Metode određivanja pristupačnog fosfora u tlu:utjecaj tipa tla i gnojidbe

Šimera, Ela

Master's thesis / Diplomski rad

2017

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:167:533884

Rights / Prava: In copyright / Zaštićeno autorskim pravom.

Download date / Datum preuzimanja: **2024-03-29**

Repository / Repozitorij:

Repository of the Faculty of chemistry and technology - University of Split

SVEUČILIŠTE U SPLITU

KEMIJSKO-TEHNOLOŠKI FAKULTET

METODE ODREĐIVANJA PRISTUPAČNOG FOSFORA U TLU / UTJECAJ TIPA TLA I GNOJIDBE

DIPLOMSKI RAD

ELA ŠIMERA

Matični broj: 149

Split, srpanj, 2017.

SVEUČILIŠTE U SPLITU

KEMIJSKO-TEHNOLOŠKI FAKULTET

DIPLOMSKI STUDIJ KEMIJSKE TEHNOLOGIJE

Smjer: ZAŠTITA OKOLIŠA

METODE ODREĐIVANJA PRISTUPAČNOG FOSFORA U TLU / UTJECAJ TIPA TLA I GNOJIDBE

DIPLOMSKI RAD

ELA ŠIMERA

Matični broj: 149

Split, srpanj, 2017.

UNIVERSITY OF SPLIT

FACULTY OF CHEMISTRY AND TECHNOLOGY

GRADUATE STUDY OF CHEMICAL TECHNOLOGY

ENVIRONMENTAL PROTECTION

METHODS USED IN THE DETERMINATION OF ACCOPANYING PHOSPHOR IN SOIL / THE INFLUENCES BETWEEN TYPES OF SOIL AND WASTE

DIPLOMA THESIS

Ela Šimera

Parent number: 149

Split, july, 2017.

TEMELJNA DOKUMENTACIJSKA KARTICA

DIPLOMSKI RAD

Sveučilište u Splitu

Kemijsko-tehnološki fakultet

Diplomski studij kemijske tehnologije

Znanstveno područje: Prirodne znanosti

Znanstveno polje: Kemija

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

Mentor: doc. dr. sc. Maša Buljac

Pomoć pri izradi: dr. sc. Branimir Urlić

METODE ODREĐIVANJA PRISTUPAČNOG FOSFORA U TLU / UTJECAJ TIPA TLA I GNOJIDBE

Ela Šimera broj indeksa: 149

Sažetak: U ovom diplomskom radu određivane su koncentracije fosfora u tlu i biljnom materijalu (pšenici). Fosfor u tlu je određivan trima metodama: metodom po Olsenu, metodom po Trougu te metodom s $CaCl_2$. Metode se temelje na spektrofotometrijskom određivanju. Proučavan je i utjecaj dodatka fosfora u tlo na vegetacijske pokazatelje i nakupljanje fosfora u dijelovima pšenice. Različita koncentracija fosfora pokazala je promjene u rastu biljke te je važno utvrditi utjecaj tipa tla na vegetacijske pokazatelje.

Ključne riječi: pristupačni fosfor, metode, tla Primorske Hrvatske, gnojidba, pšenica

Rad sadrži: 43 stranice, 42 slike, 7 tablica, 0 priloga, 15 literaturnih referenci

Jezik izvornika: Hrvatski

Sastav Povjerenstva za obranu:

1. Izv. prof. doc. dr. sc. Marija Bralić –predsjednik povjerenstva

2. Doc.dr.sc. Marijo Buzuk – član

3. Doc. dr. sc. Maša Buljac – član - mentor

Datum obrane:12. srpnja 2017.

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

BASIC DOCUMENTATION CARD

DIPLOMA THESIS

University of Split

Faculty of Chemistry and Technology

Graduate study of chemical technology

Scientific area: Natural sciences

Scientific field: Chemistry

Thesis subject was approved by Faculty Council of faculty of Chemistry and technology, session no.XXI

Mentor: Maša Buljac, PhD, assistant prof.

