

Utjecaj različitih dodataka humusu na pH vrijednost humusa

Guberović, Tea

Undergraduate thesis / Završni rad

2019

Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj: **University of Split, Faculty of Chemistry and Technology / Sveučilište u Splitu, Kemijsko-tehnološki fakultet**

Permanent link / Trajna poveznica: <https://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:167:130431>

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

Download date / Datum preuzimanja: **2025-04-02**

Repository / Repozitorij:

[Repository of the Faculty of chemistry and technology - University of Split](#)



SVEUČILIŠTE U SPLITU
KEMIJSKO – TEHNOLOŠKI FAKULTET

UTJECAJ RAZLIČITIH DODATAKA HUMUSU
NA pH VRIJEDNOST HUMUSA

ZAVRŠNI RAD

TEA GUBEROVIĆ

Matični broj: 365

Split, rujan 2019.

SVEUČILIŠTE U SPLITU
KEMIJSKO – TEHNOLOŠKI FAKULTET
PREDDIPLOMSKI STUDIJ KEMIJE

UTJECAJ RAZLIČITIH DODATAKA HUMUSU
NA pH VRIJEDNOST HUMUSA

ZAVRŠNI RAD

TEA GUBEROVIĆ

Matični broj: 365

Split, rujan 2019.

UNIVERSITY OF SPLIT
FACULTY OF CHEMISTRY AND TECHNOLOGY
UNDERGRADUATE STUDY OF CHEMISTRY

THE EFFECT OF DIFFERENT SUPPLEMENTS IN HUMUS
ON THE pH VALUE OF HUMUS

BACHELOR THESIS

TEA GUBEROVIĆ

Parent number: 365

Split, September 2019

TEMELJNA DOKUMENTACIJSKA KARTICA

ZAVRŠNI RAD

Sveučilište u Splitu
Kemijsko-tehnološki fakultet u Splitu
Preddiplomski studij kemije

Znanstveno područje: Tehničke znanosti

Znanstveno polje: Kemijsko inženjerstvo

Tema rada je prihvaćena na 19. sjednici Fakultetskog vijeća Kemijsko-tehnološkog fakulteta

Mentor: doc. dr. sc. Mario Nikola Mužek

UTJECAJ RAZLIČITIH DODATAKA HUMUSU NA pH VRIJEDNOST HUMUSA Tea Guberović, 365

Sažetak: U ovom završnom radu određivane su pH vrijednosti humusa u kojemu je rasla biljka rukola. Humusi su pripremljeni na šest različitih načina: čisti humus bez dodataka, humus s dodatkom letećeg pepela na koji je adsorbiran bakar, humus u koji je dodan humus na koji je adsorbiran bakar, humus s dodatkom ljuski jaja na koje je adsorbiran bakar, humus s dodatkom zeolita na koji je vezan bakar te humus koji je zalijevan samo s vodenom otopinom bakra. Na osnovu izmjerenih pH vrijednosti može se zaključiti kako niti jedan pripremljeni humus ne bi smio ometati rast i razvoj rukole što je i potvrđeno uzgojem biljke. Svi uzorci su bili unutar optimalnog raspona pH vrijednosti koja je pogodna za rast i razvoj rukole.

Ključne riječi: humus, bakar, pH vrijednost

Rad sadrži: 39 stranica, 22 slike, 4 tablice, 24 literaturne reference

Jezik izvornika: hrvatski

Sastav Povjerenstva za obranu:

1. Doc. dr. sc. Ivana Generalić Mekinić	predsjednik
2. Doc. dr. sc. Franko Burčul	član
3. Doc. dr. sc. Mario Nikola Mužek	član-mentor

Datum obrane: 30. rujna 2019.

Rad je u tiskanom i elektroničkom (pdf format) obliku pohranjen u Knjižnici Kemijsko-tehnološkog fakulteta Split, Ruđera Boškovića 35.

BASIC DOCUMENTATION CARD

BACHELOR THESIS

University of Split
Faculty of Chemistry and Technology Split
Undergraduate study of Chemical Technology, Orientation: Chemical Engineering

Scientific area: Tehnical sciences

Scientific field: Chemical engineering

Thesis subject was approved by Faculty Council of Faculty of Chemistry and Technology, session no. 19.

Mentor: Mario Nikola Mužek, PhD, assistant professor

THE EFFECT OF DIFFERENT SUPPLEMENTS IN HUMUS ON THE pH VALUE OF HUMUS

Tea Guberović, 365

Abstract: In this bachelor thesis, pH values of humus in which rocket was grown were determined. Humus was prepared in six different ways: pure humus without additives, humus with the addition of fly ash on which the copper was adsorbed, the humus with the addition of humus on which copper was adsorbed, humus with the addition of egg shells on which copper was adsorbed, humus with the addition of zeolite on which copper was sorbed, and humus that was watered only with an aqueous copper solution. Based on the measured pH values, it can be concluded that none of the prepared humus should hinder the growth and development of the rocket as confirmed by the cultivation of the plant. All the samples were within the optimum range of pH values suitable for the growth and development of the rocket.

Keywords: humus, copper, pH value

Thesis contains: 39 pages, 2 figures, 4 tables, 24 references

Original in: Croatian

Deefence Committee:

1. Ivana Generalić Mekinić, PhD, assistant prof.	chair person
2. Franko Burčul, PhD, assistant prof.	member
3. Mario Nikola Mužek, PhD, assistant prof.	supervisor

Defence date: September 30th, 2019

Printed and electronic (pdf format) version of thesis is deposited in Library of Faculty of Chemistry and Technology Split, Ruđera Boškovića 35.

*Završni rad je izrađen u Zavodu za anorgansku tehnologiju
Kemijsko-tehnološkog fakulteta u Splitu pod mentorstvom doc. dr. sc. Maria Nikole
Mužeka u razdoblju od veljače do rujna 2019. godine.*

**Rad je financiran od Hrvatske zaklade za znanost projektom BioSMe
(IP-2016-06-1316).**

Zahvaljujem se svom mentoru doc. dr. sc. Mariu Nikoli Mužeku na vodstvu, pomoći i strpljenju pri izradi ovog završnoga rada, hvala na mentorstvu te susretljivosti.

Veliko i beskrajno hvala mojim roditeljima na svom strpljenju, podršci, ljubavi i uloženom trudu u moje školovanje, bez vas ništa od ovoga ne bi bilo moguće.

I na kraju želim zahvaliti svim prijateljima koji su me podržavali tijekom studiranja te kolegama na fakultetu koji su mi uljepšali vrijeme provedeno studirajući.

ZADATAK ZAVRŠNOGA RADA

- Pripremiti uzorke humusa dodatkom različitih adsorbensa na kojima je prethodno vezan bakar.
- Osušiti na sobnoj temperaturi uzorke humusa u kojima je uzgajana rukola.
- Provesti pH analizu pripremljenih uzoraka humusa.
- Procijeniti kvalitetu humusa za uzgoj rukole.

SAŽETAK

U ovom završnom radu određivane su pH vrijednosti humusa u kojemu je rasla biljka rukola. Humusi su pripremljeni na šest različitih načina: čisti humus bez dodataka, humus s dodatkom letećeg pepela na koji je adsorbiran bakar, humus u koji je dodan humus na koji je adsorbiran bakar, humus s dodatkom ljuski jaja na koje je adsorbiran bakar, humus s dodatkom zeolita na koji je vezan bakar te humus koji je zalijevan samo s vodenom otopinom bakra. Na osnovu izmjerenih pH vrijednosti može se zaključiti kako niti jedan pripremljeni humus ne bi smio ometati rast i razvoj rukole što je i potvrđeno uzgojem biljke. Svi uzorci su bili unutar optimalnog raspona pH vrijednosti koja je pogodna za rast i razvoj rukole.

Ključne riječi: humus, bakar, pH vrijednost

SUMMARY

In this bachelor thesis, pH values of humus in which rocket was grown were determined. Humus was prepared in six different ways: pure humus without additives, humus with the addition of fly ash on which the copper was adsorbed, the humus with the addition of humus on which copper was adsorbed, humus with the addition of egg shells on which copper was adsorbed, humus with the addition of zeolite on which copper was sorbed, and humus that was watered only with an aqueous copper solution. Based on the measured pH values, it can be concluded that none of the prepared humus should hinder the growth and development of the rocket as confirmed by the cultivation of the plant. All the samples were within the optimum range of pH values suitable for the growth and development of the rocket.

