i gnojidbom koja je karakteristična za pojedinu kulturu. Prethodnih analiza tla na toj čestici nije bilo, te je ovo prva agrokemijska analiza tla koja je provedena na ovoj površini.



Slika 1. Izvod iz katastarskog plana

2.2. Analize tla

Osnovne agrokemijske analize tla provedene su radi utvrđivanja plodnosti tla i pogodnosti za ekološku poljoprivrednu proizvodnju,a obuhvatile su slijedeće analize:

1. pH reakcija tla
2. sadržaj humusa
3. karbonatnost tla
4. raspoloživi fosfor
5. raspoloživi kalij

6. biljkama raspoložive frakcije mikroelemenata
7. ukupne koncentracije teških metala.

2.2.1. pH reakcija tla

pH vrijednost je negativan dekadski logaritam koncentracije vodikovih iona. U praksi se služimo apsolutnim vrijednostima od 0-14 pri čemu neutralne otopine imaju pH=7, kisele niži od 7, a lužnate od 7 do 14. Aktualnu kiselost tla čine vodikovi ioni u vodenoj fazi tla, a supstitucijsku kiselost čine pored vodikovih iona i ioni slabih lužina (Al, Fe) koji se s površina koloidnih čestica zamjenjuju kalijevim ionom iz otopine KCl. Analiza se provodi u suspenziji tla u nekoj otopini soli (1 mol/dm^3 KCl) ili destiliranoj vodi u omjeru tlo:otopina 1:2,5 (ISO, 1994.).

Sam postupak provodi se tako da se u dvije laboratorijske čaše odvaže po 10 g uzorka tla. Uzorak u jednoj čaši se prelije s 25 ml destilirane vode (trenutna kiselost), a u drugoj čaši s 25 ml otopine KCl (1 mol/dm^3) za utvrđivanje supstitucijske kiselosti. Oba uzorka se promiješaju sa staklenim štapićem i ostavi stajati 30 minuta. Nakon toga se izmjeri pH vrijednost tla uranjanjem staklene elektrode pH-metra u suspenziju tla.

2.2.2. Sadržaj humusa u tlu

Metoda određivanja humusa zasniva se na mokrom spaljivanju organske tvari tla pomoću K-bikromata (ISO, 1998.). Koncentraciju organskog ugljika moguće je izmjeriti spektrofotometrijski jer se narančasta boja otopine (prisustvo Cr^{6+}) mijenja u zelenu (prisustvo Cr^{3+}) što se koristi za spektrofotometrijsko određivanje organskog ugljika pri valnoj duljini 585 nm.

Kasnije se sadržaj ugljika preračunava u humus. Smatra se da humus u prosjeku sadrži 58 % C što znači da 1 % C odgovara sadržaju humusa 1,724 %. Na taj se način množenjem % C s faktorom 1,724 dobije sadržaj humusa u tlu (Vukadinović i Bertić, 1989.).

2.2.3. Koncentracija raspoloživog fosfora i kalija ekstrahiranog AL-metodom

AL-metoda temelji se na ekstrakciji fosfora i kalija iz tla pufernom otopinom amonijevog laktata čiji je pH 3,75 (Egner i sur., 1960.).

Sam postupak temelji se na tome da se prvo odvaže 5,0 g tla i prenese u plastične boce za izmućkavanje. Svaki se uzorak prelije sa 100 ml ekstrakcijske AL-otopine menzurom i stavi na mućkanje 2 sata na rotacijskoj mućkalici. Ekstrakt se profiltrira u čaše kroz filter papir.

Pristupačnost fosfora određuje se spektrofotometrijski tzv. plavom metodom. Fosfor određen prema AL metodi vrlo je značajan za ishranu bilja jer se odnosi na frakciju topivu u vodi i slabim kiselinama. Koncentracije pristupačnog fosfora u tlu analizirane AL metodom izražavaju se u mg P_2O_5 na 100 g tla.

Pristupačnost kalija utvrđuje se direktno iz ekstrakta tla emisijskom tehnikom na atomskom apsorpcijskom spektrofotometru (AAS – u) ili na plamen-fotometru. Koncentracije pristupačnog kalija u tlu analizirane AL metodom izražavaju se u mg K_2O na 100 g tla.

Prema rezulatima AL metode, tla se dijele u različite klase opskrbljenosti fosforom i kalijem, od klase jako siromašnih tala (klasa A) do tala jako visoke opskrbljenosti (klasa E). Pri tome se klase opskrblejnosti tala fosforom tumače u skladu s pH reakcijom tla, različito za kisela tla s pH reakcijom ispod 6, a različito za tla s pH >6 (Lončarić i Karalić, 2015.). Klase opskrbljenosti tala kalijem tumače se prema teksturi tla.

2.2.4. Određivanje hidrolitičke kiselosti tla

Hidrolitička kiselost tla aktivira se alkalnim hidrolitičkim solima Na-acetata ili Ca-acetata pri čemu dolazi do zamjene H^+ i Al^{3+} iona na adsorpcijskom kompleksu tla s baznim ionima acetata i nastanka octene kiseline čija se količina utvrđuje titracijom (Vukadinović i Bertić, 1989.).

Analiza se provodi tako da se odvaže 20 g tla i prelije s 50 ml Na-acetata u boci za izmućkavanje te se mućka na rotacijskoj mućkalici 1 sat. Dobivena suspenzija tla se profiltrira dva puta kroz naborani filter papir. 25 ml bistrog ekstrakta se prenese u

Erlenmayerovu tikvicu i doda se 1-2 kapi fenoftaleina i zagrijava se radi uklanjanja ugljikovog dioksida. Vruća otopina se filtrira s NaOH do pojave ljubičaste boje.

Hidrolitička kiselost se izražava u cmol(+)kg^{-1} . Vrlo je često tumačenje da nije potrebno provoditi mjeru popravka tla kalcizacijom kada je hidrolitička kiselost tla niža od 4 cmol(+)kg^{-1}, međutim to nije potpuno točno jer kalcizacija može biti neophodna na laganim tlima čak i pri nižim vrijednostima hidrolitičke kiseosti (Lončarić i sur., 2015.).

2.2.5. Određivanje ukupnih koncentracija teških metala u tlu

Pravilnici o zaštiti poljoprivrednog zemljišta od onečišćenja (NN 9/14 i NN 15/92) propisuju maksimalno dopuštene koncentracije teških metala u tlima na temelju ukupnih koncentracija određenih digestijom kiselinama, a ne na temelju bioraspoloživosti teških metala. Ukupna koncentracija utvrđuje se potpunom digestijom uzorka tla smjesom kiselina (zlatotopka ili aqua regia), što olakšava usporedbu tala i svrstavanje u određene kategorije, ali ne daje dovoljnu informaciju o bioraspoloživosti teških metala pa samim time ni o stvarnoj mogućnosti usvajanja istih (Fe, Mn, Zn, Cu, Mo, Ni) korijenom biljke, a ni o stvarnome riziku transfera štetnih teških metala (Fe, Cd, Cr, Hg) u prehrambeni lanac proizvodima biljnog porijekla. Raspoloživost teških metala ne ovisi samo o ukupnim koncentracijama, nego i o ostalim svojstvima tla, prije svega pH reakcija tla, teksturi i humoznosti tla (Lončarić i sur., 2014. a).

