

Utjecaj načina korištenja zemljišta na kemijska svojstva pseudogleja

Ivošević, Arijana

Master's thesis / Diplomski rad

2019

Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj: **University of Zagreb, Faculty of Agriculture / Sveučilište u Zagrebu, Agronomski fakultet**

Permanent link / Trajna poveznica: <https://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:204:129673>

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

Download date / Datum preuzimanja: **2024-04-25**



Repository / Repozitorij:

[Repository Faculty of Agriculture University of Zagreb](#)





Sveučilište u Zagrebu
Agronomski fakultet

University of Zagreb
Faculty of Agriculture



UTJECAJ NAČINA KORIŠTENJA ZEMLJIŠTA NA KEMIJSKA SVOJSTVA PSEUDOGLEJA

DIPLOMSKI RAD

Arijana Ivošević

Zagreb, rujan, 2019.



Sveučilište u Zagrebu
Agronomski fakultet

University of Zagreb
Faculty of Agriculture



Diplomski studij:

Agroekologija - Agroekologija

UTJECAJ NAČINA KORIŠTENJA ZEMLJIŠTA NA KEMIJSKA SVOJSTVA PSEUDOGLEJA

DIPLOMSKI RAD

Arijana Ivošević

Mentor:

izv. prof. dr. sc. Aleksandra Bensa

Zagreb, rujan, 2019.



Sveučilište u Zagrebu
Agronomski fakultet

University of Zagreb
Faculty of Agriculture



IZJAVA STUDENTA O AKADEMSKOJ ČESTITOSTI

Ja, **Arijana Ivošević**, JMBAG 0178097245, rođen/a dana 17.11.1994. u Zagrebu, izjavljujem da sam samostalno izradila/izradio diplomski rad pod naslovom:

UTJECAJ NAČINA KORIŠTENJA ZEMLJIŠTA NA KEMIJSKA SVOJSTVA PSEUDOGLEJA

Svojim potpisom jamčim:

- da sam jedina autorica/jedini autor ovoga diplomskog rada;
- da su svi korišteni izvori literature, kako objavljeni tako i neobjavljeni, adekvatno citirani ili parafrazirani, te popisani u literaturi na kraju rada;
- da ovaj diplomski rad ne sadrži dijelove radova predanih na Agronomskom fakultetu ili drugim ustanovama visokog obrazovanja radi završetka sveučilišnog ili stručnog studija;
- da je elektronička verzija ovoga diplomskog rada identična tiskanoj koju je odobrio mentor;
- da sam upoznata/upoznat s odredbama Etičkog kodeksa Sveučilišta u Zagrebu (Čl. 19).

U Zagrebu, dana _____

Potpis studenta / studentice



Sveučilište u Zagrebu
Agronomski fakultet

University of Zagreb
Faculty of Agriculture



IZVJEŠĆE

O OCJENI I OBRANI DIPLOMSKOG RADA

Diplomski rad studenta/ice **Arijane Ivošević**, JMBAG 0178097245, naslova

UTJECAJ NAČINA KORIŠTENJA ZEMLJIŠTA NA KEMIJSKA SVOJSTVA PSEUDOGLEJA

obranjen je i ocijenjen ocjenom _____, dana _____.

Povjerenstvo:

potpisi:

1. izv. prof. dr. sc. Aleksandra Bensa, mentor

2. doc. dr. sc. Vedran Rubinić, član

3. izv. prof. dr. sc. Željka Zgorelec, član

Zahvala

Ovime zahvaljujem svojoj mentorici izv. prof. dr. sc. Aleksandri Bensi na strpljenju, pomoći i vodstvu prilikom izrade ovog diplomskog rada. Srdačno zahvaljujem i Ivanu Magdiću, mag.ing.agr. koji mi je pomogao prilikom laboratorijskog rada.

Zahvaljujem svojoj rodbini koja mi je ustupila svoje parcele i pomogla prilikom uzimanja uzoraka za ovaj rad.

Posebno hvala mom dečku Jurici na podršci, razumijevanju i pomoći prilikom izrade i uzimanja uzoraka za ovaj rad.

Hvala mojoj obitelji i prijateljima na razumijevanju i podršci tijekom studiranja.

Sadržaj

Sažetak	i
Summary	ii
1. Uvod	1
2. Pregled literature	3
2.1. Svojstva pseudogleja.....	3
2.2. Utjecaj agrotehničkih mjera na svojstva tla.....	6
3. Materijali i metode	9
3.1. Terenski dio	9
3.2. Laboratorijski dio	11
4. Rezultati istraživanja i rasprava.....	13
4.1. Reakcija tla	13
4.2. Humus	17
4.2.1. Količina humusa.....	17
4.2.2. Karakter humusa.....	18
4.3. Hidrolitski aciditet.....	20
4.4. Kapacitet i stanje zasićenosti adsorpcijskog kompleksa tla bazama	22
4.5. Fiziološki aktivna hranjiva.....	24
4.5.1. Fiziološki aktivan fosfor (P_2O_5).....	24
4.5.2. Fiziološki aktivan kalij (K_2O).....	25
5. Zaključak	28
6. Popis literature	29
7. Životopis	32

Sažetak

Diplomskog rada studenta/ice **Arijane Ivošević**, naslova

UTJECAJ NAČINA KORIŠTENJA ZEMLJIŠTA NA KEMIJSKA SVOJSTVA PSEUDOGLEJA

Cilj ovog rada je bio utvrditi promjene kemijskih svojstava pseudogleja pri različitom načinu korištenja (ratarska, voćarska i povrtlarska proizvodnja) u odnosu na izvorno tlo pod prirodnom vegetacijom (livada). Istraživanje je provedeno na malom obiteljskom gospodarstvu Lasek u općini Lipovljani. Ukupno je analizirano 20 kompozitnih uzoraka površinskog horizonta, od čega po 5 sa svakog načina korištenja. U uzorcima je određen pH, hidrolitski aciditet, kapacitet i stupanj zasićenosti adsorpcijskog kompleksa (AK) tla bazama, količina i karakter humusa, te koncentracija fiziološki aktivnog fosfora (P_2O_5) i kalija (K_2O). U voćnjaku su utvrđene najniže vrijednosti pH (prosječno 4,15) i potrebe za umjerenim dozama materijala za kalcizaciju, dok se kod ostalih načina korištenja prosječni pH kretao od 4,61 do 4,98 što upućuje na potrebu za niskim dozama materijala za kalcizaciju. U voćnjaku je utvrđen i najniži stupanj zasićenosti AK tla bazama (37,54 %), dok je kod ostalih načina korištenja bio u rasponu 47,94 - 50,21 %. Prosječna količina humusa je bila viša u tlu pod livadom (3,78 %) nego kod antropogeniziranih tala kod kojih je bila u rasponu od 2,44 % (oranica) do 2,84 % (voćnjak), zbog obrade tla koja potiče mineralizaciju i nedostatnog unosa organskih ostataka. U svim varijantama istraživanja utvrđen je kiseli i slabo kiseli karakter humusa. Opskrbljenost fiziološki aktivnim fosforom je pri svim načinima korištenja bila vrlo niska, uz najviše vrijednosti na oranici, dok je opskrbljenost kalijem u voćnjaku i livadi bila vrlo niska, u povrtnjaku niska, a na oranici dobra. Poboljšanje kemijskih svojstava izvornog pseudogleja u smislu višeg pH, većeg stupnja zasićenosti bazama AK-a i bolje opskrbljenosti hranivima, utvrđeno je na oranici i povrtnjaku, dok je u voćnjaku zbog neadekvatne gnojidbe kiselim gnojivima utvrđeno smanjenje kvalitete tla.

Ključne riječi: kemijska svojstva, livada, oranica, povrtnjak, pseudoglej, voćnjak

Summary

Of the master's thesis - student **Arijana Ivošević**, entitled

THE IMPACT OF LAND USE ON CHEMICAL PROPERTIES OF PSEUDOGLEY

The objective of this paper was to determine the changes in chemical properties of pseudogley under different land use types (crop, fruit and vegetable production) compared to the soil under natural vegetation (meadow). The study was conducted on a small family farm Lasek in Lipovljani township. In a total of 20 composite samples of surface horizons were analyzed, out of which 5 for every land use type. The pH, hydrolytic acidity, capacity and degree of saturation of the adsorption complex of soil (AC) with bases, amount and character of humus, and the concentration of physiologically active phosphorus (P_2O_5) and potassium (K_2O) were determined in the samples. In the orchard, the lowest pH values (average 4.15) and the need for moderate doses of calcification material were determined, while in other land use types the average pH ranged from 4.61 to 4.98, indicating the need for low doses of calcium material. Also, in the orchard, the lowest degree of saturation of AC with bases was determined (37.54 %), while in other land use types it ranged from 47.94 to 50.21 %. The average amount of humus was higher in the soil under meadow (3.78 %) than in the anthropogenised soils, ranging from 2.44 % (ploughland) to 2.84 % (orchards), due to tillage that encourages mineralization and inadequate input of organic residues. In all variants of the study the acidic and poorly acidic character of humus was found. The supply level of physiologically active phosphorus was very low in all land use, with the highest value in the crop production, while the supply by potassium in the orchard and the meadow were very low, in the vegetable production low and in the crop production good. The improvement of the chemical properties of the natural pseudogley in terms of higher pH, higher degree of saturation of AC with bases and better supply of nutrients, was found in crop and vegetable production, while in the orchard due to inadequate fertilization with acidic fertilizers, decreased of soil quality was found.

Keywords: chemical properties, crop production, meadow, orchard, pseudogley, vegetable production

1. Uvod

Pseudoglej je tip tla kojeg karakterizira slaba propusnost horizonta u gornjem dijelu pedološkog profila, koji uzrokuje stagniranje oborinske vode i dovodi do nastanka pseudoglejnog horizonta. Ovaj tip tla je dobio naziv od grčke riječi „pseudo“, koja znači lažan i ruske riječi „glej“, što upućuje na dominaciju anaerobnih procesa. Zbog uvjeta s prisutnošću i bez prisustva stagnirajuće oborinske vode, dolazi do izmjene oksidacijsko-redukcijskih procesa, što daje karakterističan „mramorirani“ izgled tla, to jest prošaranost sivih zona sa smeđim mazotinama i tamnim konkrekcijama (Husnjak, 2014).

U Hrvatskoj takva tla nalazimo na području pleistocenskih terasa te u panonskoj regiji na blažim padinama brežuljaka i brda. Vrlo malo ih nalazimo na području Like, Istre, Gorskog kotara, te ponegdje i u zadarskom zaleđu. Pseudoglej zauzima veliku površinu u Hrvatskoj, koja iznosi 558.731,9 ha, odnosno 9,87 % RH. Površina pod agroekosustavima koji uključuje i prirodne travnjake (livade i pašnjake) iznosi 307.453,2 ha (Husnjak, 2014).

S obzirom na postanak, pseudoglej dijelimo na primarni i sekundarni. Postanak primarnog pseudogleja vezan je za slojevitost matičnog supstrata, odnosno nanošenje sloja lakšeg mehaničkog sastava na teksturno teži potpovršinski horizont nepovoljnih vodozračnih odnosa. Sekundarni pseudoglej nastaje daljnjim razvojem lesiviranog tla, odnosno nakupljanjem čestica gline u iluvijalnom horizontu koje uvjetuju smanjenje vodopropusnosti i stagniranje oborinske vode – pojavu pseudoglejnog horizonta.

Pseudogleji pripadaju skupini tala s niskim proizvodnim potencijalom. Glavna ograničenja kod ovog tipa tla su: kratko do dugo stagniranje oborinske vode, što uzrokuje nepovoljne vodozračne odnose, praškasta i nestabilna struktura u površinskim horizontima (A i E/S) te koherentna struktura slabo propusnog i zbijenog iluvijalnog pseudoglejnog horizonta (B/S), kisela reakcija tla, srednje duboka do plitka ekološka dubina, niska biološka aktivnost i dr. (Husnjak, 2014).

Čovjek svojim zahvatima u tlo uvelike utječe na kvalitetu i količinu prinosa, ali i na sama kemijska svojstva tla. Tako su Ičanović i sur. (2017) dokazali da gnojidba visokim dozama organskih gnojiva dovodi do poboljšanja kemijskih i fizikalnih značajki. U antropogeniziranom distričnom smeđem tlu utvrdili su veće koncentracije fosfora (P), kalija (K) i viši pH nego u neobrađenom tlu.

Jelić i sur. (2013) i Jerinić i sur. (2015), su svojim istraživanjima dokazali da korištenje vapna, stajskog gnoja i NPK gnojiva na pseudogleju poboljšava ukupnu sumu alkalnih kationa u tlu (S vrijednost), maksimalni kapacitet adsorpcije (T-vrijednost), te stupanj zasićenosti adsorpcijskog kompleksa bazama (%V). Kalcizacija je također povećala zastupljenost kalijevog iona (K^+), kalcijevog iona (Ca^{2+}) te magnezijevog iona (Mg^{2+}) na adsorpcijskom kompleksu.

Plodored također ima utjecaj na plodnost tla tako što poboljšava fizikalna svojstva tla, te utječe na povećanje koncentracije ugljika (C) i dušika (N) u tlu (Carter i sur., 2002; Varvel, 2003).

Osnovna hipoteza ovog rada je da prilikom različitog načina korištenja pseudogleja (povrćarska, voćarska i ratarska proizvodnja) dolazi do promjene kemijskih svojstava tla: pH, sadržaja humusa, kapaciteta i stanja zasićenosti adsorpcijskog kompleksa tla, te opskrbljenosti fiziološki aktivnim fosforom i kalijem u odnosu na izvorna svojstva tla.

U tu svrhu definirani su sljedeći ciljevi istraživanja:

- utvrditi kemijska svojstva površinskog horizonta (0-30 cm) pseudogleja pri različitim načinima korištenja (ratarstvo, povrćarstvo, voćarstvo, prirodna vegetacija - kontrola)
- usporediti analitičke podatke za svaki način korištenja s kontrolom i međusobno
- utvrditi promjene navedenih svojstava uzrokovane različitim antropogenim utjecajima.