Keywords: humus, copper, pH value

SADRŽAJ

UVOD.....	1
1. OPĆI DIO.....	3
1.1. SASTAV I VRSTE TLA.....	4
1.1.1. Mineralni dio tla.....	5
1.1.2. Kiselost tla	6
1.1.3. Lužnatost tla	7
1.1.4. Plodnost tla	8
1.2. UZORKOVANJE TLA	9
1.3. REAKCIJA ILI pH VRIJEDNOST TLA.....	12
1.4. LETEĆI PEPEO	13
1.5. LJUSKE JAJA	15
1.6. ZEOLITI.....	16
1.7. HUMUS.....	18
1.8. RUKOLA (<i>Eruca vesicaria</i> (L.) Cav.)	19
2. EKSPERIMENTALNI DIO	20
2.1. MATERIJALI I KEMIKALIJE.....	21
2.2. INSTRUMENTI I APARATURA	24
2.3. METODE	25
2.3.1. Uzorkovanje humusa metodom četvrtanja	25
2.3.2. Određivanje kiselosti tla.....	25
2.4. PROVEDBA EKSPERIMENTA	28
3. REZULTATI I RASPRAVA	29
3.1. VIZUALNA KARAKTERIZACIJA UZORAKA HUMUSA.....	30
3.2. pH VRIJEDNOSTI UZORAKA HUMUSA	33
4. ZAKLJUČAK.....	35
5. LITERATURA	37

UVOD

Reakcija tla, odnosno pH vrijednost, može biti kisela, neutralna ili alkalna odnosno lužnata, a određena je odnosom koncentracije vodikovih (H^+) iona i hidroksidnih (OH^-) iona. To je jedan od najvažnijih abiotskih čimbenika koji djeluju na biljke.¹

pH vrijednost predstavlja negativan logaritam koncentracije H^+ iona u otopini te utječe na rast i razvoj biljaka. Pri kontroli plodnosti tla određivanje pH vrijednosti obavezan je dio kemijske analize.¹

Tlo je višefazni sustav, sastoji se od čvrste faze, tekuće faze (zemljišna otopina) te plinske faze. Najviše je zastupljena čvrsta faza (50 %) i to s 45 % mineralne tvari te 5 % organske tvari. Ostalih 50 % otpada na tekuću i plinsku fazu. Važni su biogeni makroelementi (O, H, C, N, P, K, Ca, Mg, S) te mikroelementi koji su biljkama neophodna hraniva (Fe, B, Mn, Cu, Zn, Mo). Biološka posljedica je što biljke i mikroorganizmi u tlu u procesu životne aktivnosti apsorbiraju iz tla razne elemente koji ulaze u njihov sastav.²

Najvažniji dio tla za život organizama je njegova organska tvar – humus, koja je nastala pod utjecajem mikroorganizama koji ju razgrađuju. Humus je tamna, organska tvar nastala kao produkt djelomične razgradnje mrtve organske tvari (biljnih i životinjskih ostataka). Količina humusa značajno utječe na plodnost tla te na rast i razvoj biljaka.²

1. OPĆI DIO

1.1. SASTAV I VRSTE TLA

S aspekta ishrane bilja tlo je živ, dinamičan izvor hraniva nužan za život biljaka, a koji je nastao kao rezultat dugotrajnih procesa raspadanja biljnih i životinjskih organizama.^{1,2} Tlo je rastresit, relativno tanak sloj smješten između Zemljine kore (litosfere) i atmosfere. Ono je biljno stanište i supstrat biljne ishrane, a čine ga kruta, tekuća, plinovita i živa faza. Proces nastanka tla je veoma spor i složen, a započinje mehaničkim, kemijskim ili biološkim trošenjem stijena, a zatim djelovanjem vegetacije, mikroorganizama i životinja postupno nastaje tlo.¹ Organska tvar (humus) u tlu ima presudnu i nezamjenjivu ulogu u nastanku i plodnosti tla. Podrijetlom je od ostataka živih organizama koji su više ili manje razloženi i zatim najvećim dijelom iznova grade organske spojeve tla, ali bitno različite u odnosu na živu tvar. Organska tvar snažno utječe na čitav niz fizikalnih i kemijskih svojstava tla, kao što su njegova struktura, kapacitet za vodu, sadržaj i zadržavanje hranjivih elemenata u pristupačnom obliku za usvajanje. Od ukupne količine nežive organske tvari tla na humus otpada 60 - 80 %. Još 1936. god. Waksman je ustvrdio: "Humus je proizvod žive tvari i njen prirodni izvor, humus je rezerva i stabilizator organskog života na Zemlji."³ Humifikacija je proces koji se odvija pod utjecajem mikroorganizama pri čemu mikroorganizmi razgrađuju mrtvu organsku tvar do jednostavnih spojeva, a zatim je ponovno sintetiziraju (polimerizacija, kondenzacija) do kompliciranih visokomolekulskih spojeva specifične tamne boje koji se nazivaju humus. Humifikacija je, dakle, proces tvorbe humusa.⁴

Prema fizikalnim svojstvima, tla se mogu svrstati u najmanje pet klasa:³

- laka pjeskovita i svijetla isprana tla
- srednje teška
- teška glinasta tla
- vapnenasta
- organska i tresetna tla.

Izrazi laka, srednje teška i teška tla odnose se samo na njihov mehanički otpor prema obradi.³

Pjeskovita i svijetla isprana tla dobro su drenirana (prozračna i ocjedita), ali sadrže malo gline i/ili organske tvari pa su nestabilna i loše strukture, podložna su eroziji i gubitku hraniva ispiranjem.³

Srednje teška tla zahtijevaju oranje i kultiviranje u pravo vrijeme kako bi se smanjili gubitci biljnih hraniva ispiranjem.³

Teška tla sadrže puno gline i dovoljno organske tvari koja čvrsto povezuje teksturne čestice u stabilne zemljišne agregate otporne na raspadanje pri obradi. Stoga je struktura teških tala veoma kompaktna, podložna zbijanju i bez dovoljno prostora za zrak i vodu pa s tim, bez redovitog unosa organske tvari, teška tla naginju zbijanju.³

Vapnenasta tla (na vapnencu, kredi ili praporu) često su plitka iznad matičnog supstrata ili matične stijene, dobre su strukture, ocjedita, ali na nagibima sklona eroziji pa i deraziji ("puzanju" ili "klizanju" tla niz obronak).³

Organska i tresetna tla imaju niz problema u obradi i uzgoju usjeva, od često visoke podzemne vode do problematične obrade zbog malog udjela mehaničkih čestica tla, male volumne gustoće i nemogućnosti održanja strukture.³

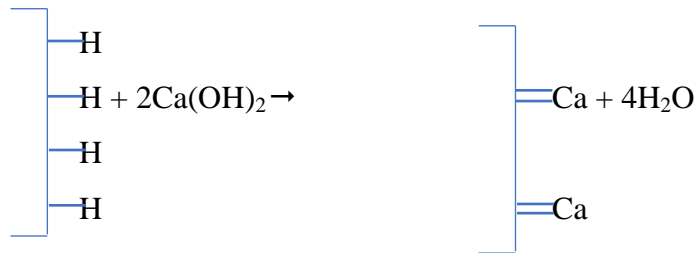
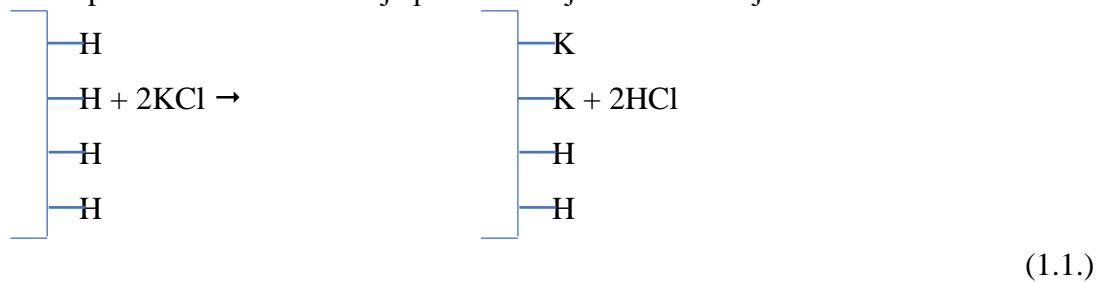
1.1.1. Mineralni dio tla