Uzorci tla u ovom su istraživanju razoreni zlatotopkom koristeći propisanu metodu (ISO, 1995b), prema kojoj je uzorak tla prenesen u teflonsku kivetu, preliven s 12 ml svježe pripremljene zlatotopke (smjesa 1/3 HNO_3 + 2/3 HCl) i razaran u mikrovalnoj pećnici na propisanoj temperaturi. Nakon razaranja suspenzija tla je filtrirana u odmjerne tikvice, koje su potom nadopunjene deioniziranom vodom do volumena 100 ml. Koncentracije esencijalnih teških metala i štetnih metala i metaloida izmjerene su izravno u ekstraktima tla tehnikom optičke emisijske spektrometrije na induktivno spregnutoj plazmi (ICP-OES). Koncentracije ukupnih količina analiziranih teških metala i metaloida u tlima izražene su u mg/kg tla.

2.2.6. Određivanje raspoloživih frakcija mikroelemenata ekstrahiranih s EDTA

Utvrđivanje bioraspoloživosti teškog metala u tlu za pojedinu biljnu vrstu značajno ovisi o izboru ekstrakcijske otopine, tj. analitičke metode koja treba simulirati raspoloživost frakcija pojedinog elementa korijenu biljke, a za utvrđivanje izmjenjive frakcije elemenata u tlu razvijene su metode jednostruke ekstrakcije (EDTA, DTPA, $CaCl_2$, HCl, NH_4^- i druge). Ekstrakcija EDTA pouzdaniji je i dosljedniji test za predviđanje nakupljanja teških metala u biljkama u odnosu na ekstrakcije DTPA i $CaCl_2$ (Hooda, 1997.). Pogodnost ekstraktanta da iz tla izluči teški metal bioraspoloživ za biljke, ovisi o samome ekstraktantu, teškom metalu od interesa, biljnoj vrsti i tipu tla. Nisu sve metode korisne za proučavanje bioraspoloživosti svih teških metala u različitim zemljišnim uvjetima (Intawongse i Dean, 2006.).

Otopina EDTA (etilen-diamin-tetra-acetat) na području Republike Hrvatske najduže se rabi za utvrđivanje biljkama raspoloživih koncentracija teških metala, a najčešće za određivanje koncentracija Zn, Mn i Cu (Lončarić i sur., 2014. a).

U ionoizmjenjivačkoj reakciji s tlom NH_4^+ zamjenjuje lakopristupačne mikroelemente na adsorpcijskom kompleksu tla, dok EDTA gradi stabilne komplekse s mikroelementima iz otopine. U ovoj je analizi tla propisano odvagati 25 g tla u plastičnu bocu volumena oko 200 ml te preliti s 50 ml EDTA otopine (smjesa 1 mol/dm^3 $(NH_4)_2\,CO_3$ i 0,01 mol/dm^3 EDTA čiji je pH pripremljen na 8,6 pomoću HCl ili NH_4OH). Nakon 30 minutnog mućkanja na rotacijskoj mućkalici, suspenziju treba profiltrirati kroz filter papir „plava traka“ u epruvetu (Trierweiler i Lindsay, 1969.). U bistrom filtratu direktno izmjeriti koncentracije teških metala Fe, Mn, Zn i Cu. Koncentracija analiziranih metala izražena je u mg/kg tla.

3. REZULTATI I RASPRAVA

3.1. Osnovna agrokemijska svojstva tla

Rezultati osnovnih agrokemijskih svojstava tla (tablica 1) koriste se za procjenu plodnosti tla i za utvrđivanje potreba popravljanja tla kondicionerima te za utvrđivanje potrebne gnojidbe, kako organskim tako i mineralnim gnojivima koji su dopušteni za upotrebu u ekološkoj poljoprivredi.

Tablica 1. Osnovna kemijska svojstva analiziranih tala

Oznaka uzorka	pH $_{H2O}$	pH $_{KCl}$	AL-P_2O_5 mg/100 g	AL-K_2O mg/100 g	humus (%)	Hy cmol(+)kg^{-1}
Oranica	5,84	5,20	21,77	18,48	2,31	3,50
Voćnjak 0-30 cm	6,00	5,16	18,10	12,57	4,48	4,38
Voćnjak 30-60 cm	6,05	5,16	14,66	11,02	2,24	3,61
Prosjek	5,96	5,17	18,18	14,02	3,01	3,83

3.1.1. pH reakcija tla

pH reakcija tla u analiziranim je uzorcima tla umjereno do slabo kisela. Pri tome je tlo oranice nešto niže aktualne kiselosti u vodenoj fazi tla (pH = 5,84) nego oranični i podoranični sloj tla (pH = 6,00 i 6,05). Međutim, razlike su vrlo male pa je tako izmjerena supstitucija kiselost (pH suspenzije tla u otopini KCl) gotovo jednaka u svim uzorcima (oranica 5,20, a oranični podoranični sloj voćnjaka 5,16). Ova umjereno kisela reakcija tla ukazuje na graničnu potrebu neutralizacije suvišne kiselosti tla kalcizacijom, što značajno ovisi o vrsti koja se planira uzgajati na oranici ili u voćnjaku. Točne količine kalcizacijskih materijala za postizanje određenih viših pH vrijednosti mogu se izračunati pomoću vrijednosti hidrolitičke kiselosti tla.

Također, u kiselijim tlima, manja je raspoloživost Ca i Mg (manja zastupljenost izmjenjivih zemno-alkalnih kationa na koloidima tla), veća je opasnost gubitaka N denitrifikacijom i opasnost gubitka B ispiranjem, manja je raspoloživost Mo, izražena je opasnost kemijske fiksacije P slobodnim kationima Al, Fe i Mn koji imaju i izravno

toksično djelovanje na korijenske dlačice reducirajući njihov rast i aktivnost. Nepovoljna je i povećana raspoloživost (topivost) štetnih elemenata (Cr, Cd, Pb) (Lončarić i sur., 2014. b). Međutim, utvrđena umjereno kisela reakcija ne predstavlja veliku opasnost štetne fiksacije fosfora, niti je očekivan toksičan učinak kiselosti tla.

3.1.2. Sadržaj humusa u tlu

Prema rezultatima analize na oranici je izmjereno 2,31 % humusa, u oraničnom sloju voćnjaka (0-30 cm) 4,48 % humusa, te u podornaičnom sloju voćnjaka (30-60cm) 2,24 % humusa (tablica 1). Prema rezultatima analize, tlo oranice spada u osrednje humozno tlo, tlo oraničnog sloja voćnjaka u humozno tlo, a tlo podarničnog sloja voćnjaka u osrednje humozno tlo.