2. Pregled literature

2.1. Svojstva pseudogleja

Pseudoglej je tip tla kojeg karakterizira kisela reakcija tla, što su dokazali brojni autori. Dugonjić i sur. (2013) istraživali su pH tla u H₂O i KCl-u u pseudoglejnim tlima (na zaravni i obronku) na području južne Mačve i Pocerine u Srbiji. Uzorci tla su uzeti s obrađenog tla, travnjaka i šume. Nekoć je to područje bilo pod većinskom šumskom vegetacijom, ali zbog porasta stanovništva su te šume krčene i prenamijenjene u travnjake i obradive površine. Na obradivim površinama se najčešće uzgajaju žitarice (pšenica, kukuruz, ječam, zob) s uglavnom niskim prinosima. Pseudoglejna tla na tim područjima su pokazala vrlo nizak pH u H₂O i KCl-u. Najmanji pH u H₂O utvrđen je kod pseudoglejnog tla na zaravni pod šumskom vegetacijom ($5,46 \pm 0,82$), a najviši kod travnjaka na zaravni ($5,88 \pm 0,44$). Najmanji pH u KCl-u je također utvrđen kod tla pod šumskom vegetacijom na zaravni ($4,25 \pm 0,82$), a najviši kod obrađenog tla na zaravni ($4,51 \pm 0,52$).

Tvica i sur. (2014) su analizirali pseudoglejno tlo u Sprečkom polju (blizu mjesta Lukavac, BiH). Tlo koje se nalazi pod travnjakom se prije 17 godina koristilo kao obradivo tlo, a na obradivom tlu se uzgaja kukuruz i zob. Uzorci su uzeti na dubinama od 0 – 30 cm i 30 – 50 cm. U tlima pod oba načina korištenja utvrđena je jako kisela reakcija u KCl-u, uz minimalne razlike (u prosjeku 3,9 u površinskom horizontu travnjaka, 3,7 na oranici, odnosno 3,5 u potpovršinskom horizontu travnjaka i 3,6 kod oranice).

Rubinić (2013) je proveo istraživanje pseudoglejnog tla na području Veleškovca, Gornje Kupčine, Uljanika, Dežanovca, Lipovljana, Kondrića i Trnave. S obzirom na to da se u ovome radu analiziraju uzorci s područja Lipovljana, izdvojit ćemo samo podatke relevantne za to područje. Vegetacijski pokrov koji prevladava je šumska zajednica hrasta kitnjaka i običnog graba (*Epimedio-carpinetum betuli*). Nagib terena za pseudoglej na zaravni je 0 – 1 %, dok je za obronačni 5 – 8 %. Na svim lokacijama otvorena su po tri profila. Profili otvoreni na području Lipovljana pripadaju godišnjoj oborinskoj zoni od 800 – 900 mm oborina. Uzorci u porušenom stanju su uzeti iz svakog horizonta prilikom iskapanja pedološkog profila. Matični supstrat istraživanog područja je pleistocenska ilovina. Uzorci uzeti na tri profila pseudogleja na zaravni pokazali su pH vrijednosti u H₂O u rasponu od 4,54 do 5,02, dok su se vrijednosti u KCl-u kretale od 3,52 do 3,78. Uzorci uzeti na tri profila pseudogleja na obronku pokazali su nešto niže pH vrijednosti u H₂O u rasponu od 4,39 do 4,98; odnosno od 3,43 do 3,66 u KCl-u.

Rubinić i sur. (2015b) proveli su istraživanje na obronačnom pseudogleju u Donjoj Zelini, gdje su uspoređivali pseudoglejno oranično tlo na kojemu se pretežito uzgaja povrće i krmne kulture i napušteno oranično tlo koje je pod prirodnim vegetacijskim pokrovom. Prosječna temperatura zraka na tom području iznosi 10,7 °C, a prosječna količina oborina 840 mm (klimatološko razdoblje 1971 – 2000).

Matični supstrat je pleistocenska ilovina, odnosno lesni derivati (u skladu s Rubinić, 2015a). Kalcizacija se primjenjuje svake dvije godine hidratiziranim vapnom u količini od 4 t ha⁻¹ koje se unosi na dubinu od 15 cm. Analizirana su četiri profila tla, gornji oranični dio padine (O-G), gornji livadni dio padine (L-G), donji oranični dio padine (O-D) i donji livadni dio padine (L-D). Istraživano tlo je pokazalo promjenu pH vrijednost u KCl-u s dubinom. Na površinskim horizontima je pH vrijednost bila viša nego u dubljim slojevima tla. S obzirom na prirodni pseudoglej, trebalo bi biti obrnuto, da se pH reakcija povećava s dubinom tla (Rubinić i sur., 2015a). Razlog tome je kalcizacija površinskog sloja oraničnog tla. Vrijednosti pH su se smanjivale s dubinom kako slijedi: 5,1-3,0 (O-G); 4,9-3,7 (O-D); 5,3-3,8 (L-G) i 5,2-3,6 (L-D). Reakcija tla kod oraničnog i kod pseudogleja pod prirodnom vegetacijom se nije značajno razlikovala. Oranično tlo je imalo neznatno manji pH od tla pod prirodnom vegetacijom koje se ne kalcificira oko 30 godina, zbog primjene mineralnih gnojiva i iznošenja hraniva iz tla prinosima.

Jelić i sur. (2007) su također utvrdili jako kiselu reakciju pseudoglejnog tla u svom istraživanju na području eksperimentalnog polja u Kraljevu, Srbija. Istraživano tlo imalo je pH u H₂O na dubini od 0 – 20 cm 5,24; a vrijednost pH u KCl-u iznosila je 4,48.

Prema Kisiću (2012) humus nastaje putem vrlo kompliciranih procesa razgradnje izvorne organske tvari putem kojih se sintetiziraju novi, složeniji spojevi pod utjecajem mikroorganizama. Stoga, što je više unesene svježije organske tvari u tlo, dolazi do povećane količine mikroorganizama u tlu, što prouzrokuje i veću biološku plodnost tla. Pseudoglejna tla u istočnoj Slavoniji su se pokazala kao slabo humozna s prosječnom vrijednosti 1,97 % humusa do 30 cm dubine. Prosječan raspon sadržaja humusa u pseudogleju istočne Slavonije iznosi 1,60 – 2,67 % što znači da su pseudoglejna tla istočne Slavonije siromašna organskom tvari (Čolik, 2017).

Dugonjić i sur. (2013) su analizirali sadržaj i sastav humusa u pseudogleju pod različitim načinima korištenja. Sadržaj humusa (%) je bio značajno smanjen na obradivim površinama (primarni pseudoglej – 1,00±0,53; sekundarni pseudoglej – 0,93±0,47) i travnjacima (primarni pseudoglej – 1,01±0,55; sekundarni pseudoglej – 0,94±0,56) u odnosu na šumu (primarni pseudoglej – 1,37±1,02; sekundarni pseudoglej – 1,28±0,94). Uzrok tome je obrada tla koja potiče mineralizaciju i smanjen unos organskih ostataka u tlo. Rezultati sastava humusa su pokazali da se u površinskim horizontima nalazi veća količina fulvokiselina (u prosjeku 23,41 %) nego huminskih kiselina (u prosjeku 16,08 %). Pseudoglejna šumska tla sadrže znatno više fulvokiselina (u prosjeku 27,89 %) te imaju uski Ch:Cf omjer (u prosjeku 0,47). Prenamjena zemljišta je dovela do poboljšanja svojstva humusa, ali i stabilizacije humusa u nekim slučajevima te smanjila njegova inače vrlo loša svojstva.

Rubinić (2013) je proveo istraživanja vezana za humus na području Lipovljana, na pseudogleju na zaravni i na obronačnom pseudogleju. U površinskom horizontu pseudogleja na zaravni sadržaj humusa se kretao od 8,48 % do 17,5 %, a u potpovršinskom od 1,22 % do 2,28 %. Karakter humusa u površinskom horizontu je

bio kiseli, a u potpovršinskom horizontu kiseli do slabo kiseli. Na obronačnom pseudogleju se sadržaj humusa u oba horizonta kretao u užem rasponu, od 9,93 % do 12,10 %, a u potpovršinskom od 1,40 % do 2,43 %. Karakter humusa je u površinskom i potpovršinskom horizontu bio kiseli, a u samo jednom potpovršinskom slabo kiseli. Rubinić (2013) je konstatirao da je sadržaj humusa u površinskom sloju veći zbog svježije organske tvari s većim udjelom tanina, čiji je izvor hrast kitnjak. Tanini u ovom slučaju intenzivno utječu na formiranje humusa tla. Usporedimo li te rezultate s rezultatima Dugonjića i sur. (2013) i Čolika (2017), u površinskom horizontu se može primijetiti manji sadržaj humusa negoli je to kod Rubinića (2013), što je vezano za način korištenja, odnosno unos organske tvari u tlu.

2.2. Utjecaj agrotehničkih mjera na svojstva tla

Jelić i sur. (2017) su proveli istraživanje utjecaja kalcizacije na pseudoglejno tlo. Kalcizacija se provodila tijekom 15 godina, svake pete godine u količini od 4 t ha^{-1} CaCO_3 kao dodatak NPK gnojivu na jednoj parceli. Na drugoj parceli se koristilo NPK gnojivo, CaCO_3 svake pete godine i zreli stajski gnoj u količini od 30 t ha^{-1} . Kulture koje su se uzgajale su kukuruz i pšenica. Uzorci su uzeti nakon 15 godina primjene gore navedenih agrokemikalija. Najboljom se pokazala primjena CaCO_3 , NPK i stajskog gnoja, pri čemu se pH vrijednost u H_2O povećala za 2,58 jedinica (pH 7,68), a pH u KCl-u za 2,91 jedinicu (pH 6,63).

Rastija i sur. (2009) proveli su istraživanje utjecaja kalcizacije u istočnoj Hrvatskoj, točnije na lokalitetima Donji Miholjac i Zelčin. Pokus je postavljen na lesiviranim tlima kisele reakcije, a uzorci su uzeti s 0 – 30 cm dubine. Prije gnojidbe NPK i kalcizacije karbokalkom, uzorci su bili jako kiseli (pH u KCl-u u Donjem Miholjcu 3,91; a u Zelčinu 4,09.) Nakon pete godine istraživanja, na kontrolnoj varijanti su uočene najniže vrijednosti pH u KCl-u (Donji Miholjac 3,97; Zelčin 4,11), a najviše vrijednosti kod primjene samog karbokalka i bez gnojidbe NPK-om (Donji Miholjac 4,89; Zelčin 5,12). Vrijednost pH u KCl-u kod uzoraka uzetih s područja gdje se vršila kalcizacija i gnojidba NPK-om je bila 4,62 u Donjem Miholjcu i 5,09 u Zelčinu. Uspoređujući te rezultate s onima gdje se vršila samo kalcizacija karbokalkom, može se zaključiti da NPK zakiseljava tlo. Autori su svojim istraživanjem dokazali i da gnojidba tla s NPK mineralnim gnojivom (varijanta pojačane gnojidbe) uz primjenu kalcizacije povećava količinu lakopristupačnog fosfora (P_2O_5) na oba lokaliteta. U Donjem Miholjcu je u kontrolnom uzorku bilo 1,53 mg $\text{P}_2\text{O}_5/100\text{g}$ tla, a primjenom NPK i kalcizacije se količina povećala na 21,93 mg $\text{P}_2\text{O}_5/100\text{g}$ tla. U Zelčinu je u kontrolnom uzorku bilo 7,30 mg $\text{P}_2\text{O}_5/100\text{g}$ tla, a primjenom NPK i kalcizacije se količina povećala na 18,00 mg $\text{P}_2\text{O}_5/100\text{g}$ tla. Isto tako se povećala i količina lakodostupnog kalija (K_2O) na istoj varijanti pojačane gnojidbe NPK mineralnim gnojivom uz primjenu kalcizacije. U Donjem Miholjcu je u kontrolnom uzorku bilo 18,14 mg $\text{K}_2\text{O}/100\text{g}$ tla, a primjenom NPK i kalcizacije se količina povećala na 31,30 mg $\text{K}_2\text{O}/100\text{g}$ tla. U Zelčinu je u kontrolnom uzorku bilo 15,70 mg $\text{K}_2\text{O}/100\text{g}$ tla, a primjenom NPK i kalcizacije se količina povećala na 25,80 mg $\text{K}_2\text{O}/100\text{g}$ tla.

U ranije spomenutom istraživanju Rubinić i sur. (2015b), također je istraživao i utjecaj gnojidbe kombiniranom organskom i mineralnom gnojidbom. Na istraživanom području primjenjuje se jesenska gnojidba zrelim stajskim gnojem duž čitave oranice (oko 20 t ha^{-1}). Ciljano uz biljku (split-aplikacija) primjenjuju se KAN i UREA kao prihrana prema potrebi uzgajanih kultura. Sadržaj humusa u površinskom horizontu tla iznosio je 2,7 % (osim na donjem dijelu oranice, gdje je izmjereno 2,6 %) i smanjivao se dubinom. Međutim, i površinski i potpovršinski horizont pripadaju slabo humoznim tlima. Smatra se da prenamjena tla iz prirodnog u poljoprivredno utječe na sadržaj humusa tako što ga s vremenom smanjuje (Celik, 2005; Kizilkaya i Dengiz, 2010; Haghighi i sur., 2010), ali zbog primjene stajskog gnoja na istraživanom tlu, ta

se razlika nije primijetila. Količina fiziološki aktivnog fosfora (P_2O_5) i kalija (K_2O) na oraničnom tlu je bila viša nego na livadnom tlu, što se i očekivalo, jer se tlo pod livadom ne gnoji. Najviše P_2O_5 je utvrđeno u površinskom horizontu oranice, pogotovo na gornjem dijelu gdje je izmjereno 16,6 mg P_2O_5 /100g tla, a na donjem dijelu 6,4 mg P_2O_5 /100g tla. Na površinskom horizontu livade na gornjem dijelu je izmjereno 2,4 mg P_2O_5 /100g tla, a na donjem dijelu mg P_2O_5 /100g tla. Količina K_2O je bila najveća na gornjem dijelu oranice, a iznosila je 29,5 mg K_2O /100g tla, dok je na donjem dijelu iznosila 17,0 mg K_2O /100g tla. Na livadi je ta količina bila nešto manja, gdje je na gornjem dijelu iznosila 14,0 mg K_2O /100g tla, a na donjem dijelu 18,4 mg K_2O /100g tla. U tlima Hrvatske se uobičajeno nalazi veliki sadržaj K_2O (Škorić, 1986), pa se zbog toga i u istraživanom livadnom tlu mogu naći veće količine tog hraniva.