Mineralni dio tla nastaje iz litosfere – nastaje nova sfera – pedosfera. Površinski dio litosfere čini tanka kora (1 - 2 km) izgrađena od sedimentnih stijena od kojih su najviše zastupljene razne gline, a manje kemijske i organske stijene. Raspad ovih stijena ovisan je o reljefu, klimi i životnim aktivnostima mikroorganizama.² Minerali su anorganske tvari određenog kemijskog sastava koji se može prikazati kemijskom formulom. Sastavljeni su od jednog ili više elemenata i homogene su građe.⁴ Kemijski elementi koji ulaze u sastav litosfere zastupljeni su različito. Gotovo polovinu litosfere čini kisik (47,2 %), zatim silicij (27,6 %), aluminij i željezo (14 %) dok kalcij, natrij, kalij i magnezij u sastavu litosfere sudjeluju s 2 - 3 %. Litosfera sadrži i tzv. mikroelemente kao što su bakar, cink, kobalt, brom i molibden. Minerali koji ulaze u sastav tla dijele se na primarne i sekundarne. Primarni minerali su vezani za magmatske i metamorfne stijene, a oni sekundarni nastaju iz primarnih minerala pod utjecajem fizikalnih, kemijskih i bioloških čimbenika te čine najveći i najvažniji dio mineralne tvari čvrste faze.² Primarni minerali sastavni su dio eruptivnih stijena nastali kristalizacijom magme, ali mogu biti sastavni dio i drugih stijena (metamorfnih i sedimentnih). Sekundarni minerali rezultat su trošenja primarnih minerala ili su nastali sintezom iz produkta trošenja neogenetskim putem (sekundarni alumosilikati ili minerali gline).⁴ Najrasprostranjeniji primarni minerali su minerali koji sadrže silicij i

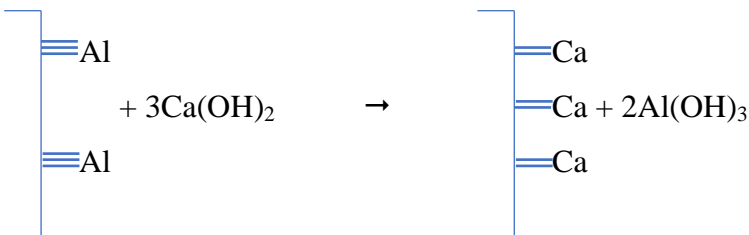
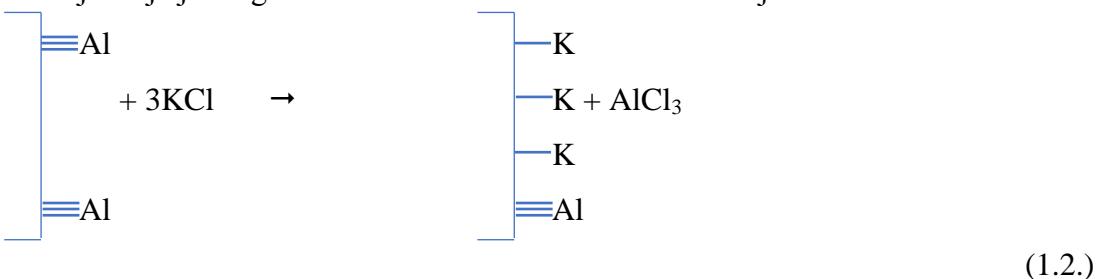
kisik.² Osnovne reakcije pri kemijskom razlaganju minerala su hidratacija, hidroliza, otapanje te oksidacijsko – redukcijske reakcije.²

1.1.2. Kiselost tla

Potencijalnom kiselošću tla naziva se sposobnost tla da se pri reakciji s otopinama ponaša kao kiselina.² Vodik je nositelj kisele reakcije.⁴ Reakcija koloida u tlu s otopinama neutralnih soli je prikazana sljedećim reakcijama:²



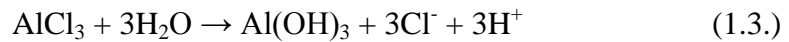
Zakiseljavanje je moguće ako tlo sadrži u adsorbiranom stanju Al^{3+} :



Tla koja imaju u kompenzacijskom sloju koloida H^+ ione ili Al^{3+} ione ponašaju se kao kiseline. Kisela tla su osiromašena lužinama (Ca i Mg), formirana su na fluvio-glacijalnim nanosima, a značajnu ulogu u njihovom nastajanju imaju klimatski uvjeti.² Kod niskih pH vrijednosti i nižeg redoks potencijala dolazi do redukcijских procesa. U takvim se uvjetima gotovo svi mikroelementi, osim molibdena, pojavljuju u toksičnim količinama. Kod pH 4,5 javlja se mobilni aluminij, a kod još niže reakcije tla

i mobilno dvovalentno željezo.^{4,5} Aktivna kiselost tla je pojam pod kojim se podrazumijevaju H^+ ioni otopine tla koji mogu potjecati od:⁴

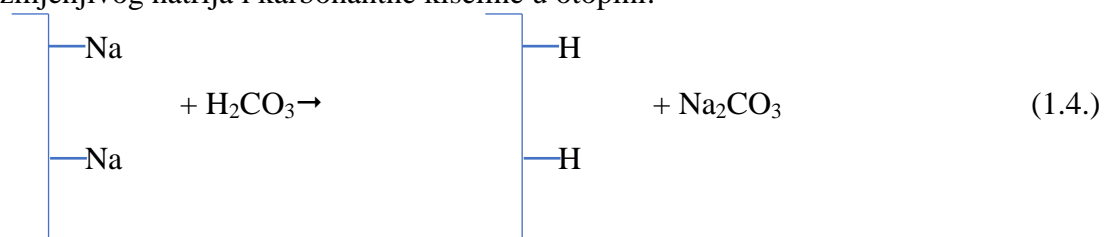
- disocijacije organskih i mineralnih kiselina (uglična, dušična, fosforna)
- fulvokiseline koja vrši jako zakiseljavanje kod tala s malo lužine na ekstremno kiselim matičnim supstratima (podzol, brunipodzol)
- hidrolize Al soli, a što se može prikazati sljedećom reakcijom:



- korijenovog sustava biljke koji pri primanju hraniva kationa otpušta vodik.

1.1.3. Lužnatost tla

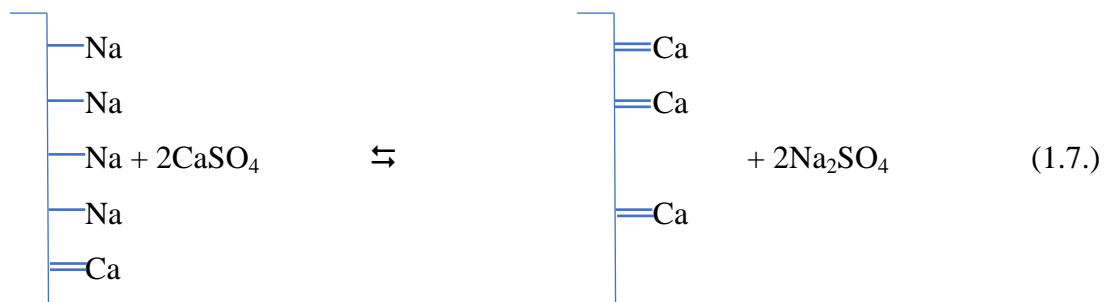
Tla s visokim pH vrijednostima se smatraju lužnatima (alkalnim) – tla s adsorbiranim natrijem. To su tla u kojima se nalaze Na_2CO_3 i $NaHCO_3$ i pH vrijednost im je iznad 8. Prisustvo Na_2CO_3 u otopini tla se objašnjava reakcijom između izmjenjivog natrija i karbonantne kiseline u otopini:²



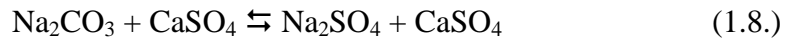
Nastanak Na_2CO_3 u prirodi je uglavnom biološkog podrijetla:



Tla koja sadrže izmjenjivi natrij u većim količinama imaju negativna fizikalna svojstva koja im smanjuju proizvodnost i otežavaju obradu. Za popravak svojstava takvim se tlima dodaje $CaSO_4$.²



Zamjena natrija s kalcijem u kompenzacijskom sloju koloida u tlu sprječava nastajanje natrijeva karbonata čime se smanjuje pH vrijednost.