Humoznost tla značajno utječe naraspoloživost hraniva jer su posljedica većeg sadržaja humusa u tlu što znači veći KIK, veća puferna sposobnost i veća elastičnost tla, veća raspoloživost hraniva, te veći potencijal mineralizacije.

Potencijal mineralizacije je značajan za utvrđivanje plodnosti tla i potreba gnojidbe, a godišnja mineralizacija ovisi o sadržaju humusa, pH reakciji tla, teksturi, dinamici vlažnosti, zbijenosti, C/N odnosu i mikrobiološkoj aktivnosti u tlu. Prema raspoloživim podacima za analizirana tla moguće je procijeniti potencijal godišnje mineralizacije u oraničnom tlu oko 45 kg/ha N, a u oraničnom sloju tla voćnjaka znatno više, oko 88 kg/ha N. Procijenjene količine godišnjeg potencijala mineralizacije N su vrlo značajne, posebno u tlu voćnjaka.

3.1.3. Koncentracija AL - pristupačnog fosfora i kalija

Prema rezultatima analize tla, utvrđena je koncentracija fosfora na oranici 21,77 mg/100g, a u voćnjaku 18,10 (oranični sloj 0-30 cm) i 14,66 mg/100g (podoranični sloj 30-60 cm).

Na temelju rezultata analize tla, a s obzirom da je pH_{KCl} < 6,0, analizirano tlo oranice spada u klasu D, tj. u tlo visoke opskrbljenosti fosforom, dok tlo voćnjaka spada u klasu C, tj. klasu dobre opskrbljenosti tla fosforom (Lončarić i Karalić, 2015.).

Utvrđene koncentracije kalija na oranici iznose 18,48 mg/100g, u oraničnom sloju voćnjaka (0-30cm) 12,57 mg/100g, a u podoraničnom sloju (30-60cm) 11,02 mg/100g. Analizirano tlo oranice spada u siromašno tlo, tj. u B klasu koja ima raspon od 13-19 mg/100g K_2O (Lončarić i Karalić, 2015.). Tlo voćnjaka u oraničnom je sloju također klase B, tj. u klasi je siromašnih tala, ali blizu granice klase vrlo siromašnih tala, dok je podoranično sloj još siromašniji i nalazi se klasi jako sironmašnih tala, tj. u najnižoj klasi A prema raspoloživosti kalija.

Izračun potrebne gnojidbe fosforom i kalijem usmjeren je očuvanju plodnosti tla. U tla dobre opskrbljenosti (klasa C), kao što je tlo voćnjaka, dostatno je dodati količinu fosfora koja je odnesena prinosom jer će se tako održati ista razina raspoloživosti fosfora (Lončarić i Karalić, 2015.), a u tlo oranice koje spada u klasu D, dostatno je unijeti i nešto manje fosfora od prinosom iznesenih količina.

U pogledu gnojidbe kalijem, u siromašno tlo (klasa B) oranice i voćnjaka potrebno je unijeti više kalija nego što je odneseno prinosom jer će se tako postupno podići razina raspoloživosti kalija do dobre opskrbljenosti, tj. do klase C (Lončarić i Karalić, 2015.).

3.1.4. Hidrolitička kiselost tla

Hidrolitička kiselost predstavlja značajnu frakciju ukupne ili potencijalne kiselosti tla i koristi se za izračunavanje potrebe u kalcizaciji. Rezultat se ne izražava kao pH vrijednost, nego u cmol/kg. Hidrolitička kiselost je dio ukupne kiselosti koju iz određene mase tla supstituira hidrolitička sol. Često je tumačenje da tla s Hy iznad 4 cmol/kg treba kalcizirati, a tla manjih Hy vrijednosti ne treba. To ipak nije tako jer potreba kalcizacije ovisi o pH vrijednosti, KIK-u i tekstrunoj klasi tla (Lončarić i sur., 2015.b).

Hidrolitičku kiselost nema potrebe analizirati ukoliko je pH vrijednost nekog tla unutar optimalnog raspona za određenu kulturu jer nema potrebe za provedbom kalcizacije. Međutim, ukoliko je tlo kiselije od optimuma, hidrolitička kiselost nam daje točnu mjeru kiselosti koju treba neutralizirati (Lončarić i sur., 2015.b).

Prema rezultatima analize tla, vrijednost utvrđene hidrolitičke kiselosti na oranici iznosi 3,50 cmol/kg, a u voćnjaku 4,38 cmol/kg (0-30cm) i 3,61 cmol/kg (30-60cm).

Hidrolitičku kiselost možemo okvirno izračunati jednostavnom jednadžbom (Lončarić i sur., 2013.):

$$Hy\ (cmol/kg) = 16,7 - 0,47 \times pH_{H2O} - 2,83 \times pH_{KCl} + 1,786 \times humus$$

Iz jednadžbe je jasno da Hy ovisi o pH reakciji, o razlici između dvije pH vrijednosti i o sadržaju humusa.

Također, potrebu kalcizacije možemo izračunati i upotrebom računalnih programa za izračun potrebne kalcizacije u cilju postizanja određene ciljne pH vrijednosti tla. Ciljna pH vrijednost tla može se značajno razlikovati posebno kod podizanja trajnih nasada kojima može pogodovati široki raspon različitih kiselosti tala od vrlo kiselih tal (npr. za borovnicu) ili do tala slabo kisele do neutralne reakcije (npr. za šljivu, višnju, trešnju, marelicu, breskvu). Stoga će i izračuni potrebne kalcizacije biti različiti ako se za ciljnu vrijednost pH_{H2O} postavi vrijednost 6, vrijednost 6,5 ili vrijednost 7.

Za potrebe ovog istraživanja korišten je računalni program za izračunavanje potrebe kalcizacije (http://www.agroekologija.com/agri-conto-cleen/dss/kalkulatori/) kreiran u okviru projekta „Doprinos poljoprivrede čistom okolišu i zdravoj hrani".

Za tlo oranice čiji je početni pH_{H2O} bio 5,84 uz hidrolitičku kiselsot 3,5 cmol/kg, za neutralizaciju sloja tla dubine 0-30 cm do ciljne pH vrijednosti 6 potrebno je samo 1,1 t/ha $CaCO_3$, tj. u kalcizaciju nije ni potrebno provoditi ukoliko je ciljni pH_{H2O} = 6,0. Međutim, ako je ciljna pH vrijednost 6,5 potrebno je kalcizirati tlo s 4,5 t/ha $CaCO_3$ ili 5 t/ha karbokalka. Za ciljnu pH vrijednost 7,0 potrebno je kalcizirati tlo sa 7,9 t/ha $CaCO_3$ ili 8,8 t/ha karbokalka.