Jelić i sur. (2007) istraživali su pseudoglejno tlo u dolini blizu mjesta Čačak i Kraljevo. Otvoreno je 60 profila oraničnog tla, 30 profila tla pod prirodnim vegetacijskim pokrovom i 19 profila pod šumskom vegetacijom. Uzeti su uzorci s dubine od 0 – 20 cm i 30 – 50 cm iz svakog profila. Tla su gnojena mineralnim i organskim gnojivima (stajski gnoj), te se vršila kalcizacija. Najmanje vrijednosti humusa utvrđene su u površinskom horizontu oraničnog tla (3,31 %), dok je najveći sadržaj humusa utvrđen u šumskom tlu i iznosio je 5,99 %. Autori su zaključili da je razlog smanjenog sadržaja humusa u oraničnom tlu bila mineralizacija organske tvari.

Organska i mineralna gnojiva su povećale količine lakopristupačnog P_2O_5 i K_2O u istraživanjima Rastije i sur. (2009) i Rubinića i sur. (2015b.) Sadržaj humusa kod Rubinića i sur. (2015b) se nije znatnije mijenjao upravo zbog korištenja organskih gnojiva. Međutim, kod Jelić i sur. (2007) sadržaj humusa u oraničnom tlu je bio manji u usporedbi s pseudoglejem pod livadom i pod šumskim vegetacijskim pokrovom usprkos primjeni organskih gnojiva. Kao razlog tome autori navode povoljne uvjete za mineralizaciju humusa u oraničnom tlu, odnosno obradu tla.

Špoljar i sur. (2001) istraživali su utjecaj plodoreda na kemijska svojstva pseudogleja. Za plodored su se koristile dvije kulture, zob i grahorica. Prepostavili su da grahorica ostavlja povoljnije uvjete u tlu nego zob. Na površini od 4 ha pseudoglejnog tla (obronačni podtip) uzeti su uzorci tla prije početka vegetacije (PV-G i PV-Z) za utvrđivanje početnog stanja, zatim tijekom vegetacije (TV-G i TV-Z) i u žetvi (Ž-G i Ž-Z). Pokazalo se da se u plodoredu smanjuje količina humusa kod grahorice (PV-G 1,76 %; TV-G 1,70 %; Ž-G 1,71 %) i kod uzgoja zobi (PV-Z 1,71 %; TV-Z 1,67 %; Ž-Z 1,72 %). Međutim, količina opskrbljenosti tla dušikom je bila veća kod grahorice (PV-G 1,10 %N; TV-G 1,10 %N; Ž-G 1,12 %N) nego kod zobi (PV-Z 1,10 %N; TV-Z 1,10 %N; Ž-Z 1,09 %N). Tome doprinosi simbioza grahorice s *Rhizobium viciae* bakterijama koja povoljno utječe na količinu dušika u tlu. Količina fiziološki aktivnog fosfora (P_2O_5) se uz odgovarajuću gnojidbu smanjivala kod obje kulture. Kod grahorica se P_2O_5 smanjilo za 4,9 mg P_2O_5 /100g tla, a kod zobi za 0,7 mg P_2O_5 /100g tla. Količina fiziološki aktivnog kalija (K_2O) kod obje kulture uz odgovarajuću gnojidbu je ostala umjerena. Vrijednosti pH u KCl-u su se smanjivale prilikom uzgoja obje kulture. Kod grahorice se ta vrijednost s 5,63 na početku

vegetacije smanjila na 5,02. Slično se dogodilo i kod zobi, gdje se vrijednost s 5,15 snizila na 4,96.

Jerinić i sur. (2011) proveli su istraživanje u Kolubarskom upravnom okrugu na području zapadne Srbije. Tla koja tamo prevladavaju su uglavnom pseudogleji (autori navode da nemaju precizne podatke o površinama koje zauzimaju određeni tipovi tla). Uzeto je 985 uzoraka s 1101 ha voćnjaka na dubini od 0 – 25 cm u razdoblju od 2006. do 2010. godine. Najveći broj uzoraka, njih 732 (74,31 %), je imalo vrijednosti pH u KCl-u u intervalu od 4,0 – 5,5. Količine fiziološki aktivnog fosfora (P_2O_5) koje su se kretale u intervalu od 0 – 20 mg P_2O_5 /100g tla imalo je 845 uzoraka (85,77 %). Količine fiziološki aktivnog kalija koje su se kretale u intervalu od 12 do >30 mg K_2O /100g tla imalo je 854 uzoraka (86,70 %). Kao razlog niskih vrijednosti pH u KCl-u navode slabu provedbu kalcizacije u tom dijelu Srbije. Kao razlog niske količine P_2O_5 se navodi nizak pH, koji pospješuje stvaranje netopljivih fosfata s Al, Fe i Mn ionima, što utječe na imobilizaciju P_2O_5 . Razlog većeg sadržaja K_2O je gnojidba voćaka mineralnim gnojivom s većim sadržajem kalija u dugogodišnjem periodu.

Mumelaš, (2016) je proveo istraživanje kemijskih svojstava tla na 6 obiteljskih poljoprivrednih gospodarstava (OPG-ova) na području Vrbovca u Zagrebačkoj županiji. Klima koja tamo prevladava je umjereno topla kišna, s oborinama koje su jednoliko raspoređene na cijelu godinu. Prevladava pseudoglejni tip tla. Uzorci su uzeti s dubine od 0 – 30 cm. OPG-ovi se bave ratarstvom i stočarstvom, osim jednog OPG-a koji se bavi samo ratarstvom. Uzgajaju se kukuruz, zob, pšenica, ječam i ljulj, a nešto manje soja, lucerna i crvena djetelina. Vrijednosti pH u KCl-u manje od 4,5 (jako kisela tla) imalo je 40 % uzoraka, a u intervalu 4,5 – 5,5 (kisela tla) 57,14 % uzoraka. Humoznost se kretala od 1 – 3 % (slabo humozno) kod 37,14 % uzoraka, a u intervalu 3 – 5 % (dosta humozno) kod 62,86 % uzoraka. Najviše uzoraka (62,86 %) je pripalo klasi dobro opskrbljenih tala s P_2O_5 (11,0 – 25,9 mg P_2O_5 /100g tla). Količinu K_2O od 8,0 – 13,9 mg K_2O /100g tla (slaba opskrbljenost) imalo je 40 % uzoraka, a 14,0 – 25,9 mg K_2O /100g tla je imalo 42,86 % uzoraka.

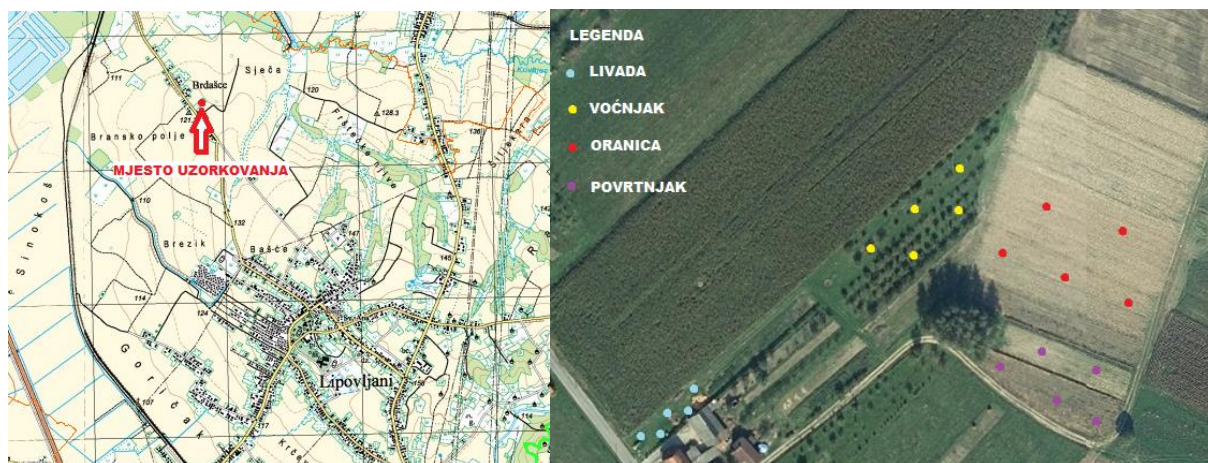
Pandžić (2015) je istraživala utjecaj ekološke i konvencionalne proizvodnje povrća na pseudoglejnom tlu u mjestu Hudovo, u blizini Vrbovca. Uzorci s livade su poslužili kao kontrola. Ukupno je analizirano 9 uzoraka tla s dubine od 0 – 30 cm. Reakcija tla pri ekološkoj i konvencionalnoj proizvodnji povrća je bila kisela do slabo kisela, a u prirodnim uvjetima jako kisela do kisela. Tlo u ekološkoj proizvodnji je bilo dosta humozno (3,1 – 4,1 %), u konvencionalnoj slabo humozno (2,6 – 3,4 %), a u prirodnim uvjetima slabo do dosta humozno (2,6 – 3,2 %). Sva analizirana tla su bila slabo opskrbljena fiziološki aktivnim fosforom, uz maksimalne vrijednosti u uvjetima konvencionalne proizvodnje povrća (3,54 – 9,85 mg P_2O_5 /100 g tla), a minimalne na livadi, 2,55 – 3,81 mg P_2O_5 /100 g tla. Korištenje mineralnih gnojiva na području konvencionalne proizvodnje je razlog veće količine P_2O_5 u tlu. Količina fiziološki aktivnog K_2O na livadi se kretala od 8,8 do 11,7 mg K_2O /100g tla, na području konvencionalne proizvodnje od 19,2 do 39,1 mg K_2O /100g tla, a na području ekološke proizvodnje od 9,6 do 12,5 mg K_2O /100g tla. Razlog veće količine fiziološki aktivnog K_2O nego P_2O_5 kao što iznosi i Škorić (1986) je prisutnost minerala gline ilitne grupe u pseudogleju, čijim se trošenjem oslobađa kalij u tlo.

3. Materijali i metode

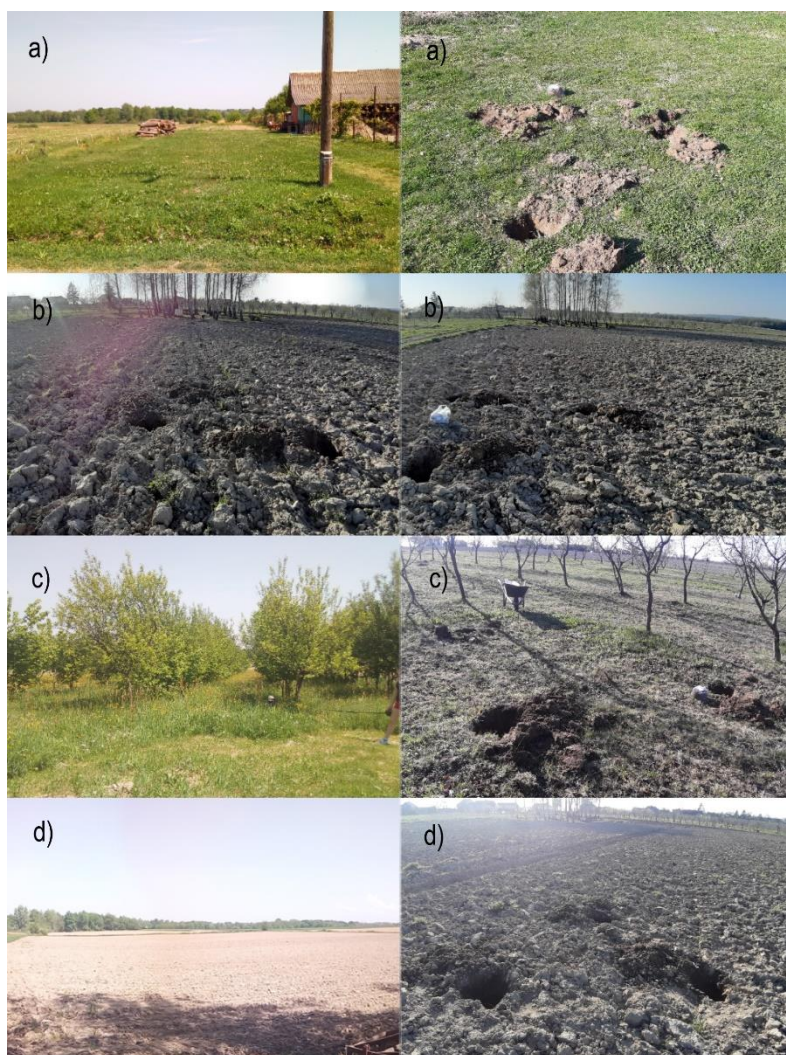
3.1. Terenski dio

Istraživano područje se nalazi u blizini općine Lipovljani (slika 1.), mjesta jugoistočno od grada Kutine u Sisačko-moslavačkoj županiji, na malom poljoprivrednom gospodarstvu u vlasništvu obitelji Lasek. Područje Lipovljana pripada kontinentalnoj Hrvatskoj, s subpanonskom klimom vrućih ljeta i hladnih zima (Službeni vjesnik, 2016). Uzorci su uzeti 31. ožujka 2019., za vrijeme vedrog, sunčanog i lagano vjetrovitog vremena. Nagib terena se kreće između 1,57 % do 3,14 % (<http://www.arkod.hr/>).

Kako je prikazano na slici 2., ukupno je uzeto je 20 kompozitnih porušenih uzoraka s dubine 0 – 30 cm, od čega po 5 na livadi (kontrola), voćnjaku, povrtnjaku i oranici (slika 3). Uzorci su uzimani pomoću „štihalice“ i lopate, uz mjerenje dubine uzimanja uzorka pomoću metra. Livada je prekrivena prirodnim vegetacijskim pokrovom, te se nije koristila otprilike 30 godina. U voćnjaku se nalazi prirodni vegetacijski pokrov te stabla lijeske, oraha, šljive, kruške, višnje, jabuke, dunje i trešnje. Stabla se svake tri godine prihranjuju smjesom komposta, stajskog gnoja i gnoja peradi. Tijekom uzorkovanja, prihrana nije dodavana unazad 3 godine. Stabla se redovito premazuju smjesom razrijeđenog vapna i modre galice. Tijekom uzorkovanja oranica nije imala vegetacijski pokrov, te nisu bile odrađene agrotehničke mjere nakon zimskog odmora tla. Na oranici se uzgaja kukuruz, te se kao gnojivo koristi NPK (15:15:15 ili 7:20:30) i prihranjuje se KAN-om. U slučaju predviđanja sušne godine, prije sijanja se dodaje urea. U povrtnjaku tijekom uzorkovanja nije bilo vegetacijskog pokrova, te nisu odrađene agrotehničke mjere nakon zimskog odmora tla. U povrtnjaku se uzgajaju dinje, lubenice, bundeve i krumpir. Prije zaoravanja u jesen, koristi se smjesa komposta, stajskog gnoja i gnoja peradi. Prihrana se vrši KAN-om.