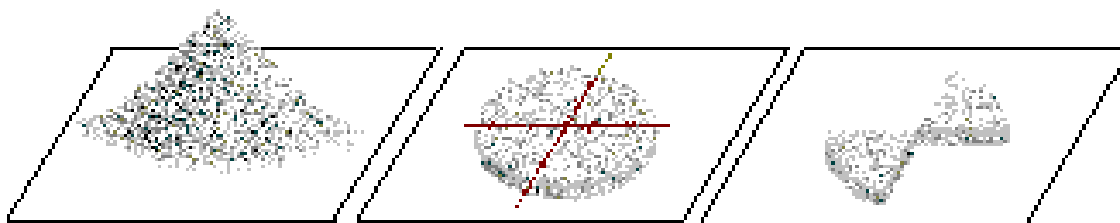
Lužnatu reakciju tla odnosno pojavu OH^- iona u tlu uzrokuju lužine, karbonati i bikarbonati kalcija, magnezija i natrija, natrij na adsorpcijskom kompleksu tla, a mogu je prouzročiti i mikroorganizmi – amonifikatori koji razgrađuju organsku tvar pri čemu nastaje amonijak (NH_3), koji otapanjem u vodi daje NH_4OH .⁴

1.1.4. Plodnost tla

Izraz plodnost tla označava njegovu sposobnost da biljkama osigura hraniva i vodu. Plodna tla su neutralne ili blizu neutralne pH reakcije, bogata su hranivima koje biljke mogu usvojiti, dobrih su fizikalno-kemijskih svojstava i ne sadrže štetne tvari. Plodnost tla ovisi o tipu tla, teksturi, strukturi, vodnom i toplotnom režimu, bioraspoloživosti hraniva, sadržaju humusa, biogenosti i dr.^{3,6} Izraz plodnost tla usko je povezan s kapacitetom tla čime se označava njegova sposobnost da osigura potrebnu hranu biljkama u adekvatnim količinama i pogodnim proporcijama.³

1.2. UZORKOVANJE TLA

Uzorak je dio tvari o kojoj je potrebna određena analitička informacija. Mora predstavljati reprezentativan dio materijala koji se analizira, dakle on mora biti homogen (zato tekući uzorak treba homogenizirati mućkanjem, a čvrstu tvar usitniti i izmiješati) pa se za analizu uzima njegov dio.⁷ Uzorkovanje je dio analitičkog procesa kojim se izdvaja jedna ili više porcija (aliquota) iz materijala dobivenog na analizu. Shema uzorkovanja treba biti usklađena s postavljenim analitičkim problemom i prirodom tražene analitičke informacije. Realni materijali koji dolaze na analizu su heterogeni pa je potrebno provesti pouzdano uzorkovanje. Kod čvrstih materijala veličina uzorka ovisi o traženoj preciznosti analize, heterogenosti materijala i veličini čestica. Uobičajeni postupak uključuje usitnjavanje i miješanje uz oblikovanje stošca, koji se izravna u disk, podijeli u četvrtine te naizmjenične četvrtine uzmu odnosno ostave (slika 1.1). Ovakav se postupak ponavlja sve dok se masa uzorka ne smanji toliko da se može transportirati u laboratorij. U laboratoriju se usitnjava u prah u mlinu ili u tarioniku (željeznom ili ahatnom) da se olakša otapanje te prosijava pa je takav dobro izmiješani prah spreman za analizu.⁷



Slika 1.1 Redukcija veličine uzorka⁷

Za sondiranje i uzorkovanje tla koriste se različita pomagala i pribor, a koji su prikazani na slici 1.2. Sondiranje tla se obavlja svrdlima različitih izvedbi, a za tla u Hrvatskoj najčešća se upotrebljava Edelmanovo svrdlo. Sondiranje tla obavlja se postupno do dubine matičnoga supstrata ili do razine podzemne vode.⁸

Laboratorijska istraživanja, kao dio pedoloških istraživanja, moraju biti klasirana prema njihovim namjenama. Potrebno je smišljeno odrediti popis i redoslijed planiranih analiza poznajući njihovu vrijednost i svrhu analize. Optimalnim planiranjem analiza izbjegavaju se suvišni troškovi vremena i sredstava.⁸



Slika 1.2 Pomagala i pribor za sondiranje i uzorkovanje tla⁸

- | | |
|---|-------------------------------------|
| 1. štijača | 11. glava za ukucavanje cilindra I |
| 2. lopata | 12. glava za ukucavanje cilindra II |
| 3. mala štijača | 13. Munselov katalog boja |
| 4. sonda za kontrolu plodnosti 0 - 30 | 14. opis sondažnog profila |
| 5. sonda za kontrolu plodnosti 30 - 60 | 15. metri |
| 6. Edelmanovo svrdlo s ergonomskom drškom | 16. pribor za pisanje |
| 7. nastavak za Edelmanovu sondu | 17. 10% HCl |
| 8. cilindri po Kopeckom | 18. papirići za označavanje |
| 9. gumeni čekić | 19. posuda za uzorkovanje |
| 10. nož | 20. PVC vrećica |
| | 21. kutija za prijenos opreme |

Za upoznavanje svojstava tla od posebne je važnosti proučavanje na terenu iz sondažnih izvadaka i na pedološkom profilu. Osnovna informacija o tlu dobiva se proučavanjem njegove vanjske (ekto) i unutrašnje (endo) morfologije.⁸

Uzorkovanje tla iz pedološkoga profila treba obuhvatiti sve utvrđene horizonte. Ovisno o planiranim analizama uzorci se uzimaju u narušenom i nenarušenom stanju na jednoj strani profila na kojoj je prethodno obavljeno opisivanje endomorfoloških svojstava tla. Osušeni se uzorak tla usitnjava u porculanskom tarioniku prvo gumenim, a zatim porculanskim tučkom. Usitnjava se dio po dio uzorka. Taj se postupak koristi u znanstveno – istraživačkom radu ili ukoliko je količina uzorka mala. Za usitnjavanje uzoraka tla koriste se specijalizirani električni mlinovi za tlo.⁸

Usitnjeni uzorak tla se prosijava kroz sito okruglih otvora promjera 2 mm. Dio uzorka koji prođe kroz sito naziva se sitnica ili sitna frakcija, a dio koji se zadrži na situ krupna frakcija ili skelet (odstranjuje se). Ako se u uzorku tla nalazi veća količina krupnoga skeleta on se prije usitnjavanja izdvaja, pere, suši i važe. Njegov udio se izražava u postotcima od ukupne mase uzorka tla. Homogenizacija se obavlja u posebnoj bubnji za homogenizaciju, koji se zajedno s uzorkom tla ručno okrene 30 puta u minuti u svrhu postizanja potpune homogenizacije uzorka.⁸

1.3. REAKCIJA ILI pH VRIJEDNOST TLA

Reakcija tla se mjeri i iskazuje kao pH-vrijednost koja je pokazatelj niza agrokemijskih (fizikalnih, kemijskih i bioloških) svojstava tla koji su veoma važni za rast i razvoj te visinu i kakvoću prinosa. pH vrijednost tla, kao i njegov oksidacijsko-redukcijski potencijal, određena je podjednako mineralnim i organskim dijelom tla. Kemijski gledano, pH vrijednost predstavlja negativan dekadski logaritam koncentracije slobodnih vodikovih iona u tlu (nabijeni atomi vodika; H^+), odnosno njihovog aktiviteta. Budući da vodikovi ioni mogu u tlu biti vezani na više načina, kao i različitom čvrstoćom na mineralni i organski dio tla, razlikuje se aktualna, izmjenjiva i hidrolitička pH-reakcija tla.³

Aktualna pH-reakcija tla (tablica 1.1) je posljedica prisutnosti slobodnih iona u vodenoj fazi tla, najviše H^+ iona, ali i Al^{3+} te OH^- iona. Aktualna kiselost ili alkalnost tla određuje se elektrometrijski (pH-metrom) u vodenoj suspenziji tla.³

Izmjenjiva pH-reakcija ili supstitucijska kiselost tla određena je prisutnošću vodikovih (H^+) iona i dijelom iona aluminijskih i željeznih koji se djelovanjem neutralnih soli zamjenjuju s adsorpcijskog kompleksa i prelaze u vodenu fazu tla. Vrijednosti izmjenjive pH-reakcije tla obično su niži u odnosu na aktualnu za ≈ 1 pH jedinicu.³

Tablica 1.1 Kategorije aktualne pH vrijednosti tla³

Kategorija pH-reakcije tla	pH-vrijednost
Ekstremno kiselo	3,50 - 4,50
Vrlo jako kiselo	4,51 - 5,00
Jako kiselo	5,01 - 5,50
Umjereno kiselo	5,51 - 6,00
Slabo kiselo	6,01 - 6,50
Neutralno	6,51 - 7,30
Slabo alkalno	7,31 - 7,80
Jako alkalno	7,81 - 8,50
Ekstremno alkalno	8,51 - 9,00