Tla se za podizanje trajnih nasada mogu kalcizirati do različitih dubina, prvenstveno ovisno o pH reakciji tla po dubini profila tla, ali i o tehničkim mogućnostima unošenja vapnenca u dublje slojeve (pre)kiselih tala. U analiziranom je voćnjaku u oraničnom sloju tla utvrđena pH_{H2O} reakcija 5,16 uz hidrolitičku kiselost 4,48 te je za ciljnu pH vrijednost 6,5 potrebno kalcizirati oranični sloj tla s 5,1 t/ha $CaCO_3$ ili 5,6 t/ha karbokalka, a za ciljnu pH vrijednost 7,0 potrebno je kalcizirati oranični sloj s 10,1 t/ha $CaCO_3$ ili 11,2 t/ha karbokalka. Ako se kalcizacija provodi na dubinu 0-60 cm, za ciljnu

pH vrijednost 6,5 potrebno kalcizirati oranični sloj tla s 8 t/ha $CaCO_3$ ili 9,9 t/ha karbokalka, a za ciljnu pH vrijednost 7,0 potrebno je kalcizirati oranični sloj s 18,2 t/ha $CaCO_3$ ili 20,3 t/ha karbokalka.

3.2. Ukupne koncentracije teških metala i štetnih elemenata u tlu

Prema rezultatima analize tla, najzastupljeniji esencijalni teški metal u tlu je željezo (Fe), slijede Mangan (Mn), cink (Zn), nikal (Ni), bakar (Cu) i beneficijalni teški metal kobalt (Co). Isti je redoslijed uitvrđen u svim analiziranim uzorcima, kako u tlu oranice, tako i u oraničnom i podoraničnom sloju tla voćnjaka (tablica 2).

Tablica 2. Ukupne koncentracije esencijalnih i beneficijalnih teških metala (u mg/kg) ekstrahiranih zlatotopkom

Oznaka uzorka	Fe	Mn	Zn	Cu	Ni	Co
Oranica	29.370,00	693,10	63,96	17,40	26,46	14,13
Voćnjak 0-30 cm	26.970,00	719,40	60,87	16,16	23,78	14,17
Voćnjak 30-60 cm	27.790,00	776,80	56,76	16,00	25,20	14,60
Prosjek	28.043,00	729,77	60,53	16,52	25,15	14,30

3.2.1. Ukupne koncentracije Fe

Prema rezultatima analize tla koncentracija Fe na oranici iznosi 29.370 mg/kg, a u voćnjaku (0-30 cm) 26.970 mg/kg i 27.790 mg/kg (30-60 cm). Prema rezultatima analize, Fe je najzastupljeniji esencijalnih teški metal.

Rezerve željeza u tlu su najvećim dijelom anorganske prirode i ukupni sadržaj željeza obično je između 0,5 i 4,0% (prosječno 3,2%). Porastom kiselosti i uz prisustvo fosfora nastaju vrlo teški pristupačni fosfati željeza, dok se u lužnatoj sredini željezo nalazi u obliku teško topljivih oksida. Stoga kalcizacija i fosfatizacija kiselih tala može znatno smanjiti raspoloživost željeza. Većina poljoprivrednih tala sadrži dovoljno mobilnog i lakomobilizirajućih rezervi željeza, premda je nedostatak čest, najčešće na humoznim (naročito tresetnim), ali i na karbonatnim tlima (npr. černozemi istočne Hrvatske i neka tla mediteranskog pojasa) (Vukadinović i Lončarić, 1998.). Željezo je esencijalni element i

Pravilnikom o zaštiti poljoprivrednog zemljišta od onečišćenja nije propisana maksimalna dopuštena koncentracija (MDK) u tlu i gnojivima.

3.2.2. Ukupne koncentracije Mn

Prema rezultatima analize tla koncentracija Mn na oranici iznosi 693,10 mg/kg, u oraničnom sloju voćnjaka (0-30 cm) 719,40 mg/kg, a u podoraničnom sloju (30-60 cm) 776,80 mg/kg (tablica 2).

Prema rezultatima analize, s obzirom na zastupljenost ostalih teških metala u tlu, Mn je drugi element po zastupljenosti esencijalnih i beneficijalnih teških metala.

Po rasprostranjenosti, Mn je u litosferi deseti element. Ukupan sadržaj mangana u tlima je 200-3000 mg/kg od čega je 0,1-1,0 % biljkama raspoloživo. Oksidacijski broj mangana zavisi od redoks potencijala tla pa je u neutralnoj i lužnatoj sredini pristupačnost mangana smanjena zbog nastajanja teško topljivog hidroksida $Mn(OH)_2$. Raspoloživost mangana raste povećanjem kiselosti tla i njegove redukcije do Mn^{2+}. Oranični sloj u pravilu sadrži više mangana u odnosu na podoranične slojeve (Vukadinović i Lončarić, 1998.), ali to u ovom istraživanju tla voćnjaka nije potvrđeno. Mangan je također esencijalnni element koji nema izraženo toksično djelovanje, te Pravilnikom o zaštiti poljoprivrednog zemljišta od onečišćenja nije propisana maksimalna dopuštena koncentracija (MDK) za Mn u tlu i gnojivima.

3.2.3. Ukupne koncentracije Zn

Prema rezultatima analize tla koncentracija Zn na oranici iznosi 63,96 mg/kg, u voćnjaku u oraničnom sloju (0-30 cm) 60,87 mg/kg, a u podoraničnom sloju 56,76 mg/kg.

Prema rezultatima analize, s obzirom na zastupljenost ostalih teških metala u tlu, Zn je treći element po zastupljenosti esencijalnih i beneficijalnih teških metala.

Prosječan sadržaj cinka u tlu je 5-20 mg/kg. Pristupačnost cinka je veća u kiselim tlima i u tim okolnostima postoji opasnost od njegovog ispiranja. Nedostatak cinka javlja se najčešće na teškim, glinovitim tlima. Cink se vrlo čvrsto sorbira na izmjenjivački kompleks tla te mu je koncentracija u vodenoj fazi izuzetno niska (Vukadinović i Lončarić, 1998.).

U pravilniku o ekološkoj proizvodnji u uzgoju bilja i u proizvodnji biljnih proizvoda (NN 91/01) bila je propisana maksimalna dopuštena koncentracija (MDK) deset elemenata, uključujući i sam Zn. Pravilnici propisuju granične vrijednosti na temelju ukupnih koncentracija određenih digestijom kiselinama, a ne na temelju bioraspoloživosti teških metala. Danas vrijede odredbe novog Pravilnika o ekološkoj poljoprivrednoj proizvodnji (NN 19/16) te se maksimalno dopuštene koncentracije (MDK) u poljoprivrednim tlima tumače prema Pravilnikom o zaštiti poljoprivrednog zemljišta od onečišćenja (NN 9/14). MDK za element Zn iznosi 150 mg/kg za praškasto-ilovasta tla, a 200 mg/kg za glinasta tla. (NN 9/14). U ovom slučaju, utvrđene koncentracija cinka su dvostruko manje (2,4-2,7 puta) od pravilnikom propisanih za lakša tla, a trostruko manje (3,1-3,5 puta) od MDK za teža tla, te možemo zaključiti da se tlo oranice i vinograda s obzirom na koncentracije Zn bez ograničenja može koristiti u poljoprivrednoj proizvodnji.