Slika 1. i 2. Istraživano područje
Izvor: www.arkod.hr – snimka od 7. travnja 2018.



Slika 3. Prikaz parcela i uzimanja uzoraka (a – livada, b – povrtnjak, c – voćnjak, d – oranica)

3.2. Laboratorijski dio

Uzorci doneseni u laboratorij osušeni su na zraku. Nakon tjedan dana, uzorci su bili u potpunosti suhi, te su usitnjeni pomoću mlina. Svaki samljeveni uzorak je bio prosijan kroz sito promjera 2 x 2 mm (HRN ISO 11464, 2006). Tim postupkom odvojen je skelet tla (>2 mm) i dobivena je sitnica tla za kemijske analize.

U pripremljenim uzorcima izvršene su sljedeće kemijske analize tla:

- Reakcija tla – pH otopine tla u 1M kalijevom kloridu (KCl) i u destiliranoj vodi u omjeru zrakosuha sitnica : H₂O (KCl), 1 : 5 pomoću pH-metra (slika 4.) (HRN ISO 10390, 2005).
- Količine vapna potrebne za kalcizaciju temeljem hidrolitskog aciditeta (Metoda po Kappen-u) – prelijevanjem sitnice tla s 1M otopinom natrijevog acetata (CH₃COONa) i titiranjem filtrata sa 0,1M natrijevom lužinom, NaOH (metoda po Kappenu, JDPZ, 1966).
- Kapacitet i stupanj zasićenosti adsorpcijskog kompleksa (AK) tla po Kappen-u – prelijevanjem sitnice s 0,1M klorovodičnom kiselinom (HCl) i titracijom filtrata 0,1M NaOH (metoda po Kappenu, JDPZ, 1966). Daljnjim izračunom dobivaju se sljedeći parametri: količina baza sposobnih za zamjenu (S), nezasićenost adsorpcijskog kompleksa tla bazama (T-S), maksimalni adsorpcijski kapacitet tla za baze (T) i stupanj zasićenosti adsorpcijskog kompleksa tla bazama (%V).
- Karakter humusa – prelijevanjem tla s 2 %-tnim amonijev hidroksidom (NH₄OH) u omjeru tlo : NH₄OH, 1:3 te interpretiran prema boji filtrata (Škorić, 1982).
- Količina humusa u tlu (Metoda prema Tjurinu) – pomoću 0,4M kalijev bikromata, zatim kuhanja uzorka (slika 5.) te titriranja otopinom 0,1M Mohrove soli (metoda po Tjurinu JDPZ, 1966).
- Fiziološki aktivna hranjiva, kalij u obliku K₂O i fosfor u obliku P₂O₅ (AL-metoda, JDPZ, 1966) - koncentracija fiziološki aktivnog fosfora očitava se spektrofotometrijski pri valnoj duljini od 620 nm što odgovara plavoj boji otopina dobivenih iz filtrata (slika 6.), a koncentracija fiziološki aktivnog kalija izračunava se na temelju vrijednosti dobivenih plamenfotometrijom filtrata.

Sve navedene analize provedene su u laboratoriju Zavoda za pedologiju Agronomskog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu, osim fiziološki aktivnog kalija koji je određen u laboratoriju Zavoda za ishranu bilja također na Agronomskom fakultetu.



Slika 4. Određivanje pH vrijednosti otopine tla u KCl-u



Slika 5. Kuhanje uzoraka za određivanje količine humusa



Slika 6. Pripremljeni filtrati za spektrofotometrijsku analizu fiziološki aktivnog fosfora

4. Rezultati istraživanja i rasprava

4.1. Reakcija tla

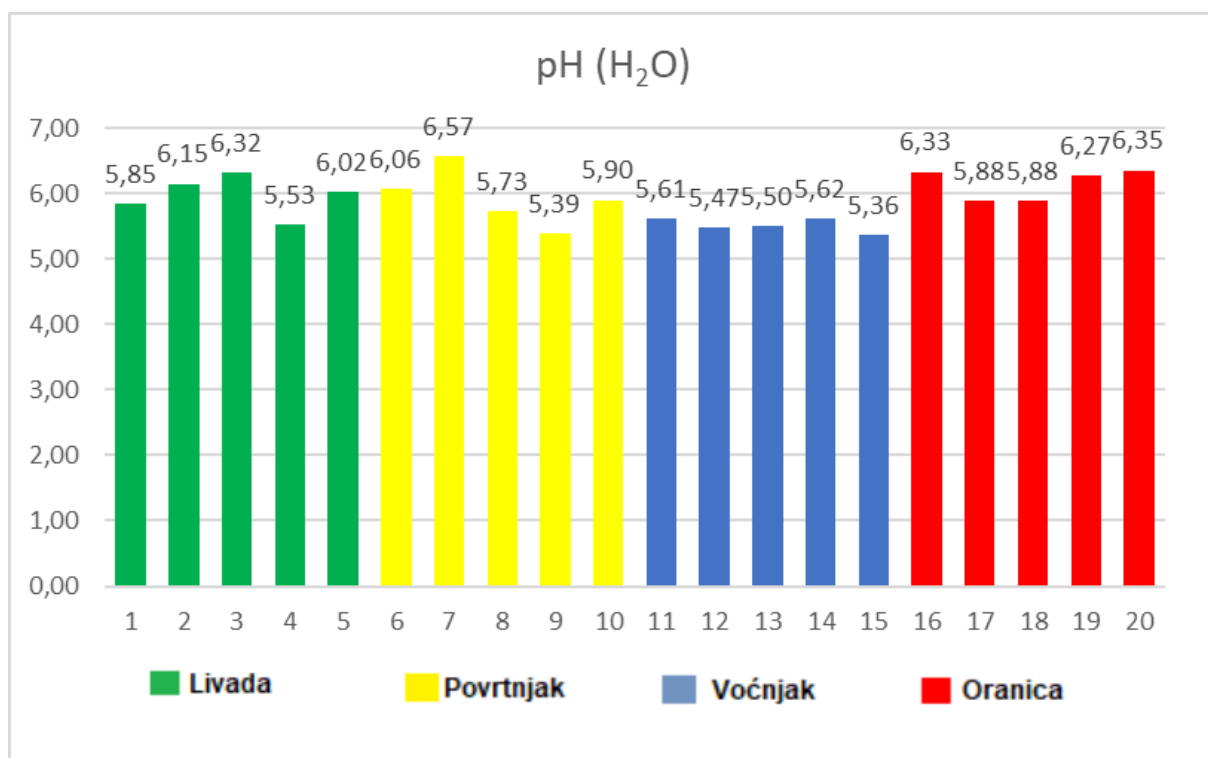
Reakcija tla je odnos koncentracije vodikovih (H^+) i hidroksidnih (OH^-) iona u otopini tla. Prisutnost H^+ iona dolazi zbog disocijacije raznih kiselina i kiselih soli u tlu pomoću vode, a prisutnost OH^- iona dolazi zbog disocijacije baza i bazičnih soli. Što je veća koncentracija H^+ iona, a manja koncentracija OH^- iona, to je reakcija tla kiselija, dok je u obrnutom slučaju reakcija tla lužnata. Ista koncentracija H^+ i OH^- iona u otopini tla znači da je reakcija tla neutralna (Kisić, 2012).

Prema podrijetlu H^+ iona možemo razlikovati aktivnu i potencijalnu kiselost. Aktivna kiselost je koncentracija slobodnih H^+ iona u otopini tla, dok je potencijalna ili supstitucijska kiselost koncentracija H^+ iona adsorbiranih na adsorpcijski kompleks tla koji imaju mogućnost zamjene slabih baza tog kompleksa za katione neutralnih soli i soli jakih baza i slabih kiselina (Pavlović, 2010).

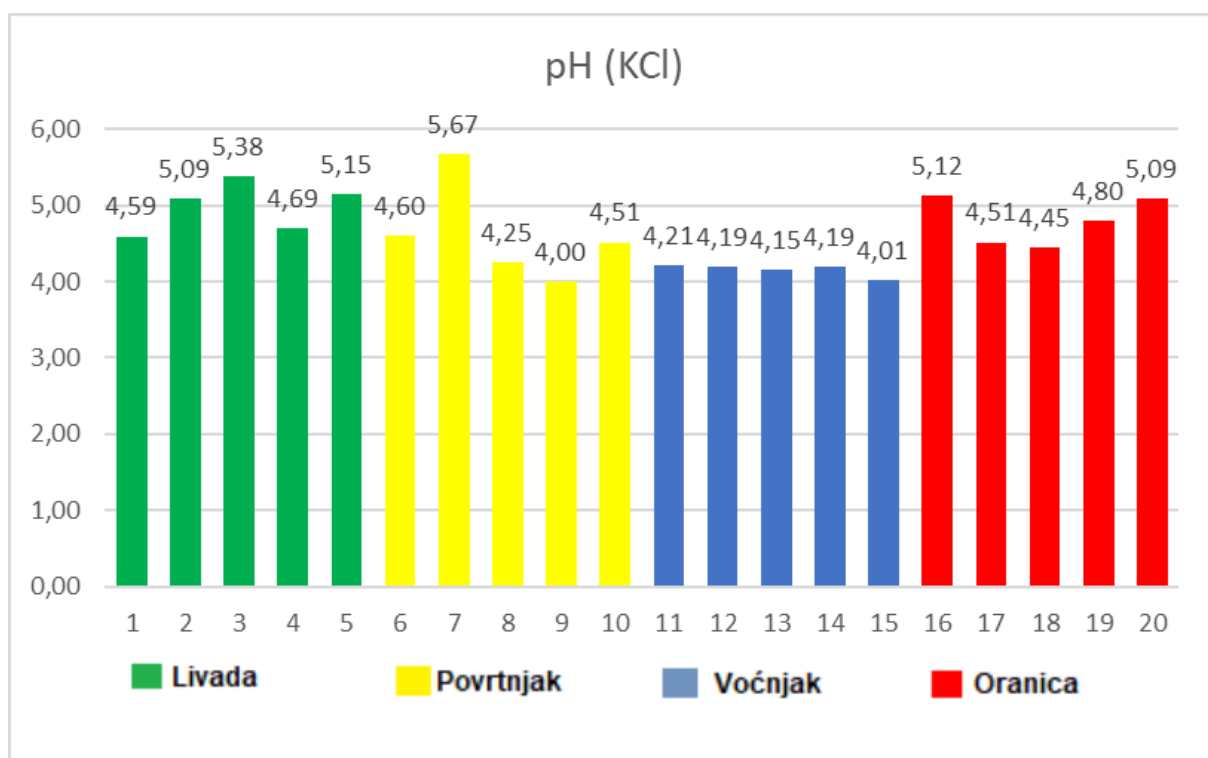
Reakcija otopine tla se kvantitativno izražava u pH jedinicama. Vrijednost pH označava negativni logaritam množinske koncentracije vodikovih iona u gram-ekvivalentima na litru otopine. Vrijednosti pH se kreću od 0 do 14, gdje vrijednosti od 0 do 7 označavaju kiselu reakciju, 7 označava neutralnu reakciju, dok vrijednosti od 7 do 14 označavaju alkaličnu (lužnatu) reakciju (Kisić, 2012).

Kiselost tla je jedan od glavnih ograničavajućih faktora u poljoprivrednoj proizvodnji. Otprilike 4 milijardi hektara, to jest 30 % tala koja nisu pod ledom su kisela (Sumner i Noble, 2003). Kiselost tla utječe na fizikalna, kemijska i biološka svojstva tla, kao što je potencijal sorpcije, raspoloživost kationa u tlu i smanjenje mikrobiološke aktivnosti (Fageria i Baligar, 2008; Sanderman i sur. 2008). Također, zbog zakiseljavanja tla dolazi do nedostupnosti ili nedostatka kalcija, magnezija i fosfora te povećanja koncentracija aluminijskih iona koji toksično djeluje na biljke (Jelić i sur, 2017).

Na grafu 1 prikazani su rezultati aktivne kiselosti tla u otopini destilirane vode i tla. Graf 2 prikazuje rezultate dobivene mjerenjem potencijalne ili supstitucijske kiselosti tla u otopini uzorka tla i KCl-a.



Graf 1. Aktivna kiselost tla



Graf 2. Potencijalna ili supstitucijska kiselost tla

Prema dobivenim rezultatima aktivne kiselosti tla (graf 1) uočava se da nema većih razlika u pH vrijednosti između prirodnog tla (livada) i antropogeniziranog (povrtnjak, voćnjak i oranica). Vrijednosti pH na livadi su se kretale od 5,53 do 6,32, a u prosjeku iznosile 5,97. U povrtnjaku je utvrđeno variranje pH od 5,39 do 6,57, u prosjeku 5,93. U voćnjaku su utvrđene nešto niže vrijednosti, u rasponu od 5,36 do 5,62, s prosječnim 5,51. Na oranici su utvrđene najviše vrijednosti koje su se kretale od 5,88 do 6,35, a u prosjeku iznosile 6,41.

Prema dobivenim rezultatima potencijalne ili supstitucijske kiselosti (graf 2) također možemo vidjeti slične pH vrijednosti na livadi (kontrola) vrijednostima u povrtnjaku, voćnjaku i oranici. Vrijednosti pH na livadi su se kretale od 4,59 do 5,38, što u prosjeku iznosi 4,98 i čini ovo tlo kiselim. U povrtnjaku je utvrđen širi raspon (4,00 – 5,67) uz nižu prosječnu vrijednost od 4,61 (kisela reakcija). U voćnjaku su utvrđene najniže vrijednosti pH koje su varirale u najužem rasponu, (4,01 do 4,21) uz prosjek od 4,15 što odgovara jako kiseloj reakciji. Vrijednosti pH na oranici su se kretale od 4,45 do 5,12, s prosječnim 4,79, odnosno reakcija je kisela.