1.4. LETEĆI PEPEO

Prema definiciji iz ASTM C 618 (1994.) leteći su pepeli (slika 1.3) ostaci nakon spaljivanja mljevenog ugljena (u energetske svrhe). Time je jasno da se svaki pepeo ne može izjednačiti s letećim pepelom. Nakon potpunog sagorijevanja ugljena ostatak, s kemijskog stajališta, čine anorganske tvari. Zato se leteći pepeli često označavaju i kao mineralni dodaci za beton. Sukladno europskoj normi ENV 206 (1990.), leteći pepeli spadaju u dodatne sastojke za beton i to one tipa II (pucolanski materijali ili materijali s latentnim hidrauličnim svojstvima).⁹



Slika 1.3 Leteći pepeo

Leteći pepeli nastaju kao sporedni proizvod u termoelektranama koje imaju pogon na ugljen, koji prethodno mora biti sitno samljeven. U takvim postrojenjima, kada ugljen u peći dođe u zonu visokih temperatura, obično 1000 - 1600 °C, hlapljive tvari i organski sastojci sagore, a mineralna onečišćenja iz ugljena (kvarc, gline i feldspati) zaostaju kao nesagoreni ostatak, koji brzim transportom u zonu niže temperature očvrstne u obliku kuglastih čestica. Dio mineralnog ostatka aglomerira se kao pepeo donjeg ložišta, a veći dio biva povučen sagorijevnim plinovima te se naziva "leteći pepeo".⁹

Kemijski sastav letećih pepela uvjetovan je vrstom i kakvoćom upotrijebljenog ugljena (goriva) te tehnološkim uvjetima spaljivanja. Uobičajeno se u specifikacijama za leteće pepele ističu dvije značajke: veličina čestica i sadržaj pucolanski aktivnog SiO₂, odnosno sadržaj kalcijevog oksida. Shodno tomu postoji podjela i na leteće pepele s

niskim sadržajem CaO i leteće pepele s visokim sadržajem CaO. Leteći pepeli s visokim sadržajem CaO, a koji mogu sadržavati i znatnu količinu MgO, sulfata i alkalija, po strukturnom su sastavu složeniji od letećih pepela s niskim sadržajem CaO.⁹

Od 2008. g. u Republici Hrvatskoj na snazi je hrvatska normna specifikacija HRN EN 450. Termoelektrana Plomin jedina je termoelektrana u Hrvatskoj koja za proizvodnju električne energije koristi ugljen kao gorivo, a u kojoj se prema dostupnim podacima izdvaja oko 90 000 t letećeg pepela godišnje. Fizikalno-kemijska svojstva letećeg pepela iz termoelektrane Plomin zadovoljavaju normnu specifikaciju ASTM C 618 za leteći pepeo klase F (s niskim sadržajem CaO), odnosno hrvatsku normnu specifikaciju HRN EN 450 za leteći pepeo klase V (s niskim sadržajem CaO).⁹

S obzirom da je pepeo nastao sagorijevanjem biljaka, on sadrži 13 osnovnih elemenata potrebnih za njihov rast. Izvrstan je izvor kalcija, kalija i mikroelemenata, a njegova glavna zadaća u tlu je smanjenje kiselosti sredine. Pepeo je od davnina prepoznat kao poboljšivač tla i pospješivač rasta biljaka. Pepeo popravlja strukturu teških glinastih tala jer razbija tlo i pomaže u prozračivanju. To gnojivo bogato kalijem općenito je dobra nadopuna uz životinjska prirodna gnojiva koja su većinom siromašna kalijem. Kalij u biljkama regulira ravnotežu vode te igra ulogu u prijenosu hranjivih tvari unutar same biljke. U nedostatku kalija, povrće je osjetljivije na sušu, mraz, bolesti i štetnike. Najviše koristi od upotrebe pepela imaju biljke iz porodice trava.¹⁰

1.5. LJUSKE JAJA

Ljuska jaja (slika 1.4) sadrži 90 % kalcija i zbog toga je najbolji prirodni izvor toga minerala. Kako bi bila spremna za korištenje, ljuske jaja je potrebno dobro oprati i osušiti, a zatim usitniti. Izmrvljene ljuske jaja dodaju se u humus gdje se brzo razgrađuju, a kako su bogate kalcijem i mineralima, pomažu mikroorganizmima u humusu da ga prerade i obogate kalcijem. Iako su dušik, fosfor i kalij najvažniji za zdrav rast biljke, kalcij je također bitan za izgradnju zdravih "kostiju" tj. staničnih stjenki biljke. S obzirom da su pune kalcijevog karbonata, jaja su odličan način kako "dostaviti" ovaj mineral u tlo. Ljuske jaja se također koriste kako bi se spriječio pristup štetočinama i nametnicima poput puževa i gusjenica. Mnogi nametnici ne vole miris bjelanjka što ljuske jaja čini odličnim prirodnim rješenjem u zaštiti bilja.^{11,12}



Slika 1.4 Ljuska jajeta

Sastav ljuske jaja omogućava sve potrebne elemente biljci za snažan rast i razvoj:¹³

- kalcijev karbonat: 93 - 95 %
- magnezijev karbonat: 2 - 3 %
- organsku tvar: 3 - 4 %
- fosfate: 2 %.

Zbog visoke koncentracije kalcijeva karbonata ljuske jaja mogu se koristiti kao uspješna zamjena za vapnena gnojiva.¹³

1.6. ZEOLITI

Zeoliti su hidratizirani alumosilikati, jedinstvene trodimenzionalne strukture, sastavljeni od primarnih i sekundarnih jedinica SiO_4 i AlO_4 tetraedara međusobno spojenih kisikovim atomima. Za strukturu zeolita karakteristična je specifična umrežena struktura sa šupljinama koje su međusobno povezane kanalima određenog oblika i veličine. Šupljine i kanali u prirodnom zeolitu sadrže vodu (do 25 % njihove mase). Površinski negativni naboj alumosilikatne strukture uzrokovan je izomorfnom zamjenom Si^{4+} s Al^{3+} ionima, a kompenziran je hidratiziranim alkalijskim i zemnoalkalijskim kationima koji se mogu izmijeniti s ionima (kationima) iz otopine u kontaktu sa zeolitom. Priroda ionske veze ovih kationa i kristalne rešetke zeolita omogućava njihovu pokretljivost, zamjenu drugim ionima ili dehidraciju bez razgradnje silikatnog kostura.¹⁴

Najvažnije svojstvo zeolita je selektivna i reverzibilna ionska izmjena. Izmjenjivi kationi (Na, K, Ca i Mg) su u strukturi zeolita vezani međumolekulskim silama različite jakosti.¹⁴

Osim ionske izmjene, zeoliti imaju i ova svojstva:¹⁴

- selektivna sorpcija plinova, para i tekućina pa se često nazivaju i molekulskim sitima
- katalitička svojstva – zeoliti nalaze svoju primjenu i u industrijskim procesima, prije svega organskoj industriji, gdje je za određene reakcije nužno potreban i katalizator. Iako je češća upotreba sintetskih zeolita, prirodni zeoliti kao katalizatori upotrebljavaju se kod krekiranja sirove nafte, izomerizacije i sinteze goriva te u sintezi visokovrijednih kemikalija, npr. farmaceutici.

Uz ekonomsku isplativost, zeolite se može uvrstiti u najvažnije prirodne materijale u zaštiti okoliša. Veliku primjenu prirodni zeoliti imaju u pročišćavanju otpadnih, pitkih, površinskih i podzemnih voda.¹⁴

Široka industrijska primjena zeolita zasniva se na njihova tri osnovna svojstva:¹⁵

- postojanje strukturnih šupljina, međusobno povezanih strukturnim kanalima. Veličina i oblik strukturnih šupljina i kanala te njihov međusobni položaj ovise o tipu zeolita.

- postojanje hidratiziranih kationa koji uravnotežuju razliku u naboju nastalu izomorfnom zamjenom silicija aluminijem. Takvi kationi smješteni su na točno određenim mjestima u šupljinama i kanalima i zbog svoje pokretljivosti mogu se zamijeniti s drugim kationima.
- postojanje jakih kiselinskih mjesta u nekim tipovima zeolita i aktivnih mjesta za reakcije katalizirane pomoću metala.