3.2.4. Ukupne koncentracije Cu

Prema rezultatima analize tla koncentracija Cu na oranici iznosi 17,40 mg/kg, a u voćnjaku 16,16 mg/kg (0-30 cm) i 16,00 mg/kg (30-60 cm).

Prema rezultatima analize, s obzirom na zastupljenost ostalih esencijalnih teških metala u tlu, Cu je peti element po zastupljenosti esencijalnih i beneficijalnih teških metala.

Sadržaj bakra u tlu prosječno je 5-50 mg/kg. U tlu bakar gradi vrlo stabilne kompleksne spojeve s organskim kiselinama, polurazloženim ili humificiranim organskim tvarima i tako vezan je biljkama slabo raspoloživ. Zbog toga se manjak bakra češće javlja na jako humoznim tlima uslijed "organske" fiksacije. Na raspoloživost bakra značajno utječe pH reakcija tla i pristupačnost mu raste s kiselošću (optimalan pH je 4,5-6). Kod usvajanja, bakru konkurenciju čine Mn, Fe, i Zn (Vukadinović i Lončarić, 1998.).

Maksimalna dopuštena koncentracija u poljoprivrednim tlima za element Cu iznosi 90 mg/kg za praškasto-ilovasta tla i 120 mg/kg za glinasta tla (NN 9/2014). U ovom slučaju, prema rezultatima analize, koncentracija bakra je 5,2-5,6 puta manja nego što je propisano u pravilniku za teksturno lakša tla, a 6,9-7,5 puta manja nego za glinasta tla, što znači da koncentracije Cu u tlima nisu ograničenja za poljoprivrednu proizvodnju.

3.2.5. Ukupne koncentracije Ni

Prema rezultatima analize tla, koncentracija Ni na oranici iznosi 26,46 mg/kg, u voćnjaku u oraničnom sloju 23,78 mg/kg, a u podoraničnom sloju 25,20 mg/kg. S obzirom na zastupljenost ostalih esencijalnih teških metala u tlu, Ni je četvrti element po zastupljenosti esencijalnih i beneficijalnih teških metala.

Nikal je posljednji stekao stekao status esencijalnog mikroelementa. Kemijski je sličan željezu i kobaltu. Nikal je značajan za usvajanje željeza. Koncentracija nikla u biljkamaje vrlo niska (1-10 mg/kg), ali može lako dostići toksične granice (10-50 mg/kg) na onečišćenim tlima, korištenjem gradskog otpada kao organskog gnojiva ili na tlima gdje matični supstrat sadrži puno nikla (npr. lapori) (Vukadinović i Lončarić, 1998.).

Maksimalna dopuštena koncentracija u poljoprivrednim tlima za element Ni iznosi za praškasto-ilovasta tla 50 mg/kg, a za glinasta tla 75 mg/kg (NN 9/2014.). Prema rezultatima analize, koncentracija nikla je dvostruko niža (1,89-2,10 puta) nego što je propisano u pravilniku za praškasto-ilovasta tla, a trostruko (2,83-3,15 puta) iža nego za glinasta tla.

3.2.6. Ukupne koncentracije Co

Prema rezultatima analize tla, koncentracija Co ekstrahirana zlatotopkom na oranici iznosi 14,13 mg/kg, a u voćnjaku 14,17 i 14,60 mg/kg u oraničnom i podoraničnom sloju tla. S obzirom na zastupljenost ostalih esencijalnih teških metala u tlu, Co je nižih koncentracija od esencijalnih teških metala te je na šestom mjestu.

Pravilnikom o zaštiti poljoprivrednog zemljišta od onečišćenja iz 2014. godine (NN 9/2014) nisu propisane MDK za poljoprivredna tla. Međutim, MDK vrijednost 50 mg/kg je bila propisana pravilnikom iz 1992. godine (NN 15/1992). U analiziranim tlima je utvrđeno oko 14 mg/kg Co, što je oko 3,5 puta manje od vrijednosti MDK pravilnika iz 1992. godine.

3.2.7. Ukupne koncentracije Cd

Koncentracije štetnih teških metala i metaloida u analiziranim tlima bile su najveće za Cr, slijedi Pb, zatim As, a vrlo su niske bile koncentracije Cd i najniže koncentracije Hg (tablica 3).

Tablica 3. Ukupne koncentracije štetnih teških metala i metaloida (u mg/kg) ekstrahiranih zlatotopkom

Oznaka uzorka	As	Cd	Cr	Hg	Pb
Oranica	8,76	0,2871	49,76	0,04797	20,87
Voćnjak 0-30 cm	8,18	0,2622	44,54	0,03717	21,71
Voćnjak 30-60 cm	8,72	0,2505	42,32	0,08464	18,78
Prosjek	8,55	0,2666	45,54	0,05659	20,45

Koncentracija Cd ekstrahiranog zlatotopkom na oranici iznosila je 0,287 mg/kg, a u voćnjaku na dubini 0-30 cm 0,262 mg/kg i na dubini 30-60 cm 0,250 mg/kg (tablica 3).

U odnosu na sve ostale teške metale (Fe, Mn, Zn, Cu, Ni, Co, Cr, Hg, Pb i As), ukupna koncentracija Cd je izrazito niska, jedino su utvrđene niže koncentracije Hg. Kadmij je teški metal, vrlo sličan Zn i pristupačnost u tlu ovisi najviše o pH reakciji tla te sadržaju ostalih kationa. Sadržaj Cd u tlima je uglavnom nizak, ispod 3 mg/kg. Iz tla se vrlo brzo usvaja u biljku, a u biljci vrlo brzo nastavlja transport putem ksilema. Toksičnost Cd izražena je zbog njegovog velikog afiniteta za tiolne grupe u enzimima i drugim proteinima. Glavni izvor onečišćenja Cd su topionice metala, također primjenom gradskog otpada, komposta i mulja kao gnojiva.

Pravilnikom (NN 9/2014) o zaštiti poljoprivrednog zemljišta od onečišćenja propisane su maksimalno dopuštene količine Cd za glinasta tla 2 mg/kg, a za praškasto-ilovasta 1 mg/kg. U analiziranim tlima je utvrđena koncentracija znanto niža od MDK koja je propisana (3,5-4 puta niža za praškasto-ilovasta tla i 7-8 puta niža za glinasta tla), te ožemo zaključiti da koncentracija Cd nije ograničenje upotrebe analiziranih tala u poljoprivredi.