Ako rezultate promatramo kao odnos neobrađenog tla (livada) i obrađenog tla (povrtnjak, voćnjak i oranica), neobrađeno tlo je imalo približno istu aktivnu kiselost u odnosu na obrađeno tlo. Međutim, postoje razlike u potencijalnoj kiselosti tla. U voćnjaku su utvrđene nešto niže vrijednosti pH u odnosu na livadu, oranicu i povrtnjak. Mogući razlog tome je zamjena H^+ iona i baza na adsorpcijskom kompleksu tla u voćnjaku koji nije gnojen 3 godine od uzorkovanja. Koncentracija baza se postupno smanjivala zbog nedostatnog gnojenja i usvajanja istih od strane biljke, a koncentracija H^+ iona je ostala ista. H^+ ioni su zatim počeli „izbijati“ baze s adsorpcijskog kompleksa kako bi se ioni u otopini tla koncentracijski izjednačili. Međutim, konstantnim usvajanjem hraniva (baza) iz tla i iznošenjem prinosima odnosno trošenjem njihovih zaliha u tlu, adsorpcijski kompleks se zasićuje H^+ ionima što dovodi do nižih vrijednosti potencijalne kiselosti. Također, zbog nedostatnog gnojenja, u ovom radu se očekuje i nedostatak hraniva u uzorcima voćnjaka.

Dobiveni rezultati u skladu su s podacima ranijih istraživanja pseudoglejnih tala pod prirodnom vegetacijom. U istraživanju Dugonjića i sur. (2013) aktivna kiselost pseudogleja livade na zaravni u površinskom horizontu iznosila je $5,33 \pm 0,23$, a na obronku $5,38 \pm 0,45$. Potencijalna kiselost pseudogleja livade na zaravni je bila $4,17 \pm 0,20$, a na obronku $4,19 \pm 0,46$. Tvica i sur. (2014) dobili su nešto niže vrijednosti potencijalne kiselosti na neobrađenom pseudoglejnom tlu čija je prosječna vrijednost iznosila 3,9. Rubinić (2013) je u Lipovljanima na pseudogleju pod šumskom vegetacijom utvrdio vrijednosti aktivne kiselosti na zaravni od 4,54 do 5,02, dok su se vrijednosti potencijalne kiselosti kretale od 3,52 do 3,78. Uzorci uzeti na tri profila pseudogleja na obronku pokazali su nešto nižu aktivnu kiselost u rasponu od 4,39 do 4,98, odnosno potencijalnu kiselost od 3,43 do 3,66. Jelić i sur. (2017) utvrdili su isto kiselu reakciju pseudoglejnog tla, gdje im je aktivna kiselost bila 5,24; a potencijalna kiselost 4,48. Škorić (1986) navodi da se aktivna kiselost u površinskim horizontima kreće od 5,0 do 5,5 zbog razvoja tog tipa tla na kiselim sedimentima. Vukadinović i Vukadinović (2011) iznose da je aktivna kiselost pseudogleja uglavnom kisela i kreće

se od 5 do 6. Husnjak (2014) također navodi da je reakcija pseudoglejnog tipa tla kisela. Vrijednosti aktivne i supstitucijske kiselosti na livadi u ovom istraživanju su neznatno više u odnosu na podatke navedenih autora.

Podaci o pH u antropogeniziranom pseudoglejnom tlu također su usporedivi s literaturnim navodima. Dugonjić i sur. (2013) utvrdili su aktivnu kiselost obrađenog pseudoglejnog tla na zaravni $5,34 \pm 0,43$, a na obronku $5,27 \pm 0,40$. Potencijalna kiselost obrađenog pseudoglejnog tla na zaravni je bila $4,14 \pm 0,35$, a na obronku $4,00 \pm 0,21$. Tvica i sur. (2014) dobili su nešto niže vrijednosti potencijalne kiselosti i na obrađenom pseudoglejnom tlu, gdje je prosječna vrijednost bila 3,7. Kao razlog navode lošu brigu o plodnosti tla, tj. nedostatak organske tvari u obrađenom tlu (pogotovo organskog ugljika). Špoljar i sur. (2001) primijetili su smanjenje supstitucijske kiselosti kod uzgoja grahorica i zobi. Kod grahorica se pH vrijednost smanjila s 5,63 na 5,02, dok se kod zobi s 5,15 vrijednost snizila na 4,96. Rastija i sur. (2009) svojim su istraživanjem utvrdili da NPK gnojivo dodatno zakiseljuje tlo, ako se u isto vrijeme ne vrši kalcizacija. Njihove najniže vrijednosti pH u KCl-u na kontrolnoj varijanti iznosile su 3,97 (Donji Miholjac) i 4,11 (Zelčin). Zatim su slijedile vrijednosti područja na kojem se primjenjivalo NPK gnojivo i karbokalk, a bile su 4,62 (Donji Miholjac) i 5,09 (Zelčin). Najviše vrijednosti su utvrdili prilikom primjene samog karbokalka bez NPK gnojiva, a vrijednosti su bile 4,89 (Donji Miholjac) i 5,12 (Zelčin).

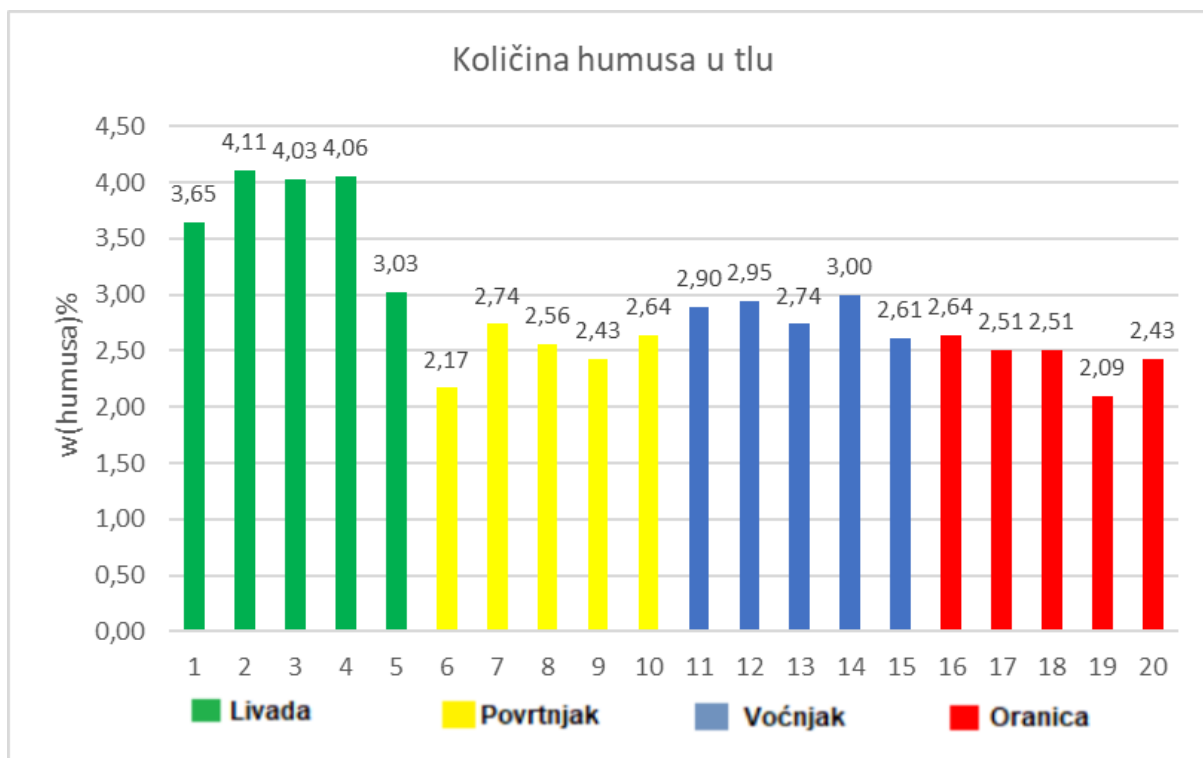
4.2. Humus

Humus je tvar nastala od nemineraliziranih ostataka biljaka i životinja. Takvi nemineralizirani ostaci su više-manje otporni na mikrobiološku razgradnju te kraće ili duže vrijeme mogu obitavati u tlu. Prilikom povoljnih uvjeta, odvija se razgradnja, a prilikom nepovoljnih uvjeta, humus se u tlu akumulira i stvara se zaliha te se može reći da humus služi kao rezerva i stabilizator za mikroorganizme tla (Waksman, 1936). Također, humus povećava i plodnost tla (Kisić, 2012).

4.2.1. Količina humusa

Količina humusa važna je za mnoge fizikalne, kemijske i biološke komponente tla. Humus kao fizikalna komponenta utječe na vodozračni režim tla, stvaranje mrvičaste strukture koja omogućuje bolju aeraciju tla, bolju drenažu i smanjuje eroziju tla, te omogućuje lakšu obradu tla. U kemijskom pogledu humus omogućuje povećanu sposobnost tla za adsorpciju iona, poboljšava puferna svojstva tla te ima izrazitu moć adsorpcije iona i sposobnost različitih reakcija s mineralnom komponentom tla. Humus kao biološki čimbenik važan je za opskrbu biljaka fosforom, kalcijem, željezom i drugim bioelementima te stvara kompleksne spojeve koje biljka može usvajati (Vukadinović i Vukadinović, 2011).

Na grafu 3. prikazani su rezultati sadržaja humusa u uzorcima utvrđeni metodom po Tjurinju za svaki način korištenja tla.



Graf 3. Količina humusa u tlu

Prema dobivenim rezultatima količine humusa u tlu (graf 3) uočljiva je veća količina humusa u prirodnom tlu (livada) u odnosu na antropogenizirane varijante (povrtnjak, voćnjak i oranica). Količina humusa na livadi varirala je od 3,03 % do 4,11 %, i u prosjeku iznosila 3,78 %. Svi uzorci tla s livade su dosta humozni. Količina humusa u povrtnjaku se kretala od 2,17 % do 2,74 %, a u prosjeku je bila 2,51 %. U voćnjaku su utvrđene nešto više vrijednosti u odnosu na povrtnjak (2,61 – 3,00 %) uz višu prosječnu vrijednost od 2,84 %. U tlu oranice sadržaj humusa se kretao od 2,09 % do 2,64 %, uz prosjek 2,44 %. Svi uzorci antropogeniziranog tla povrtnjaka, voćnjaka i oranice su slabo humozni.

Razlog manje količine humusa u uzorcima tla povrtnjaka, voćnjaka i oranice u odnosu na prirodno tlo pod livadom je obrada tla koja potiče mineralizaciju organske tvari. Međutim te vrijednosti ipak nisu toliko niske zbog unosa organske tvari u tlo prilikom obrade tla.

Utvrđena količina humusa u skladu je s literaturnim podacima za pseudoglejna tla. Brojni autori su dokazali da prenamjena neobrađene površine u poljoprivredno zemljište utječe na smanjenje organske tvari u tlu i humusa, jer nema prirodnih ostataka koji se mogu humificirati. Isto tako se obradom tla potiče mineralizacija organske tvari i smanjuje se količina humusa (Lichon, 1993; Chen i sur., 2001; Jiang i sur., 2006; Kizilkaya i Dengiz, 2010; Haghighi i sur., 2010).

Prema Čolik (2017) prosječan raspon sadržaja humusa u pseudogleju istočne Slavonije iznosio je 1,60 – 2,67 % što znači da su navedena tla siromašna organskom tvari. Dugonjić i sur. (2013) su utvrdili niže sadržaje humusa na neobrađenoj površini, koji su za primarni pseudoglej iznosili $1,01 \pm 0,55$; a za sekundarni pseudoglej $0,94 \pm 0,56$. Rubinić (2013) je na području Lipovljana utvrdio veće količine humusa u površinskim horizontima pseudogleja pod šumom, ali se količina humusa drastično smanjivala s dubinom. U površinskom horizontu pseudogleja na zaravni sadržaj humusa se kretao od 8,48 do 17,5 %, a u potpovršinskom od 1,22 do 2,28 %. Na obronačnom pseudogleju se sadržaj humusa u površinskom horizontu kretao od 9,93 do 12,10 %, a u potpovršinskom od 1,40 do 2,43 %. Prema Vukadinović i Vukadinović (2011) u pseudoglejnim tlima sadržaj humusa iznosi od 1 do 3 % i drastično pada s dubinom. Ćirić (1986) je konstatirao da se pod šumom i travnjacima nalazi 3 – 5 % humusa, a na oranicama 2 – 3 % humusa, uz naglo opadanje tih vrijednosti s dubinom. Bertić i sur. (2006) iznose rezultate od 2,1 % humusa za pseudoglej središnje Hrvatske. Kod Jelić i sur. (2007) količina humusa na neobrađenoj površini varirala je od 2,02 % do 6,03 %, dok se na obrađenoj površini utvrđene niže vrijednosti u rasponu od 2,02 % do 4,63 %. Kao razlog manje količine humusa u obrađenom tlu autori su naveli povoljne uvjete za mineralizaciju organske tvari obradom.

4.2.2. Karakter humusa

Postoje dvije vrste humusnih tvari, a dijelimo ih na nespecifične i specifične. Specifične humusne tvari predstavljaju visokomolekularne spojeve tamne boje nastale humifikacijom. Humus dijelimo na tri grupe spojeva, a to su huminske

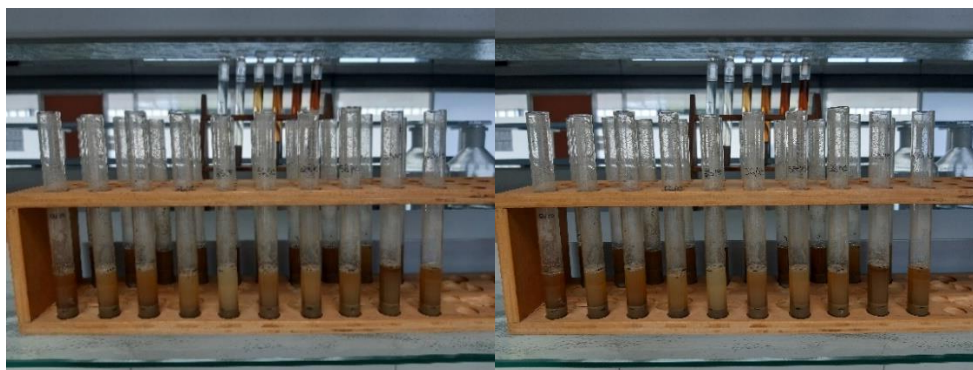
kiseline, fulvokiseline i humin. Huminske kiseline su najkvalitetnija frakcija humusa, bogate su dušikom, otporne su na razgradnju, hidrofobnih značajki, održavaju stabilnu strukturu te imaju veliki kapacitet sorpcije. Fulvokiseline su hidrofilne, soli su im topive u vodi, izrazito su kisele, tvore komplekse s metalima i čimbenik su destrukcije tla. Humus po kvaliteti može biti kiseli ili sirovi, što ukazuje na prisutnost velike količine fulvokiselina, a humifikacija se odvija pod utjecajem gljiva. Također može biti i blagi odnosno zreli ako sadržava huminske kiseline i njihove soli humate, a humifikacija se odvija pod utjecajem bakterija. Prijelazni humus je kombinacija sirovog i zrelog humusa (Špoljar, 2007).