Zeolit se primjenjuje za poboljšanje stanja tla, uspješan uzgoj te bolju vegetaciju ratarskih i povrtlarskih kultura, voćnjaka, vinograda i maslinika.¹⁶

Biljke kojima se dodaje zeolit, imaju jako veliku korijensku masu, a on se treba dodavati što bliže korijenu kako bi plodovi bili krupniji. Zeolit nije agresivan kao što su urea i druga mineralna gnojiva. Biljka dodatkom zeolita postane dosta otporna na svoje specifične bolesti. Zeolit ima i druge važne funkcije poput obnavljanja tla. On u sebi ima 34 minerala koje ispusti u tlo i to pospješuje stvaranje mikroorganizama i humusa.¹⁶

Učinci i prednosti zeolita:¹⁷

- prirodni zeolit koji veže hranjive tvari iz gnojiva postupno ih oslobađa te time biljke imaju redovitu opskrbu hranjivim tvarima tijekom čitavog vegetacijskog razdoblja
- obnavljanje i čišćenje tla – na sebe veže teške metale i ostale štetne tvari pa ih biljke ne mogu unijeti u svoj sustav
- zadržava i regulira vodu u tlu – više od 30 % svoje strukture koristi za pohranjivanje vode
- učinkovito regulira kiselost tla (pH)
- sadrži značajne količine ostalih biogenih elemenata u tragovima (Mg, Ca, Fe, Ti, Mo, Mn itd.) te ima odličan učinak na produženu vitalizaciju i zdravlje biljaka, cvatnju, sazrijevanje, boju i okus
- pomaže rastresitosti i prozračivanju tla
- pospješuje stvaranje humusa u tlu
- aktivan je u zemlji 3 - 5 godina.

1.7. HUMUS

Humus je sloj tla koji se nalazi na površini Zemlje, koji je bogat organskim tvarima i mineralima, koje su važne za razvoj biljaka. Humus nastaje truljenjem organskog materijala, a od drugih organskih tvari se razlikuje po tome što je netopiv u vodi, ali se u njoj može koloidno dispergirati. Humus sadrži više ugljika (55 - 60 %), nego li nerazgrađene organske tvari, ali sadrži i velike količine dušika (3 - 6 %).^{18,19}

Humus je važan jer ima jako dobar utjecaj na strukturu tla, zbog njega teška i zbijena tla postaju lakša i rahlija. Također, sadrži sva potrebna biljna hraniva i povoljno utječe na biološka svojstva tla, obzirom da je izvor ugljika potrebnog za život i razmnožavanje mikroorganizama. Humusne tvari se dijele u tri grupe:^{18,19}

- huminski ugljen (inertan dio humusa; djelomično humificirana organska tvar)
- huminske kiseline (organske kiseline koje mogu odcijepiti H⁺ ione i s jakim bazama tvoriti soli-humate, zato su najvažnija grupa humusnih tvari)
- fulvinske kiseline (imaju ulogu zaštitnog koloida i vrlo su snažan faktor razgradnje mineralnog dijela tla).

Blagi i kiseli humus su dva najpoznatija oblika humusa. Blagi je zasićen lužinama, naročito kationima zemnoalkalijskih metala te ga se može naći u kvalitetnijim tlima. S druge strane, kiseli humus se nalazi u lošijim tlima i on je bogat fulvinskim kiselinama te nezasićenim huminskim kiselinama.^{18,19}

Prema sadržaju humusa, tla se svrstavaju u ove skupine:^{18,19}

- vrlo slabo humozna (do 1 % humusa)
- slabo humozna (1 - 3 % humusa)
- dosta humozna (3 - 5 % humusa)
- jako humozna (5 - 10 % humusa)
- vrlo jako humozna (više od 10 % humusa).

1.8. RUKOLA (*Eruca vesicaria* (L.) Cav.)

Rukola (*Eruca vesicaria* (L.) Cav.) (slika 1.5) je jednogodišnja ili dvogodišnja zeljasta biljka čija je sistematika prikazana u tablici 1.2. Uzgaja se zbog lišća koje je oštrog i pikantnog okusa te izrazito bogato vitaminima. Ima stimulatивно djelovanje na ljudski organizam, naročito za želudac i crijeva.²⁰



Slika 1.5 Rukola (*Eruca vesicaria* (L.) Cav.)^{21,22}

Tablica 1.2 Sistematika rukole²²

CARSTVO	Plantae
RED	Brassicales
PORODICA	Brassicaceae
ROD	<i>Eruca</i>
VRSTA	<i>Eruca vesicaria</i> (L.) Cav.

Kod rukole se na skraćenoj stabljici u vegetativnoj fazi razvija rozeta lišća. Listovi su na kratkim peteljčkama, više ili manje urezani, do 20 cm dugi i 6 cm visoki. Pri višim temperaturama razvija se cvjetna stabljika s grozdastim cvatovima bijele ili svijetložute boje s ljubičastim žilicama na laticama. Rukola je kultura skromnih zahtjeva otporna na mraz pa se stoga može proizvoditi tijekom cijele godine. Uspijeva gotovo na svakoj vrsti tla, a u pravilu traži bogato tlo koje zadržava vlagu i djelomično zasjenjeno mjesto jer će u suprotnom proizvoditi listove lošijeg okusa. Ova biljka najbolje uspijeva na lakim pjeskovitim i srednje teškim tlima pH neutralne ili alkalne reakcije.²⁰

2. EKSPERIMENTALNI DIO

2.1. MATERIJALI I KEMIKALIJE

U radu su korišteni sljedeći materijali i kemikalije:

- Šest različito pripremljenih uzoraka humusa u kojima je uzgajana biljka rukola:
 - uzorak čistog humusa bez dodataka (slika 2.1)
 - uzorak humusa u koji je dodan leteći pepeo na koji je adsorbiran bakar (slika 2.2)
 - uzorak humusa u koji je dodan humus na koji je adsorbiran bakar (slika 2.3)
 - uzorak humusa u koji su dodane ljuske jaja na koje je adsorbiran bakar (slika 2.4)
 - uzorak humusa u koji je dodan zeolit na koji je adsorbiran bakar (slika 2.5)
 - uzorak humusa koji je zalijevan samo s vodenom otopinom bakrovog(II) sulfata pentahidrata (slika 2.6).



Slika 2.1 Uzorak čistog humusa bez dodataka



Slika 2.2 Uzorak humusa u koji je dodan leteći pepeo na koji je adsorbiran bakar



Slika 2.3 Uzorak humusa u koji je dodan humus na koji je adsorbiran bakar



Slika 2.4 Uzorak humusa u koji su dodane ljuske jaja na koje je adsorbiran bakar



Slika 2.5 Uzorak humusa u koji je dodan zeolit na koji je adsorbiran bakar



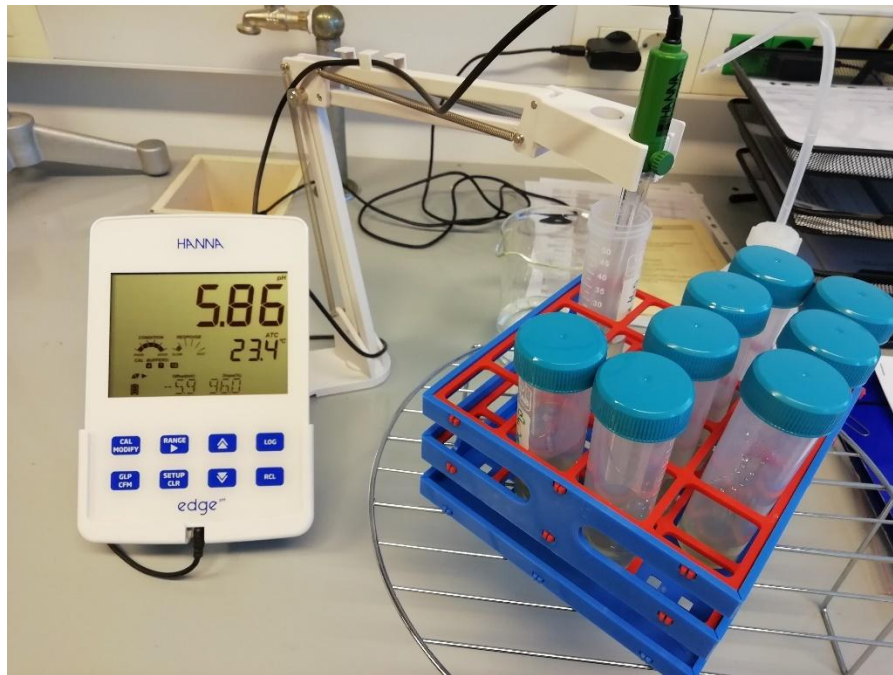
Slika 2.6 Uzorak humusa koji je zalijevan samo s vodenom otopinom bakrovog(II) sulfata pentahidrata

- Prokuhana destilirana voda
- KCl, 0,1 M.