3.2.8. Ukupne koncentracije Cr

U analiziranim tlima utvrđena je ukupna koncentracija Cr na oranici 49,76 mg/kg, a u voćnjaku 44,54 i 42,32 mg/kg u oraničnom i podoraničnom sloju. Koncentracija Cr je veća od svih ostalih teških metala iz grupe toksičnih teških metala, a znanto je niža od koncentracija Fe, Mn i Zn.

Tla većinom sadrže koncentraciju kroma ispod 100 mg/kg gdje se pojavljuje u različitim oksidacijskim stanjima. Toksičnost Cr ovisi o njegovoj valentnosti, te su spojevi

šesterovalentnog Cr klasificirani kao vrlo otrovni. U atmosferu, tlo i vodu dospijeva prvenstveno iz industrijske proizvodnje.

Propisane MDK za glinasta poljoprivredna tla su 120 mg/kg, a za praškasto ilovasta 80 mg/kg tako da je u tlima utvrđeno 1,6-1,9 puta manje Cr od MDK za lakša tla i 2,4-2,8 puta manje od MDK za teksturno teža tla. Prema tome, također možemo zaključiti da niti jedno analizirano tlo nema veću koncentraciju od dopuštene.

3.2.9. Ukupne koncentracije Hg

Koncentracija Hg na oranici iznosila je 0,04797 mg/kg, u voćnjaku u oraničnom sloju 0,03717 mg/kg, a u podoraničnom sloju 0,08464 mg/kg (tablica 3). U odnosu na sve ostale teške metale i metaloide (Fe, Mn, Zn, Cu, Ni, Co, Cr, Cd, Pb i As), koncentracija Hg je značajno najniža.

Pristupačnost Hg u tlu za biljke je obično niska i smatra se da korijen predstavlja glavnu prepreku većem nakupljanju Hg u nadzemnom dijelu biljke. U tlu se Hg veže u netopive oblike koji su slabo mobilni te je akumulacija u tlu i pristupačnost za biljku slaba do osrednja.

Pravilnikom (NN 9/2014) o zaštiti poljoprivrednog zemljišta od onečišćenja propisane su MDK za glinasta tla 1,5 mg/kg, a za praškasto-ilovasta tla 1 mg/kg. U analiziranim tlima su utvrđene značajno niže koncentracije koje su 11,8-26,9 puta niže od MDK za teksturno lakša tla i 17,7-40,4 puta niže od MDK za teksturno teža tla. Prema tome možemo zaključiti da niti jedno analizirano tlo nema veću koncentraciju Hg od dopuštene.

3.2.10. Ukupne koncentracije Pb

Prema rezultatima analize, koncentracija Pb na oranici iznosi 20,87 mg/kg, u voćnjaku 21,71 i 18,78 mg/kg u oraničnom i podoraničnom sloju. U odnosu na ostale esencijalne i toksične teške metale (Fe, Mn, Zn, Cu, Ni, Co, Cr, Cd, Hg i As) koncentracija Pb je o visini koncentracije u tlu između koncentracija Cu i Ni.

U površinskim slojevima tla, vrijednosti se kreću 2-100 mg/kg, iako postoje i ekstremne vrijednosti od 1000 mg/kg. Pb je okolišni polutant te je toksičan u vrlo niskim koncentracijama. U tlo dospijeva putem prometnica gdje je sastavni dio goriva.

Pravilnikom (NN 9/2014) o zaštiti poljoprivrednog zemljišta od onečišćenja propisane su MDK za Pb u tlu, 150 mg/kg za glinasta tla i 100 mg/kg za praškasto-ilovasta tla. U analiziranim tlima je utvrđena koncentracija 4,6-5,3 puta niža od MDK za lakša tla i 6,9-8 puta niža za teža tla, te možemo zaključiti da niti jedno analizirano tlo nema veću koncentraciju Pb od dopuštene.

3.2.11. Ukupne koncentracije As

Koncentracija As ekstrahiranog zlatotopkom na oranici iznosi 8,76 mg/kg, u oraničnom sloju voćnjaka 8,18 mg/kg, a u podoraničnom sloju 8,72 mg/kg (tablica 3).

As je metal koji se u okolišu ne nalazi u čistom obliku. Toksični oblici su arsenat (As^{5+}) i arsenit (As^{3+}). U tlu se inače nalaze jako male količine As.

Pravilnikom (NN 9/2014) o zaštiti poljoprivrednog zemljišta od onečišćenja nisu propisane maksimalno dopuštene količine (MDK) za poljoprivredna tla, ali za interpretaciju rezultata može poslužiti pravilnik iz 1992. godine (NN 15/1992) gdje je MDK za teža i teška tla 30 mg/kg, a za laka i skeletna tla 20 mg/kg ili pravilnik o ekološkoj proizvodnji u uzgoju bilja i u proizvodnji biljnih proizvoda (NN 91/01) gdje propisana je MDK za As 20 mg/kg. Treba napomenuti da ovi pravilnici iz 1992. i 2001. godine (NN15/1992) više ne vrijede, odnosno da su pravno izvan upotrebe. Međutim, u analiziranim tlima je utvrđena koncentracija As niža od MDK i za teksturno laka (2,3-2,4 puta niža) i za teksturno teža tla (3,4-3,7 puta). Prema tome, možemo zaključiti da niti jedno analizirano tlo nema veću koncentraciju As od dopuštene čak niti prema pravilnicima koji su danas pravno izvan uporabe.

3.3. Koncentracije raspoložive frakcije mikroelemenata ekstrahirane s EDTA

Koncentracije raspoloživih frakcija mikroelemenata Fe, Mn , Zn i Cu ekstrahiranih EDTA otopinom (tablica 4) znatno su niže od utvrđenih ukupnih koncentracija ekstrahiranih zlatotopkom (tablica 2).

Tablica 4. Koncentracije mikroelemenata ekstrahiranih EDTA metodom (mg/kg)

Oznaka uzorka	Fe	Mn	Zn	Cu
Oranica	139,00	12,62	2,46	5,22
Voćnjak 0-30 cm	249,60	28,73	4,40	4,63
Voćnjak 30-60 cm	187,50	10,51	2,19	4,70
Prosjek	192,03	17,29	3,02	4,85

Usporedbom raspoloživih frakcija ova četiri mikrolementa, vrlo je značajno najveća raspoloživa frakcija Fe, zatim slijede 10-ak puta niže koncentracije Mn, još niže koncentracijen Cu i najniže koncentracije Zn.

3.3.1. Raspoloživa frakcija Fe ekstrahirana s EDTA

U analiziranim je tlima prosječno 192,03 mg/kg raspoložive frakcije željeza ekstrahirane EDTA otopinom. Na oranici je 139,00 mg/kg raspoložive frakcije Fe, dok je u voćnjaku na dubini 0-30 cm 249,60 mg/kg, a na dubini 30-60 cm 187,50 mg/kg raspoložive frakcije Fe (tablica 4).