Fulvokiseline peptiziraju s OH^- ionima iz amonijevog hidroksida (NH_4OH) jer su negativnog naboja, pri čemu dolazi do obojenosti otopine u smeđu boju. Manja količina slobodnih fulvokiselina obojit će otopinu u žutu. Ako je sav humus u obliku soli huminskih kiselina (humata), ne dolazi do reakcije i otopina je bezbojna (Škorić, 1986).

Prema slici 7. prvih pet filtrata označava uzorke tla s livade, drugih pet iz povrtnjaka, trećih pet iz voćnjaka i zadnjih pet s oranice, te su prema njima u tablici 1 prikazani rezultati karaktera humusa u uzorcima tla s obzirom na način korištenja prema boji filtrata otopine tla u NH_4OH .

Tablica 1. Karakter humusa u uzorcima s obzirom na različite načine korištenja

	Livada					Povrtnjak				
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Slabo kiseli		x	x	x	x		x			
Kiseli	x					x		x	x	x
	Voćnjak					Oranica				
	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
Slabo kiseli						x			x	x
Kiseli	x	x	x	x	x		x	x		



Slika 7. Karakter humusa određen prema boji filtrata

Rezultati pokazuju da se u tlu pod svim načinima korištenja nalazi slabo kiseli ili kiseli humus. U tlu voćnjaka utvrđen je isključivo kiseli humus, a zatim slijedi povrtnjak, gdje je jedan uzorak bio slabo kiseli, a ostali kiseli. Oranica je imala dva kisela uzorka i tri slabo kisela uzorka, dok je kod livade utvrđeno da je jedan uzorak kiseli, dok su preostala četiri uzorka slabo kiseli.

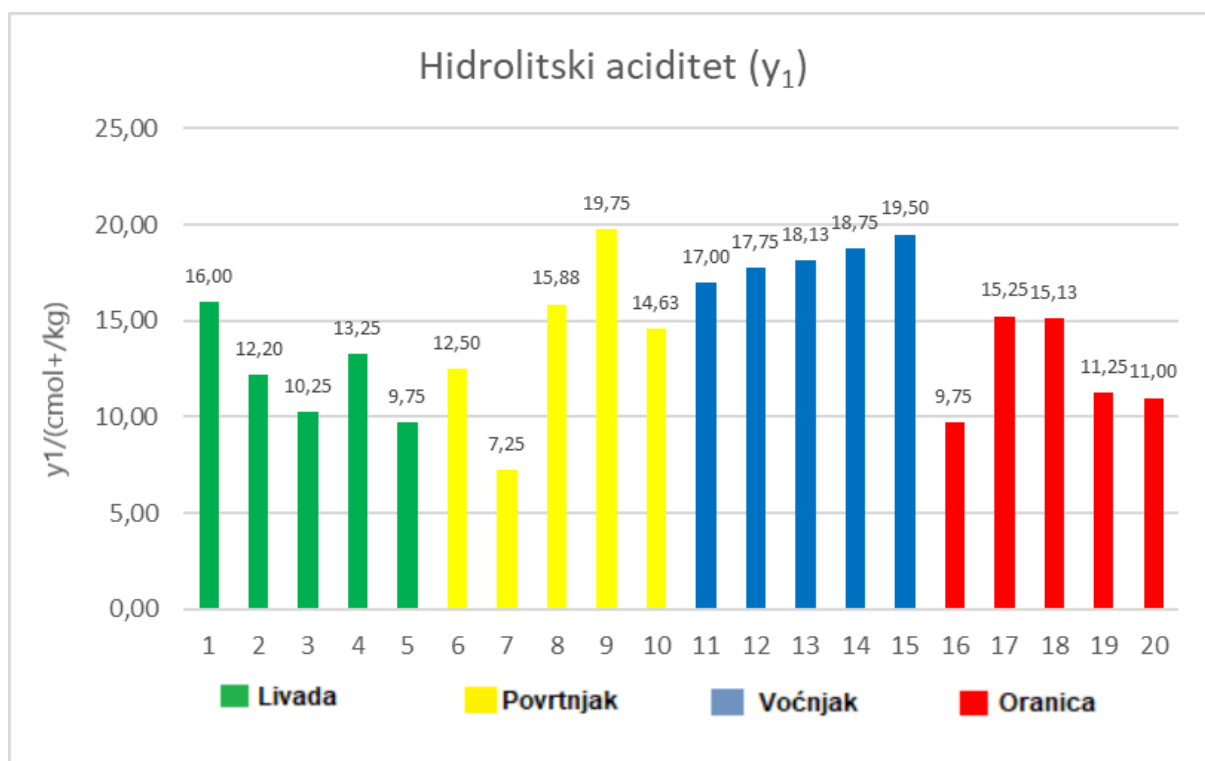
Karakter humusa pseudogleja je u pravilu kiseo zbog povećanog sadržaja fulvokiselina (Ćirić, 1986; Škorić, 1986; Vukadinović i Vukadinović, 2011). U istraživanju Rubinića (2013) karakter humusa pseudogleja na zaravni i obronačnog u površinskom horizontu tla također je bio kiseli.

Dobiveni rezultati u ovom istraživanju podudaraju se s tvrdnjama navedenih autora. Uzorci livade su imali slabo kiseli humus osim jednog uzorka, dok su uzorci povrtnjaka i voćnjaka imali uglavnom kiseli humus. Jedan od mogućih razloga kiselijeg karaktera humusa u povrtnjaku i voćnjaku može biti dodavanje smjese komposta, stajskog gnoja i gnoja peradi. Oranica je imala više uzoraka koji su slabo kiseli nego kiseli, a na njoj se ne primjenjuje navedena smjesa komposta, stajskog gnoja i gnoja peradi.

4.3. Hidrolitski aciditet

Hidrolitski aciditet je sveukupni aciditet tla, te prikazuje količinu H^+ iona koji su slabije vezani za adsorpcijski kompleks (AK), ali i H^+ ione koji su čvršće vezani na AK, a koji se ne mogu zamijeniti pomoću otopine neutralnih soli, poput KCl-a. Hidrolitski aciditet se određuje pomoću natrijevog acetata (CH_3COONa), soli koja u potpunosti disocira u vodi. OH^- ioni se vežu za H^+ iona s AK, a nastala octena kiselina slabo disocira. Takvim postupkom se maksimalno ekstrahiraju H^+ ioni s AK (Bensa i Miloš, 2011). Hidrolitski aciditet neizostavna je metoda kojom se određuje doza vapna potrebna za kalcizaciju kiselih tala. Temeljem hidrolitskog aciditeta vrši se neutralizacija kiselosti karbonatnim materijalima ($CaCO_3$ i CaO) kako bi se postigla pH vrijednost 7,0, te se tako tlo osposobljava za intenzivno uzgajanje biljaka osjetljivih na kiselu reakciju (šećerna repa, lucerna i dr.). Također se pomoću vrijednosti hidrolitskog aciditeta izračunava nezasićenost AK-a i maksimalni kapacitet adsorpcije tla za baze (T), kao i stupanj zasićenosti AK tla bazama (%V) (Sever i Bensa, 2009).

U grafu 4. prikazan je hidrolitski aciditet u uzorcima tla s obzirom na način korištenja tla.



Graf 4. Hidrolitski aciditet u uzorcima tla

Vrijednosti hidrolitskog aciditeta dobivene analizom uzoraka s livade, kretale su se od 9,75 do 16,00 cmol+/kg, što u prosjeku iznosi 12,29 cmol+/kg. Vrijednosti hidrolitskog aciditeta kod povrtnjaka kretale su se u širokom rasponu od 7,25 do 19,75 cmol+/kg, s prosjekom od 14,00 cmol+/kg. U prosjeku, povrtnjaku su potrebne niske doze materijala za kalcizaciju. U voćnjaku je utvrđen uži raspon (17,00 – 19,50 cmol+/kg) uz prosjek od 18,23 cmol+/kg. Za podizanje pH do 7,0 potrebne su umjerene doze materijala za kalcizaciju. Vrijednosti hidrolitskog aciditeta kod oranice varirale su od 9,75 do 15,25 cmol+/kg, te u prosjeku iznosile 12,48 cmol+/kg što upućuje na potrebu za niskim dozama materijala za kalcizaciju.

Utvrđena potreba za kalcizacijom kod svih načina korištenja pseudoglejnog tla u ovom istraživanju u skladu je s ranijim istraživanjima ovog tipa tla. Kisić i sur. (2002) su istraživanjem obrađenog obronačnog pseudogleja na dubini od 0-24 cm utvrdili vrijednosti hidrolitskog aciditeta od 12,8 cmol+/kg. Vrijednosti y_1 u istraživanju Rubinića i sur. (2015b) u površinskom sloju na obradivom pseudogleju, na gornjem i donjem dijelu padine, iznosile su 9 cmol+/kg i 10,25 cmol+/kg, dok su se na livadi te vrijednosti bile manje, 7,25 cmol+/kg i 8,75 cmol+/kg. U radu Pandžić (2015) vrijednosti hidrolitskog aciditeta neobrađenog pseudogleja (livada) su varirale između 14,2 do 18,95 cmol+/kg, dok su na obrađenom tlu pod konvencionalnom proizvodnjom vrijednosti su varirale od 10,7 do 17,25 cmol+/kg. Na obrađenom tlu pod ekološkom proizvodnjom rezultati su iznosili 9,24 do 12,3 cmol+/kg. Rastija i sur. (2009) na lesiviranom pseudoglejnom tlu u Donjem Miholjcu i Zelčinu na dubini od 0 – 30 cm dobili su vrijednosti od 4,15 cmol+/kg i 3,92 cmol+/kg. Kovačević i sur. (2012) su na pseudogleju dobili prosječnu vrijednosti hidrolitičkog aciditeta od 6,85 cmol+/kg.

4.4. Kapacitet i stanje zasićenosti adsorpcijskog kompleksa tla bazama

Adsorpcijski kompleks predstavlja skup koloida tla, koji su sposobni adsorbirati ione na svojoj površini i imaju svojstvo zamjene adsorbiranih iona s ionima iz otopine tla. AK tla na svojoj površini ima uglavnom negativni naboj, što mu daje mogućnost adsorpcije pozitivno nabijenih iona (kationa) na svoju površinu iz otopine tla. U sastav AK ulaze sitni fragmenti primarnih minerala, organomineralni koloidi, amorfne mineralne tvari (hidroksidi željeza, aluminija, opal i dr.), organske tvari (humus) i sekundarni alumosilikati. Kationi koji AK može adsorbirati su H^+ , Ca^{2+} , Mg^{2+} , K^+ , NH_4^+ , Na^+ , neki kationi mikroelemenata te Fe^{3+} i Al^{3+} koji se adsorbiraju u kiselim tlima u malim količinama. Valencija i polumjer hidratacijske sfere omogućuje kationima jaču ili slabiju adsorpciju na AK, a isto tako na adsorpciju utječu i koncentracija tih kationa u otopini tla, specifična svojstva koloida i općenito koncentracija otopine. Jačina adsorpcije omogućuje proces supstitucije (zamjene) iona, koji se odvija vrlo brzo i uglavnom je reverzibilna pojava. Saznanja o AK tla nam omogućuje bolji uvid u kemijska svojstva tla, tj. o njegovoj kiselosti, sposobnosti puferizacije, redoks potencijalima, fiziološki aktivnim hranjivima te o njegovim fizikalnim svojstvima, kapilarnom usponu unutar tla, dreniranosti, aeraciji i toplinskim svojstvima tla. Prilikom ispitivanja adsorpcijskog kompleksa određuju se sljedeći parametri: količina baza sposobnih za zamjenu (S), maksimalni adsorpcijski kapacitet za baze (T), nezasićenost AK (T-S) i stupanj zasićenosti AK tla bazama (%V) (Sever i Bensa, 2009).

U tablici 2 prikazani su rezultati analize kapaciteta i stanja zasićenosti adsorpcijskog kompleksa (AK) tla bazama metodom po Kappen-u.

Tablica 2. Rezultati kapaciteta i stanja zasićenosti AK tla

	Livada					Povrtnjak				
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
S	7,10	8,30	9,00	7,40	8,10	7,90	12,70	7,90	5,50	7,50
(T-S)	10,40	7,93	6,66	8,61	6,34	8,13	4,71	10,32	12,84	9,51
T	17,50	16,23	15,66	16,01	14,44	16,03	17,41	18,22	18,34	17,01
%V	40,57	51,14	57,46	46,21	56,10	49,30	72,94	43,36	29,99	44,10
	Voćnjak					Oranica				
	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
S	7,10	8,60	8,20	7,40	4,70	8,80	7,50	7,60	7,90	8,50
(T-S)	11,05	11,54	11,78	12,19	12,68	6,34	9,91	9,83	7,31	7,15
T	18,15	20,14	19,98	19,59	17,38	15,14	17,41	17,43	15,21	15,65
%V	39,12	42,17	41,04	37,78	27,05	58,13	43,07	43,60	51,93	54,31

S/(cmol+/kg) – količina baza sposobnih za zamjenu, (T-S)/(cmol+/kg) – nezasićenost AK tla, T/(cmol+/kg) – maksimalni adsorpcijski kapacitet za baze, V (%) – stupanj zasićenosti AK tla bazama

Stupanj zasićenosti AK tla bazama (V) na livadi se kretao od 40,57 do 57,46 % uz prosječnih 50,30 %. U tlu povrtnjaka utvrđen je širi raspon (29,99 – 72,94 %), s prosjekom od 47,94 %. U tlu voćnjaka te su se vrijednosti kretale od 27,05 do 42,17 %, te u prosjeku iznosile 37,54 %. U oranici je utvrđeno 43,07 do 58,13 %, u prosjeku 50,21 %.