2.2. INSTRUMENTI I APARATURA

Instrumenti i aparatura korišteni u ovom radu su:

- Hanna HI-2002 Edge® pH metar (slika 2.7)



Slika 2.7 pH-metar

- Plastično sito (slika 2.8)

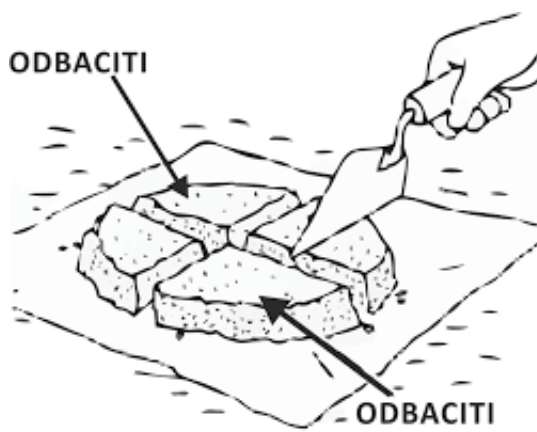


Slika 2.8 Plastično sito

2.3. METODE

2.3.1. Uzorkovanje humusa metodom četvrtanja

Uzorci humusa su oblikovani u krug te dijagonalno podijeljeni na četiri jednaka dijela. Dva nasuprotna dijela se odbace (slika 2.9), dok se ostatak ponovno miješa i postupak se ponavlja dok se ne dobije uzorak određene težine koji se važe.



Slika 2.9 Četvrtanje uzoraka tla²³

2.3.2. Određivanje kiselosti tla

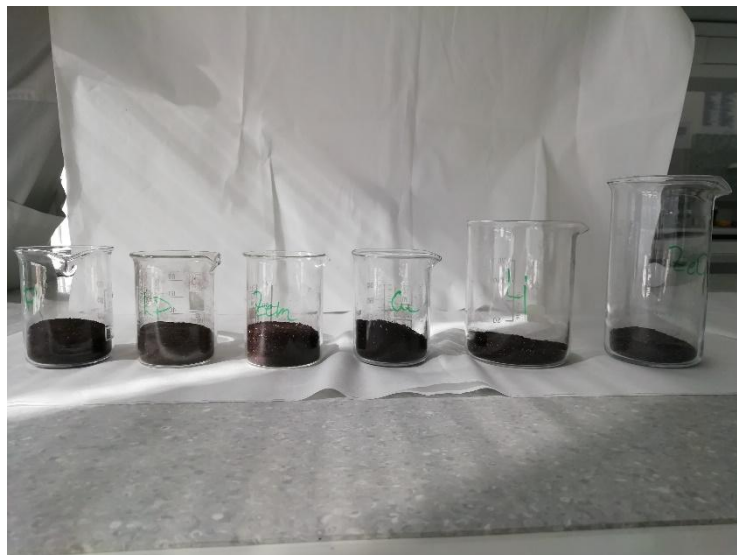
Odnos između H^+ i OH^- iona naziva se reakcijom tla, pri čemu je vodik nositelj kisele reakcije, a hidroksidni ioni bazične.⁴

Od direktnih metoda za određivanje reakcije tla najpoznatije su one kolorimetrijske i elektrometrijske. Kolorimetrijske metode određivanja reakcije tla koriste se na terenu i u laboratoriju, a temelje se na upotrebi indikatora. Elektrometrijsko određivanje pH vrijednosti se vrši pH-metrima koji mjere razliku u električnom potencijalu ovisno o aktivitetu H^+ iona.¹

U ovome radu je korištena elektrometrijska metoda gdje je pH vrijednost određivana pomoću pH-metra. Određivale su se aktivna i supstitucijska kiselost tla. Aktualni aciditet predstavlja aciditet tla suspendiranog u destiliranoj vodi dok supstitucijski aciditet predstavlja aciditet tla suspendiranog u otopini KCl-a. Vrijednosti aktualnog aciditeta trebale bi biti veće od vrijednosti supstitucijskog aciditeta.

Postupak:

1. u čaše od 50 ml izvaže se po 10 g svakog uzorka (slika 2.10), (ukupno 12 čaša, svaki uzorak ide u dvije čaše)
2. u šest čaša se ulije po 50 ml prokuhane destilirane vode koja se prethodno ohladila na sobnu temperaturu (voda se prokuhava kako bi se odstranio otopljeni CO₂ koji snižava pH vrijednost), a u drugih šest čaša ulije se po 50 ml 0,1 M otopine KCl-a
3. suspenzije u čašama trebaju odstajati 30 min pokrivene satnim stakalcem
4. suspenzije se zatim filtriraju preko filter papira (slika 2.11)
5. reakcija tla se mjeri pH-metrom
6. prema izmjerenoj pH vrijednosti tlo se svrstava u jednu od grupa prikazanih u tablici 2.1



Slika 2.10 Uzorci humusa



Slika 2.11 Filtriranje suspenzija preko filter papira

Tablica 2.1 Ocjena reakcije otopine tla⁶

pH	Reakcija otopine tla
< 3,5	Ultra kisela
3,5 - 4,4	Ekstremno kisela
4,5 - 5,0	Vrlo jako kisela
5,1 - 5,5	Jako kisela
5,6 - 6,0	Umjereno kisela
6,1 - 6,5	Slabo kisela
6,6 - 7,3	Neutralna
7,4 - 7,8	Slabo alkalna
7,9 - 8,4	Umjereno alkalna
8,4 - 9,0	Jako alkalna
> 9,1	Vrlo jako alkalna

2.4. PROVEDBA EKSPERIMENTA

Uzorci humusa, ispitani u ovom završnom radu, pripremljeni su u prethodnom istraživanju za potrebe izrade diplomskog rada Ane Pušić.²⁴

Kratak opis pripreme humusa je sljedeći:

Sjeme rukole je posađeno u šest različito pripremljenih humusa. U svaku teglicu je dodano oko 40 g humusa. U prve četiri teglice je dodano 10 g dodataka na koji je prethodno sorbiran bakar kao teški metal (u prvu leteći pepeo, drugu humus, treću zeolit, četvrtu ljuske jaja). U petu teglicu nije dodano ništa osim humusa i sjemena rukole, ali je rukola koja je uzgajana u toj teglici zalijevana isključivo vodenom otopinom bakrovog(II) sulfata pentahidrata. U zadnju teglicu dodane su humus i sjeme rukole i ova rukola je zalijevana isključivo vodovodnom vodom i služila je kao referentni uzorak.

Predmet istraživanja je bio humus preostao nakon sabiranja rukole. Uzorci su uzorkovani metodom četvrtanja, usitnjeni tučkom u tarioniku i prosijani kroz sito. Od svakog uzorka humusa je uzeto 2 puta po 10 g (jedan za H₂O, a drugi za KCl). Slijedeće je bilo dodavanje prokuhane destilirane vode ohlađene na sobnu temperaturu te KCl-a u uzorke nakon čega su ostavljeni stajati poklopljeni tijekom 30 min. Nakon toga slijedila je filtracija uzoraka kroz filter papir nakon čega su dobivene otopine koje su služile za određivanje pH vrijednosti.

3. REZULTATI I RASPRAVA

3.1. VIZUALNA KARAKTERIZACIJA UZORAKA HUMUSA

Uzorak čistog humusa (referentni uzorak) je bio svjetlije boje, granularan, vrlo kompaktan i lako se usitnjavao (slika 3.1).



Slika 3.1 Uzorak čistog humusa

Uzorak humusa u koji je dodan leteći pepeo bio je također svjetlije nijanse smeđe boje u odnosu na druge uzorke, vrlo suh, dok su se grumeni tla lako mrvili i usitnjavali (slika 3.2).



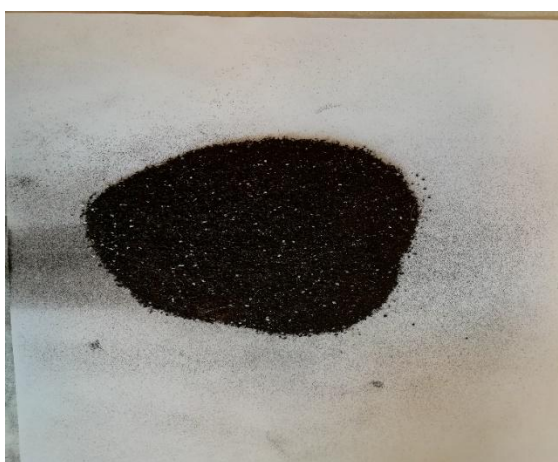
Slika 3.2 Uzorak humusa u koji je dodan leteći pepeo

Uzorak humusa u koji je dodan humus na koji je adsorbiran bakar je isto kao i prethodna dva bio svjetlije nijanse smeđe boje, pun žilica što je otežavalo usitnjavanje, grumeni tla su bili dosta čvrsti i kompakti (slika 3.3).