Željeza je u tlu najviše u odnosu na ostale analizirane elemente, ali je njegova raspoloživa frakcija svega 0,63% ukupnog Fe. Ipak, koncentracije raspoloživog Fe su dovoljno visoke i ne treba očekivati nedostatak Fe u tlima oranice i voćnjaka.

3.3.2. Raspoloživa frakcija Mn ekstrahirana s EDTA

U analiziranim je tlima prosječno 17,29 mg/kg raspoložive frakcije mangana ekstrahirane EDTA otopinom. Na oranici je 12,62 mg/kg raspoložive frakcije Mn, dok je u oraničnom sloju voćnjaka (0-30 cm) 28,73 mg/kg, a u podoraničnom sloju voćnjaka (30-60 cm) 10,51 mg/kg raspoložive frakcije Mn ekstrahirane EDTA otopinom (tablica 4).

Vrlo je interesantno napomenuti da je koncentracija raspoloživog Mn u oraničnom tlu vrlo niska jer je za klasu srednje opskrbljenih tala potrebna koncentracija 30-40 mg/kg, a sve koncentracije niže od 30 mg/kg karakteriziraju siromašna tla i moguć je deficit Mn tijekom vegetacije. Još je siromašnije raspoloživim Mn tlo podoraničnog sloja voćnjaka, a tek oranični sloj voćnjaka ima koncentracije koje su vrlo blizu granici srednje opskrbljenih tala i vjerojatno u voćnjaku neće biti simptoma deficita Mn.

Inače, Mn je drugi po raspoloživosti, odmah iza Fe s obzirom na koncentracije raspoloživih frakcija mikroelemenata. Njegova prosječna ukupna količina u analiziranim tlima iznosi 729,77 mg/kg, no njegova raspoloživa frakcija iznosi svega 2,37 % od ukupne količine.

3.3.3. Raspoloživa frakcija Zn ekstrahirana s EDTA

U analiziranim je tlima prosječno 3,02 mg/kg raspoložive frakcije Zn ekstrahirane EDTA otopinom. Na oranici je 2,46 mg/kg raspoložive frakcije Zn, dok je u voćnjaku 4,40 mg/kg i 2,19 mg/kg raspoložive frakcije Zn (tablica 4).

Utvrđene koncentracije raspoložive frakcije Zn u tlu oranice i u podoraničnom sloju voćnjaka spadaju u klasu srednje opskrbljenosti tla raspoloživim cinkom, a u oraničnom sloju voćnjaka u klasu visoke opskrbljenosti tla. Dakle, opskrbljenost tla cinkom je dostatna i uz očekivane vegetacijske uvjete neće biti nedostatka Zn.

Cink je četvrti element po raspoloživosti u tlu u usporedbi analiziranih mikroelemenata, tj. element najnižih koncentracija raspoloživih frakcija. Njegova ukupna količina u tlu iznosi 60,53 mg/kg, a njegova raspoloživa frakcija iznosi 4,99 % od ukupne količine u tlu.

3.3.4. Raspoloživa frakcija Cu ekstahirana s EDTA

U analiziranim je tlima prosječno 4,85 mg/kg raspoložive frakcije bakra ekstrahirane EDTA otopinom. Na oranici je 5,22 mg/kg, dok je u voćnjaku na 0-30 cm 4,63 mg/kg, a na 30-60 cm 4,70 mg/kg raspoložive frakcije Cu (tablica 4). Sve su utvrđene koncentracije iznad granice visoke opskrbljenosti tala raspoloživom EDTA frakcijom Cu, te možemo zaključiti da su tla bogato opskrbljena raspoloživim bakrom.

Bakar je treći po raspoloživosti u tlu u usporedbi analiziranih mikroelemenata, nakon Fe i Mn, a ispred Zn. Njegova ukupna količina u tlu iznosi 16,52 mg/kg, a raspoloživa frakcija iznosi 29,36% od ukupne količine u tlu.

3.4. Pogodnost analiziranih tala za ekološku poljoprivrednu proizvodnju

U analiziranim tlima je uglavnom dostatna raspoloživost hraniva, ali je tlo siromašno raspoloživim kalijem i manganom, a srednje opskrbljeno raspoloživim fosforom i cinkom. pH reakcija tla nije prekomjerno kisela i ne predstavlja veliku opasnost štetne fiksacije ili ispiranja hraniva, ali kroz kratko vrijeme eksploatacije ovih tala bit će potrebna kalcizacija tla kako bi se pH tla održao u optimalnom rangu.

Analizirano tlo spada u humozno tlo što znači da je dobro opskrbljeno humusom. Potencijal mineralizacije tla oranice ukazuje na tlo srednje plodnosti, a potencijal mineralizacije voćnjaka ukazuje na tlo visoke plodnosti. Prema tome, analizirana tla su prema humoznosti pogodna za uzgoj ratarskih i voćarskih kultura.

Prema količini raspoloživog fosfora tla su dobre ili visoke opskrbljenosti i dostatno je gnojidbama dodavati količinu fosfora koja je odnesena prinosom jer će se tako održati ista razina raspoloživosti. Raspoloživost kalija je nešto niža, analizirana tla su siromašna i potrebno je gnojidbama unijeti više kalija nego što je odneseno prinosom i žetvenim ostacima jer će se tako postupno podići razina raspoloživosti kalija do dobre opskrbljenosti. Navedeni podaci raspoloživosti fosfora i kalija ukazuju da je na analiziranim tlima uputno koristiti organsku gnojidbu tekućim stajskim gnojivima (gnojnicama) koja su bogata kalijem, te svim organskim gnojivima koja u sebi sadrže povećane udjele slame, kukuruzovine i ostalih žetvenih ostataka. Zbog niske raspoloživosti kalija neophodno je zaoravanje žetvenih ostataka, a plodnost tla povećala bi i zelena gnojidba.

Ukupne koncentracije esencijalnih i toksičnih teških metala su značajno niže od MDK i tla su pogodna za poljoprivrednu proizvodnju. Pošto su koncentracije toksičnih teških metala Cd, Pb i Hg vrlo niske, tlo je posebno pogodno za ekološku poljoprivrednu proizvodnju.

Problem može predstavljati manja raspoloživost Mn, što se može neutralizirati organskom gnojidom i održavanjrm optimalne vlažnostio tala.

4. ZAKLJUČAK

Analizirana su tla pogodna za ekološku poljoprivrednu proizvodnju, nisu neophodni meliorativni zahvati niti značajna kondicioniranja istraživanih tala.

Utvrđena su većinom vrlo povoljna agrokemijska svojstva tla, a u toj su grupi sadržaj humusa, sadržaj raspoloživog fosfora, ukupne koncentracije esencijalnih teških metala Fe, Mn, Zn, Cu, Ni, ukupne koncentracije štetnih elemenata Cr, Pb, Cd, As i Hg, te raspoložive frakcije Fe i Cu.