Najniže vrijednosti stupnja zasićenosti AK tla bazama utvrđene su u tlu voćnjaka, što se može objasniti nedostatkom gnojidbe unazad 3 godine od uzorkovanja. H⁺ ioni zamijenili su baze na AK tla koje su se iznosile usvajanjem od strane biljke.

U svim istraživanim načinima korištenja tla utvrđen je osrednji stupanj zasićenosti AK tla bazama. Dobiveni rezultati su očekivani i tipični za ovaj tip tla, prema podacima iz literature. Škorić (1991) navodi da je raspon V-a u pseudogleju od 20 % do 50 %. Vukadinović i Vukadinović (2011) su utvrdili da V ne prelazi 50 % kod pseudogleja, te da se radi o niskom stupnju zasićenosti AK tla. Bakšić (2002) navodi da nekarbonatan matični supstrat daje bazama siromašan detritus, a kiselo tlo i humidna klima uvjetuju dodatno ispiranje baza iz tla, što uzrokuje osrednju do nisku zasićenost AK tla bazama. Prema Ćiriću (1986) zasićenost AK tla bazama i pH tla u međusobnoj su pozitivnoj korelaciji. Acidifikacijom se nakupljaju H⁺ ioni u otopini tla te se oni vežu za AK tla i istiskuju druge ione koji se u otopini tla nalaze u manjoj koncentraciji. Također navodi da se maksimalni adsorpcijski kapacitet (T) u pseudogleju kreće od 10 do 20 cmol+/kg u površinskim horizontima, a u donjim horizontima 20 do 30 cmol+/kg. Isto tako, navodi da je stupanj zasićenosti baza (%V) najčešće manji od 50 %.

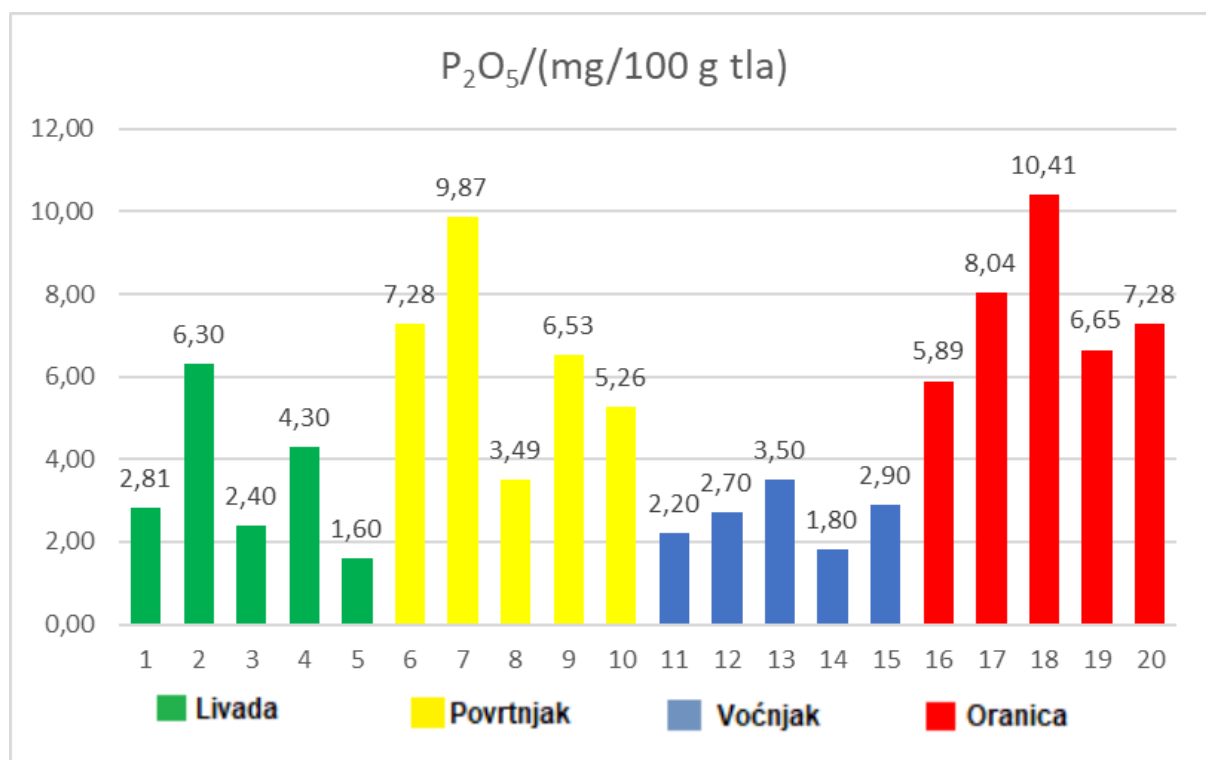
4.5. Fiziološki aktivna hranjiva

Fosfor i kalij su esencijalna hraniva za biljku. Glavni izvor fosfora u tlu je mineralna tvar, odnosno trošenje matične stijene. Sadržaj fosfora u tlu je vrlo promjenjiv (0,02 – 0,15 %), jer se nalazi vezan i u organskoj tvari tla i u sastavu je mnogih topljivih minerala. Smatra se da se u organskoj tvari poljoprivrednih tala nalazi oko 20 – 60 % organski vezanog fosfora i 40 – 80 % anorganski vezanog fosfora. Kalij u tlo dolazi raspadanjem primarnih minerala ima sposobnost vezati se za adsorpcijski kompleks, te se tako malo ispire iz tla, zbog čega se njegova raspoloživost usko povezuje s procesima sorpcije i desorpcije na AK tla (Pavlović, 2010).

4.5.1. Fiziološki aktivan fosfor (P_2O_5)

Raspoloživi ionski oblici fosfora koje biljka može usvojiti su $H_2PO_4^-$ i HPO_4^{2-} . Ugrađuju ih u organsku tvar bez redukcije, jer se na fosfatu temelji metabolizam energije svih živih bića, jer je sastojak fosfatida, nukleotida, nukleinskih kiselina, enzima itd. (Vukadinović i Vukadinović, 2010). Čirić (1986) navodi da je pseudoglej siromašan fiziološki aktivnim fosforom. Vukadinović i Vukadinović (2010) također navode da je pseudoglej siromašan fosforom zbog njegove kemijske fiksacije s aluminijem (Al) i željezom (Fe).

U grafu 5. prikazani su rezultati analize fiziološki aktivnog fosfora (P_2O_5) u uzorcima tla s obzirom na način korištenja tla.



Graf 5. Količina fiziološki aktivnog fosfora u uzorcima tla

Vrijednosti fiziološki aktivnog fosfora (P_2O_5) na livadi su iznosile od 1,60 do 6,30 mg/100g tla, u prosjeku 3,48 mg/100g tla. U uzorcima povrtnjaka utvrđene su nešto više vrijednosti (3,49 – 9,87 mg/100g tla), s prosječnih 6,49 mg/100g tla. U voćnjaku je utvrđeno 1,80 do 3,50 mg/100g tla, uz prosjek od 2,62 mg/100g tla. Tlo oranice ima najveće vrijednosti fiziološki aktivnog fosfora, u rasponu od 5,89 do 10,41 mg/100g tla, s prosjekom od 7,65 mg/100g tla. Sve varijante antropogeniziranog pseudogleja, kao i prirodnog su vrlo nisko opskrbljene fiziološki aktivnim fosforom (P_2O_5).

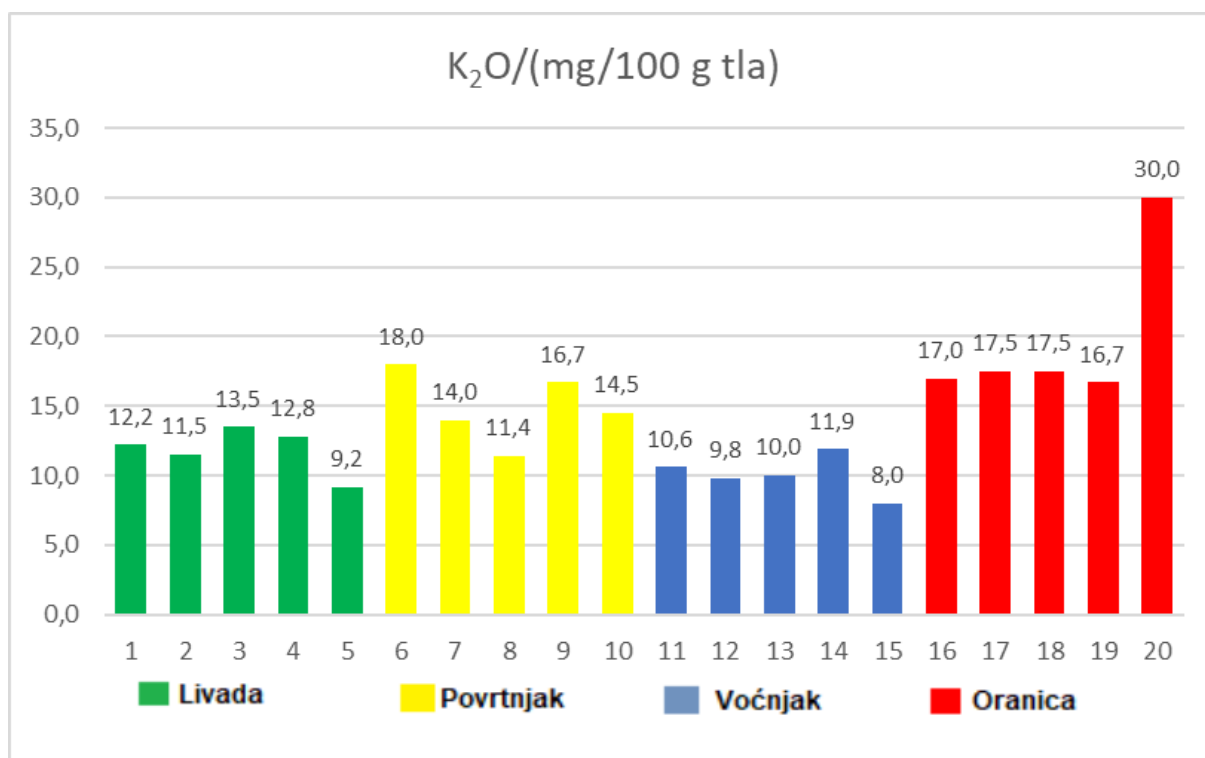
Iako su sva tla analizirana u ovom radu siromašna fiziološki aktivnim fosforom, uočavaju se razlike između viših sadržaja P_2O_5 u tlima oranice i povrtnjaka koji se redovito gnoje svake godine, u odnosu na voćnjak u kojem nije provedena gnojidba unatrag 3 godine.

Mnogi autori se slažu da je pseudoglej slabo opskrbljen fiziološki aktivnim fosforom (P_2O_5) (Vukadinović i Vukadinović, 2011; Škorić, 1986; Lončarić i sur. 2006). Vukadinović i Vukadinović (2011) kao razlog navode da se u pseudogleju formiraju teško topive soli aluminija i željeza sa slobodnim fosfatima što uzrokuje smanjenje količine fiziološki aktivnog fosfora (P_2O_5). Špoljar (2007) navodi da kiseli uvjeti u pseudoglejnom tlu uvjetuju nastanku tih soli. Tvica i sur. (2014) su analizom fiziološki aktivnog fosfora u livadnom tlu utvrdili 3,7 mg/100g tla, dok su na obrađenom tlu utvrdili 8,26 mg/100g tla. U istraživanju Kisića i sur. (2002) na pseudogleju obronačnom na dubini od 0 – 24 cm dobiveno je 13,8 mg P_2O_5 /100g tla. Rubinić i sur. (2015b) izvještavaju o vrlo niskim vrijednostima fiziološki aktivnog fosfora na livadi (gornji dio 2,4 mg/100g tla, a donji 2,2 mg/100g tla). Na gornjem dijelu oranice autori su utvrdili više vrijednosti od 16,6 mg/100g tla, a na donjem dijelu 6,4 mg/100 g tla.

4.5.2. Fiziološki aktivan kalij (K_2O)

Biljka usvaja kalij u obliku kalijevih kationa, K^+ . Kalij u biljci sudjeluje u regulaciji permeabilnosti staničnih membrana i u aktivaciji enzima, te ga često zahtijevaju u velikim količinama (Vukadinović i Vukadinović, 2010).

Na grafu 6. prikazani su rezultati fiziološki aktivnog kalija (K_2O) u uzorcima tla s obzirom na način korištenja tla.



Graf 6. Količina fiziološki aktivnog kalija u uzorcima tla

Količine fiziološki aktivnog kalija (K_2O) u uzorcima livade kretale su se od 9,2 do 13,5 mg/100g tla, te u prosjeku iznosile 11,8 mg/100g tla. U uzorcima povrtnjaka, vrijednosti su varirale od 11,4 do 18,0 mg/100g tla, s prosjekom od 14,9 mg/100g tla. U voćnjaku su utvrđene najniže vrijednosti K_2O (7,6 – 10,0 mg/100g tla), u prosjeku 8,9 mg/100g tla. Tlo oranice sadrži najviše vrijednosti fiziološki aktivnog kalija, u rasponu od 16,7 do 30,0 mg/100g tla i prosječnu vrijednost od 19,7 mg/100g tla. Tlo livade i voćnjaka je vrlo nisko, povrtnjaka nisko, a oranice dobro opskrbljeno fiziološki aktivnim kalijem. Razlog tome je nedostatna gnojidba voćnjaka unazad 3 godine i to što se gnojidba uopće ne primjenjuje na livadi.