Slika 3.3 Uzorak humusa u koji je dodan humus na koji je adsorbiran bakar

Uzorak humusa u koji su dodane ljuske jajeta na koji je adsorbiran bakar je bio najtamniji od svih uzoraka. Vidljive su ljuske jaja, grumeni su bili čvrsti i nije se lako raspadao i usitnjavao (slika 3.4).



Slika 3.4 Uzorak humusa u koji su dodane ljuske jaja na koje je adsorbiran bakar

Uzorak humusa u koji je dodan zeolit na koji je adsorbiran bakar je najsvijetlije boje od svih uzoraka, usitnjavao se pod vrlo malom silom i imao je specifičan miris u odnosu na druge uzorke humusa (slika 3.5).



Slika 3.5 Uzorak humusa u koji je dodan zeolit na koji je adsorbiran bakar

Uzorak humusa koji je zalijevan s vodenom otopinom bakra je bio tamnije smeđe boje, kompaktne grudaste strukture, usitnjavao se pod nešto većom silom (slika 3.6).



Slika 3.6 Uzorak humusa koji je zalijevan samo s vodenom otopinom bakra

3.2. pH VRIJEDNOSTI UZORAKA HUMUSA

U tablici 3.1 prikazani su rezultati izmjerenih pH vrijednosti uzoraka dobivenih mjerenjem aktualnog (uzorci tretirani s destiliranom vodom) i supstitucijskog aciditeta (uzorci tretirani s 0,1 M KCl-om) te se prema izmjerenoj pH reakciji, tlo odnosno uzorci humusa svrstavaju u odgovarajuću grupu.

Tablica 3.1 Aktualni i supstitucijski aciditet uzorka

UZORAK	AKTUALNI ACIDITET	GRUPA TLA	SUPSTITUCIJSKI ACIDITET	GRUPA TLA
Referentni uzorak humusa	6,85	Neutralno	5,85	Umjereno kiselo
Humus s dodatkom letećeg pepela	6,55	Neutralno	6,09	Slabo kiselo
Humus s dodatkom humusa	6,72	Neutralno	6,00	Umjereno kiselo
Humus s dodatkom ljuski jaja	7,04	Neutralno	6,69	Neutralno
Humus s dodatkom zeolita	6,98	Neutralno	6,63	Neutralno
Humus zalijevan vodenom otopinom bakra	5,86	Umjereno kiselo	5,56	Umjereno kiselo

Rezultati pokazuju da većina izmjerenih pH vrijednosti kod aktualnog aciditeta pripada neutralnim tlima te da dodatci na nju nisu bitno utjecali, iako se primjećuje malo odstupanje kod humusa koji je zalijevan isključivo vodenom otopinom bakra. Izmjerena pH vrijednost aktualnog aciditeta tog uzorka iznosi $\text{pH} = 5,86$ te ga svrstava u grupu umjereno kiselih tala. Kod supstitucijskog aciditeta uočava se da većina uzoraka pripada umjereno kiselim tlima, osim uzorka humusa s dodatkom letećeg pepela koji pripada slabo kiselima tlima te uzoraka humusa s ljuskama jaja i humusa s dodatkom zeolita koji su neutralni.

Na temelju dobivenih rezultata nakon provedenog eksperimenta utvrđeno je da dodatci dodani humusu ne bi smjeli utjecati na rast i razvoj rukole jer je optimalan pH tla prema literaturi za njen rast neutralne ili alkalne reakcije.²⁰ Isto je potvrđeno praćenjem rasta i razvoja rukole, a rezultati su obrađeni u diplomskom radu Ane Pušić.²⁴

4. ZAKLJUČAK

Zadatak završnog rada bio je ispitati utjecaj različitih dodataka humusu na pH vrijednost humusa. Nakon provedenog eksperimenta i na temelju izmjerenih pH vrijednosti može se zaključiti:

- Uzorak čistog humusa bez dodataka (referentni uzorak) ima povoljnu pH reakciju koja je potrebna za normalan rast i razvoj rukole.
- Na temelju dobivenih podataka mjerenjem aktualnog i supstitucijskog aciditeta uzorak humusa u koji je dodan leteći pepeo na koji je adsorbiran bakar se kategorizira u neutralno i slabo kiselo tlo čime se potvrđuje da dodatak humusu ne ometa rast i razvoj biljke.
- Uzorak humusa u koji je dodan humus na koji je adsorbiran bakar također ima povoljnu pH reakciju te je utvrđeno kako kao dodatak humusu ne ometa rast i razvoj biljke.
- Uzorak humusa s dodatkom ljuske jaja na koje je adsorbiran bakar je pokazao neutralnu pH reakciju što je također optimalno za razvoj biljke i ne šteti njenom razvoju.
- Uzorak humusa s dodatkom zeolita na koji je vezan bakar ima neutralan pH što je također optimalno za uzgajanje biljke.
- Uzorak humusa koji je zalijevan samo s vodenom otopinom bakra ima umjereno kiselu pH reakciju što je također odgovarajuće za rast i razvoj rukole.
- Sagledavajući dobivene rezultate, može se zaključiti kako niti jedan pripremljeni humus ne bi smio ometati rast i razvoj rukole što je i potvrđeno samim uzgojem biljke. Svi uzorci su bili unutar optimalnog raspona pH vrijednosti koja je pogodna za rast i razvoj rukole.

5. LITERATURA

1. V. *Vukadinović*, Interni materijali za vježbe iz kolegija Pedologija, Sveučilište u Osijeku, 2012.
2. S. *Husnjak*, Sistematika tala Hrvatske, Hrvatska sveučilišna naklada, Zagreb, 2014.
3. V. *Vukadinović*, V. *Vukadinović*, Tlo, gnojidba i prinos, Osijek, 2016.
4. A. *Špoljar*, Tloznanstvo i popravak tla, I. Dio, Križevci, 2007.
5. L. *Berić*, Završni rad, Poljoprivredni fakultet, Osijek, 2017.
6. I. *Majić*, Završni rad, Kemijsko-tehnološki fakultet, Split, 2018.
7. URL: http://free-zg.t-com.hr/Svjatlana_Luterotti/01/012/0121.htm (17.3. 2019.)
8. Z. *Lončarić*, Uzorkovanje tla i biljke za agrokemijske i pedološke analize, Poljoprivredni fakultet u Osijeku, Osijek, 2014.
9. J. *Zelić*, Z. *Osmanović*, Čvrstoća i trajnost cementnih kompozita, Sveučilište u Splitu, 2014.
10. URL: <https://www.agroklub.com/povrcarstvo/pepeo-izvor-plodnosti-tla-ali-i-zastite/12548> (8.6.2019.)
11. URL: <https://www.agroklub.com/agro-hobi/iskoristite-ljuske-od-jaja-u-svom-vrtu/24143/> (8.6.2019.)
12. URL: <https://www.vrtlarica.com/kako-koristiti-ljuske-jaja-u-vrtu/> (8.6.2019.)
13. URL: <https://bo.guruanimal.ru/ptice/3373-koriste%C4%87i-ljuske-kao-%C4%91lubrivo.html> (8.6.2019.)
14. B. *Vojnović*, K. *Margeta*, M. *Šiljeg*, Š. *Cerjan Stefanović*, L.J. *Bokić*, Primjena prirodnih zeolita u zaštiti okoliša, *Sigurnost* **55** (3) (2013) 209-218.
15. B. *Subotić*, J. *Bronić*, A. *Čizmek*, T. *Antonić*, C. *Kosanović*, Zeoliti: Svojstva, uporaba, istraživanje, *Kem. Ind.* **43** (12) (1994) 475-487.
16. URL: <https://www.agroklub.com/stocarstvo/sa-zeolitom-bolje-napreduju-i-biljke-i-zivotinje/23950/> (10.6.2019.)
17. URL: <http://velebitagro.hr/poljoprivreda/priprema-poboljsivaci-tla/zeogravel-za-bolju-vegetaciju/> (10.6.2019.)
18. URL: <https://zivotistil.rtl.hr/vrt-i-sobno-bilje/2652143/sto-je-humus-zasto-je-vazan-i-kako-nastaje/> (10.6.2019.)
19. URL: <https://hr.wikipedia.org/wiki/Humus> (10.6.2019.)
20. URL: <https://www.agroklub.com/sortna-lista/povrce/rukola-201/> (7.3. 2019)
21. URL: <http://www.brzoifino.hr/namirnice/svestrana-rikola/> (21.3.2019.)
22. URL: <https://www.plantea.com.hr/rikula/> (21.3.2019.)
23. D. *Grubeša*, Završni rad, Poljoprivredni fakultet, Osijek, 2014.

24. A. *Pušić*, Diplomski rad, Kemijsko-tehnološki fakultet, Split, 2019.