U grupi svojstava srednje pogodnosti su pH reakcija tla i raspoloživist Zn, a u grupi svojstava niske pogodnosti su raspoloživost kalija i mangana.

Analizirana su tla osrednjeg (oranica) i visokog (voćnjak) potencijala mineralizacije, a pH reakcija i hidrolitička kiselost ukazuju na graničnu potrebu kalcizacije, Ipak, za neutralizaciju kiselosti tla do neutralne pH reakcije potrebno je aplicirati u tlo oranice 7,9 t/ha vapnenca, a u voćnjak 10,1 t/ha na dubinu do 30 cm ili 18,2 t/ha vapnenca na dubinu do 60 cm.

Raspoloživost Zn također nije na najvišoj razini već je srednja u tlu oranice, ali je visoka u tlu voćnjaka.

Najniže su razine u analiziranim tlima raspoloživost kalija i mangana, te je svakako neophodno unositi u tlo organska gnojiva bogata kalijem (tekuća stajska gnojiva, te sva organska gnojiva koja u sebi sadrže povećane udjele slame, kukuruzovine i ostalih žetvenih ostataka). Iz istog je razloga neophodno zaoravanje žetvenih ostataka, a plodnost tla povećala bi i zelena gnojidba. Problem može predstavljati i manja raspoloživost Mn, što se može neutralizirati organskom gnojidom i održavanjrm optimalne vlažnosti tala.

Značajna je kvaliteta analiziranih tala vrlo niska koncentracija gotovo svih esencijalnih i toksičnih teških metala, posebice najtoksičnijih Hg, Cd i Pb te su analizirana tla vrlo pogodna za ekološku poljoprivrednu proizvodnju.

5. POPIS LITERATURE

1. Egner, H., Riehm, H., Domingo, W.R. (1960.) Untersuchungen über die chemische Bodenanalyse als Grundlage für die Beurteilung des Nahrstoffzustandes der Boden II. Chemische Extractionsmetoden zu Phosphor- und Kaliumbestimmung. K. Lantbr. Hogsk. Annlr. W.R. 26: 199-215.
2. Europska zajednica (2007.): Uredba Vijeća (EZ) br. 834/2007 od 28. lipnja 2007. o ekološkoj proizvodnji i označavanju ekoloških proizvoda. Službeni list Europske unije 189/2007.
3. Europska zajednica (2008.): Uredba Vijeća (EZ) br. 889/2008 od 5. rujna 2008. o detaljnim pravilima za provedbu Uredbe Vijeća (EZ) br. 834/2007 o ekološkoj proizvodnji i označavanju ekoloških proizvoda s obzirom na ekološku proizvodnju, označavanja i kontrolu. Službeni list Europske unije 250/2008.
4. Hooda, P.S. (1997.): Plant Availability of Heavy Metals in Soils Previously Amended with Heavy Applications of Sewage Sludge
5. Intawongse, M., Dean JR. (2006.): Uptake of heavy metals by vegetable plants grown on contaminated soil and their bioavailability in the human gastrointenstial tract
6. International Organization for Standardization (1994.): Soil quality - Determination of pH. ISO 10390:1994.
7. International Organization for Standardization (1995.b): Soil quality - Extraxtion of trace elements soluble in aqua regia. ISO 11466:1995.
8. International Organization for Standardization (1998.): Soil quality - Determination of organic carbon by sulfochromic oxidation. 14235:1998.
9. Ivezić, V., Singh, B.R., Gvozdić, V., Lončarić, Z. (2015.): Soil Quality Index in Relation to Trace Metal Availability under Different Land Uses. Soil Science Society of America Journal. 79: 1629-1637.
10. Karalić, K., Lončarić, Z., Ivezić, V., Popović, B., Engler, M. Kerovec, D., Zebec, V. (2016.a): The total and available concentrations of essential trace elements in agricultural soils of eastern Croatia. Works of the Faculty of Forestry University of Sarajevo. 21 (1): 263-269.
11. Lončarić, Z., Ivezić, V., Karalić, K., Popović, B., Engler, M., Kerovec, D., Semialjac, Z. (2016.): Total and plant available toxic trace elements (Cd, Cr, Co and Pb) at farms

of eastern Croatia. Works of the Faculty of Forestry University of Sarajevo. 21 (1): 279-285.

12. Lončarić, Z., Rastija, D., Karalić, K., Popović, B., Ivezić, V., Lončarić, R. (2015.b): Kalcizacija tala u pograničnome području. Poljoprivredni fakultet Sveučilišta Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku, Osijek. 75.
13. Lončarić, Z., Karalić, K. (2015.): Mineralna gnojiva i gnojidba ratarskih usjeva. Poljoprivredni fakultet Sveučilišta Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku, Osijek.
14. Lončarić, Z., Rastija, D., Popović, B., Karalić, K., Ivezić, V., Zebec, V. (2014.a): Uzorkovanje tla i biljke za agrokemijske i pedološke analize. Poljoprivredni fakultet Sveučilišta Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku, Osijek. 56.
15. Lončarić, Z., Rastija, D., Baličević, R., Karalić, K., Popović, B., Ivezić, V. (2014.b): Plodnost i opterećenost tala u pograničnom području. Poljoprivredni fakultet Sveučilišta Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku, Osijek. 72.
16. Lončarić, Z., Karalić, K., Popović, B., Rastija, D., Vukobratović, M. (2008.): Total and plant available micronutrients in acidic and calcareous soils in Croatia. Cereal Research Communications, 36: 331-334.
17. Ministarstvo poljoprivrede (2016.): Pravilnik o ekološkoj poljoprivrednoj proizvodnji Narodne novine 19/2016. Narodne novine d.d., Zagreb.
18. Ministarstvo poljoprivrede (2014.): Pravilnik o zaštiti poljoprivrednog zemljišta od onečišćenja. Narodne novine 9/2014. Narodne novine d.d., Zagreb.
19. Ministarstvo poljoprivrede (1992.): Pravilnik o zaštiti poljoprivrednog zemljišta od onečišćenja. Narodne novine 15/1992. Narodne novine d.d., Zagreb.
20. Pernar, N. Bakšić, D., Perković, I. (2013.): Terenska i laboratorijska istraživanja tla - priručnik za uzorkovanje i analizu. Šumarski fakultet Sveučilišta u Zagrebu, Hrvatske šume d.o.o.
21. Trierweiler, F.J., Lindsay, W.L. (1969.): EDTA-ammonium carbonate test for Zn. Soil Sci Soc Amer Proc 33, 49-54.
22. Vukadinović, V., Bertić, B. (1989.): Praktikum iz agrokemije i ishrane bilja. Poljoprivredni fakultet Sveučilišta Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku, Osijek.
23. Vukadinović, V., Lončarić, Z. (1998.): Ishrana bilja. Poljoprivredni fakultet u Osijeku, Osijek.
24. http://www.agroekologija.com/agri-conto-cleen/dss/kalkulatori/