Dobiveni rezultati usporedivi su s literaturnim podacima. U istraživanju Kisića i sur. (2002) primijetilo se opadanje količine fiziološki aktivnog kalija u obronačnom pseudogleju s dubinom, te je u površinskom horizontu utvrđeno 15,9 mg/100g tla. Kovačević i sur. (2005) su na pseudogleju istočne Hrvatske utvrdili da je tlo slabo opskrbljeno fiziološki aktivnim kalijem, uz vrijednosti u rasponu od 1,42 do 9,60 mg/100g tla. Međutim, prema Vukadinović i Vukadinović (2011) tlo koje nije gnojeno može imati vrlo varijabilne količine fiziološki aktivnog kalija, a te vrijednosti često su ispod 10 mg/100g tla. Rubinić i sur. (2015b) su na površinskom sloju oranice na gornjem dijelu dobili vrijednost do 29,5 mg/100g tla, a na donjem dijelu 17,0 mg/100g tla. Na livadi na gornjem i donjem dijelu dobili su manje vrijednosti od oranice koje su iznosile 14,0 mg/100g tla i 18,4 mg/100g tla. Špoljar i sur. (2001) utvrdili su da se količina fiziološki aktivnog kalija u tlu nije mijenjala prilikom uzgoja grahorica i zobi, a kao razlog navode odgovarajuću gnojidbu. Prilikom uzgoja grahorica, tijekom početka vegetacije, cvatnje i žetve, količina fiziološki aktivnog kalija se kretala od 11,0 do 12,0 mg/100g tla. Dok su rezultati kod uzgoja zobi u istim periodima vegetacije varirali od

11,0 do 13,8 mg/100g tla. Mumelaš (2016) navodi kako se na pseudoglejnom tlu na kojem se uzgajaju pretežito ratarske kulture količina fiziološki aktivnog kalija kretala od 8,0 do 13,9 mg/100g tla (slaba opskrbljenost) u 40 % uzoraka, a kod 42,86 % uzoraka. Utvrđen je raspon 14,0 – 25,9 mg/100g.

5. Zaključak

Prema dobivenim rezultatima kemijskih svojstava pseudogleja pod prirodnom vegetacijom (livada - kontrola) i pod različitim načinima korištenja u poljoprivredi (povrtnjak, voćnjak i oranica) može se zaključiti sljedeće:

- Reakcija tla u voćnjaku je bila jako kisela (prosječno 4,15), dok je kod ostalih načina korištenja bila kisela uz prosječne vrijednosti od 4,61 do 4,98
- Hidrolitski aciditet u tlu voćnjaka upućuje na potrebu za umjerenim dozama materijala za kalcizaciju, dok su kod ostalih načina korištenja potrebne niske doze
- U voćnjaku je utvrđen najniži stupanj zasićenosti AK bazama (37,54 %), dok je kod ostalih načina korištenja bio u rasponu 47,94 – 50,21 %
- Prosječna količina humusa je bila viša na livadi (3,78 %) nego kod antropogeniziranih tala kod kojih je bila u rasponu od 2,44 % (oranica) do 2,84 % (voćnjak)
- Opskrbljenost fiziološki aktivnim fosforom je pri svim načinima korištenja bila vrlo niska, uz najviše vrijednosti na oranici (prosječno 7,65 mg/100 g tla)
- Opskrbljenost fiziološki aktivnim kalijem je u voćnjaku i livadi bila vrlo niska, u povrtnjaku niska, a na oranici dobra.

Poboljšanje kemijskih svojstva izvornog pseudogleja u smislu višeg pH, većeg stupnja zasićenosti bazama AK-a tla i bolje opskrbljenosti hranivima, utvrđeno je na oranici i povrtnjaku, dok je u voćnjaku zbog neadekvatne gnojidbe kiselim gnojivima utvrđeno smanjenje kvalitete tla. U svim antropogeniziranim varijantama utvrđeno je manje humusa u odnosu na tlo pod prirodnom vegetacijom, zbog obrade tla koja potiče mineralizaciju i nedostatnog unosa organske tvari.

6. Popis literature

1. Bakšić D. (2002). Adsorpcijski kompleks tla na nekarbonatnim supstratima u jelovim i bukovo – jelovim sastojinama Hrvatske. Magistarski rad, Šumarski fakultet Sveučilišta u Zagrebu.
2. Bensa A., Miloš B. (2011/I). Pedologija, kemijska svojstva tla. Međusveučilišni studij Split, Mediteranska poljoprivreda, autorizirana prezentacija.
3. Bertić B., Lončarić Z., Vukadinović V., Vukobratović Ž., Vukobratović M., Teklić T. (2006). Maize yield responses to mineral fertilization. *Cereal Research Communications* 34/1. 405-408.
4. Carter M.R., Sanderson J.B., Ivany J.A., White R.P. (2002). Influence of rotation and tillage on forage maize productivity, weed species, and soil quality of a fine sandy loam in the cool-humid climate of Atlantic Canada. *Soil Till. Res.* 67: 85–98.
5. Celik I. (2005). Land use effects on organic matter and physical properties of soil in a southern Mediterranean highland of Turkey. *Soil and Tillage Research.* 83/2, 270-277.
6. Chen G., Gan L., Wang S. (2001). A comparative study on the microbiological characteristic of soils under different land use conditions from karst areas of southwest China. *Chinese journal of Geochemistry.* Vol. 20, No. 1. 52-58.
7. Čolik B. (2017). Adsorpcijski kompleks u tlima istočne Slavonije (diplomski rad). Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera, Poljoprivredni fakultet u Osijeku.
8. Ćirić M. (1986). Pedologija. Svjetlost, Sarajevo.
9. Dugonjić M., Cupać S., Đorđević A., Vićentijević M., Knežević M., Tomić Z. 2013. The content and composition of humus in pseudogleys of slopes and plains in south Mačva and Pocerina. *Bulletin of the Faculty of Forestry* 107: 71-86.
10. Fageria N.K., Baligar V.C. (2008). Ameliorating Soil Acidity of Tropical Oxisols by Liming For Sustainable Crop Production. *Advances in Agronomy Journal.* 99: 345–399.
11. Haghighi F., Gorji M., Shorafa M. (2010). A study of the effects of land use changes on soil physical properties and organic matter. *Land degradation and development.* 21/5, 496-502.
12. HRN ISO 10390 (2005). Soil quality – Determination of pH (ISO 30390:2005)
13. HRN ISO 11464 (2006). Soil quality – Pretreatment of samples for physico-chemical analysis (ISO 11464:2006).
14. Husnjak S. (2014). Sistematika tala Hrvatske. Hrvatska sveučilišna naklada, Zagreb.
15. Ičanović M., Jogić V., Bakrač A. (2017). Influence of anthropogenization on the soil properties developed on silicate substrates in the western part of Bosnia and Herzegovina. *Technologica Acta.* 10 (1): 19-26.
16. JDPZ (1966). Kemijske metode istraživanja zemljišta, Beograd
17. Jelić M., Đekić V., Đalović I., Dugalić G., Knežević D., Gudžić N. (2017). Influence of fertilization and liming on changes of agrochemical characteristics of soil type

- pseudogley. VIII International Scientific Agriculture Symposium, "Agrosym 2017", Jahorina, Bosnia and Herzegovina. 1839-1845.
18. Jelić M., Dugalić G., Gajić B., Đalović I. (2007). Humus content in pseudogley soil depending on land use. *Research Journal of Agricultural Science*. 274-276.
 19. Jelić M., Dugalić G., Nikolić O. (2013). The influence of many years liming and fertilizing to changing of adsorptive complex composition of pseudogley soil. IV International Symposium „Agrosym 2013“. 392-397.
 20. Jerinić S., Stojković-Jevtić S., Janković V. (2015). Promene agrohemijskih osobina pseudoglejnog zemljišta nakon izvedene kalcizacije. XX. Savetovanje o biotehnologiji, Zbornik radova. 20(22):45-50.
 21. Jerinić S., Stojković-Jevtić S., Dugalić G. (2011). Razmenljiva kiselost i sadržaj fosfora i kalijuma u zemljištima Kolubarskog okruga. XVI savetovanje o biotehnologiji. 16(18):99-104.
 22. Jiang Y.J., Yuan D.X., Zhang C. (2006) Impact of land use change on soil properties in a typical karst agricultural region of southwest China: a case study of Xiaojiang watershed, Yunan. *Environmental Geology*. Vol. 50, 911-918.
 23. Kisić I. (2012). Sanacija onečišćenog tla. Agronomski fakultet Sveučilišta u Zagrebu, Zagreb.
 24. Kisić I., Bašić F., Mesić M., Butorac A., Sabolić M. (2002). Utjecaj različitih načina obrade na prinos zrna kukuruza na pseudogleju središnje Hrvatske. *Agriculturae Conspectus Scientificus*. Vol. 67(2): 81-89.
 25. Kizilkaya R., Dengiz O. (2010). Variation of land use and land cover effects on some soil physico-chemical characteristic and soil enzyme activity. *Zemdirbyste–Agriculture*. 97/2, 15-24.
 26. Kovačević V., Lončarić Z., Šimić D., Šimić B. (2005). Influences of liming on soil fertility in the Eastern Croatia. *Plant nutrition for food security, human health and environmental protection*. 958-959.
 27. Kovačević V., Rastija D., Sudar R. i Ijkić D. (2012). Učinak kalcizacije karbokalkom na tlo, prinos i kvalitetu zrna kukuruza. *Glasnik Zaštite Bilja*. 35 (6): 54-60.
 28. Lichon M. (1993). Human impacts on processes in karst terrens with special reference to Tasmania. *Cave Science*. Vol. 20, No. 2, 55-60.
 29. Lončarić R., Lončarić Z., Zmaić K. (2006). Economic effects of winter wheat fertilization. *Cereal Research Communications* 34/1. 825-828.
 30. Mumelaš M. (2016). Pogodnost zemljišta za poljoprivredu na obiteljskom poljoprivrednom gospodarstvu na širem području grada Vrbovca (diplomski rad). Sveučilište u Zagrebu, Agronomski fakultet.
 31. Općinsko vijeće Općine Lipovljani (2016). Službeni vjesnik Općine Lipovljani. Glasila d.o.o., Petrinja. 46: 2353.
 32. Pandžić I. (2015). Utjecaj konvencionalne i ekološke proizvodnje povrća na kemijska svojstva pseudogleja (završni rad). Sveučilište u Zagrebu, Agronomski fakultet.
 33. Pavlović Mutavdžić, D. (2010). Kemijski i biokemijski procesi u tlu i sedimentu, Fizikalna i kemijska svojstva tla i njihovo određivanje. Fakultet kemijskog

- inženjerstva i tehnologije, Sveučilište u Zagrebu, Zavod za analitičku kemiju, interna skripta.
34. Rastija D., Lončarić Z., Škripek Ž., Japundžić-Palenkić B., Varoščić A. (2009). Utjecaj kalcizacije i gnojidbe na promjene kemijskih svojstava tla i prinos kukuruza. 44. hrvatski i 4. međunarodni simpozij agronoma. 83-88.
 35. Rubinić V. (2013). Geneza pseudogleja kontinentalne Hrvatske. Doktorski rad. Sveučilište u Zagrebu, Agronomski fakultet. Zagreb.
 36. Rubinić V., Lazarević B., Husnjak S., Durn G. (2015a). Climate and relief influence on particle size distribution and chemical properties of Pseudogley soils in Croatia. *Catena*. 127C, 340-348.
 37. Rubinić V., Šipek M., Bensa A., Husnjak S., Lazarević B. (2015b). Utjecaj načina korištenja zemljišta i nagib terena na svojstva tla – primjer pseudogleja na obronku u Donjoj Zelini. *Agronomski glasnik*. 77 (1-2), 3-22.
 38. Sanderman J., Baldock J.A., Amundson R. (2008). Dissolved organic carbon chemistry and dynamics in contrasting forest and grassland soils. *Biogeochemistry*. 89: 181–198.
 39. Sever Z., Bensa A. (2009). Kemija tla. Interna skripta za laboratorijske vježbe. Sveučilište u Zagrebu, Agronomski fakultet.
 40. Škorić A. (1982.). Priručnik za pedološka istraživanja. Fakultet poljoprivrednih znanosti. Zagreb.
 41. Škorić A. (1986). Postanak, razvoj i sistematika tla. Fakultet poljoprivrednih znanosti Sveučilišta u Zagrebu. Zagreb.
 42. Škorić A. (1991). Sastav i svojstva tla, pedološko i biljno ekološko značenje. Fakultet poljoprivrednih znanosti, Sveučilište u Zagrebu, Zavod za Pedologiju.
 43. Špoljar A. (2007). Tloznanstvo i popravak tla, I. dio. Visoko gospodarsko učilište u Križevcima.
 44. Špoljar A., Stojnović M., Kamenjak D., Dadaček N., Andreata-Koren M. (2001). Utjecaj uzgoja grahorice i zobi u plodoredu na značajke tla. *Agriculturae Conspectus Scientificus*, 66(2): 127-135.
 45. Tvica M., Hukić E., Ičanović M., Čustović H. (2014). The Influence of Land Use Change on Some Soil Parameters. 25th Scientific-Experts Congress on Agriculture and Food Industry, Izmir, Turkey. 245-248.
 46. Varvel G.E. (2003). Crop rotation and nitrogen effects on normalized grain yields in a long-term study. *Agron. J.* 92: 938–941.
 47. Vukadinović V., Vukadinović Vesna (2011). Ishrana bilja, Poljoprivredni fakultet u Osijeku.
 48. Waksman S.A. (1936). Humus: origin, chemical composition and importance in nature. The Williams & Wilkins Company, SAD. Str: ix – x.

7. Životopis

Arijana Ivošević rođena je 17.11.1994. u Zagrebu. Osnovnu školu Špansko-Oranice završila je 2009. godine te iste godine upisala Prirodoslovnu školu Vladimira Preloga, smjer Ekološki tehničar. Nakon završetka srednje škole 2013. godine, upisuje Agronomski fakultet Sveučilišta u Zagrebu, smjer Agroekologija. Studij završava 2016. godine i stječe akademski naziv Sveučilišna prvostupnica inženjerka agroekologije (univ. bacc. ing. agr.). Iste godine upisuje diplomski studij Agroekologija – Agroekologija na Agronomskom fakultetu. Dobitnica je Dekanove nagrade u akademskoj godini 2017./2018. projektom „Utjecaj arbuskularne mikorize na fotosintetsku aktivnost bosiljka u uvjetima nedostatka fosfora“. Nositeljica je crnog pojasa (2. dan) u borilačkoj vještini nanbudo, te se rekreativno bavi biciklizmom, planinarenjem i teretanom.