Technical assistance: Branimir Urlić, PhD

METHODS USED IN THE DETERMINATION OF ACCOPANYING PHOSPHOR IN SOIL / THE INFLUENCES BETWEEN TYPES OF SOIL AND WASTE

Ela Šimera, index number: 149

Abstract: In the graduate thesis that is presented, Phosphorus concentrations were determined in soil and plant materials (wheat). The following three methods are used to measure and subsequently determine the level of Phosphorus in soil: The Olsen method, the Troug method, The CaCl2 method.

The basis of these methods derives from spectrophotometric determination. Studies have been done between the influence of Phosphorous addition to soil on vegetation indicators, and phosphorus accumulation in parts of wheat. Different concentrations of phosphorus showed changes in plant growth, and it is essential to determine the influence of the type of soil and the effects this has on vegetation indicators.

Key words: Affordable Phosphorus, methods, Soil deriving from the coastal reigons of Croatia, fertilization, wheat

Thesis contains: 43 pages, 42 figures, 7 tables, 0 insets, 15 literature reference

Original in: Croatian

Defence committee:

1. Marija Bralić, PhD associate prof-Chair person
2. Marijo Buzuk, PhD assistant prof., Member
3. Maša Buljac, PhD assistant prof., Supervisor

Defence date: 12. july 2017.

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

Diplomski rad je izrađen u Zavodu za Kemiju okoliša Kemijsko–tehnološkog fakulteta u Splitu, i Institutu za jadranske kulture i melioraciju krša pod mentorstvom doc. dr. sc. Maše Buljac i uz pomoć dr. sc. Branimira Urlića, u razdoblju od 13.12 do 14.02, 2017.god.

Zahvala

Veliku zahvalnost, dugujem dr.sc Branimiru Urliću koji mi je omogućio svu potrebnu opremu i pomogao svojim savjetima pri izradi ovog diplomskog rada te što je imao strpljenja i vremena za moje brojne upite.

Također veliko hvala laborantici Silviji Milišić koja je budno pratila svaki moj pokret u laboratoriju i time mi prenijela dio svog znanja. Zahvaljujem se mentorici doc. dr. sc. Maši Buljac na ukazanom povjerenju, koju iznimno cijenim kao stručnu osobu i kao čovjeka.

I na kraju najveću zaslugu za ono što sam postigla pripisujem svojim roditeljima, koji su uvijek bili tu, uz mene, bez obzira dali se radilo o teškim ili sretnim trenucima i bez kojih sve što sam dosad postigla ne bi bilo moguće.

Veliko hvala!

ZADATAK DIPLOMSKOG RADA

Zadatak ovog diplomskog rada je :

- pregled metoda za analizu pristupačnog fosfora u tlima
- izbor prikladnih metoda za izabrana tla
- primjena različitih količina fosfornih gnojiva u izabranim tlima i njihov utjecaj na rast biljaka pšenice i usvajanje fosfora.

SAŽETAK

U ovom diplomskom radu određivane su koncentracije fosfora u tlu i biljnom materijalu (pšenici). Fosfor u tlu je određivan trima metodama: metodom po Olsenu, metodom po Trougu te metodom s $CaCl_2$. Metode se temelje na spektrofotometrijskom određivanju. Proučavan je i utjecaj dodatka fosfora u tlo na vegetacijske pokazatelje i nakupljanje fosfora u dijelovima pšenice. Različita koncentracija fosfora pokazala je promjene u rastu biljke te je bilo važno utvrditi utjecaj tipa tla na vegetacijske pokazatelje.

Ključne riječi: pristupačni fosfor, metode, tla primorske Hrvatske, gnojidba, pšenica

ABSTRACT

In the graduate thesis that is presented, phosphorus concentrations were determined in soil and plant materials (wheat). The following three methods are used to measure and subsequently determine the level of Phosphorus in soil: the Olsen method, the Troug method, the $CaCl_2$ method.

The basis of these methods derives from spectrophotometric determination. Studies have been done to find the effect of phosphorous soil application to soil on vegetative parameters and phosphorus accumulation in wheat plant parts.. Different concentrations of phosphorus showed changes in plant growth, and it is essential to determine the effect of the soil type of soil on vegetative parameters

Key words: available phosphorus, methods, soil types from the coastal Croatia, fertilization, wheat

SADRŽAJ

UVOD **1**

1. OPĆI DIO **2**

1.1 TLO **3**

1.2 ELEMENTARNI SASTAV TLA **4**

1.3 PLODNOST TLA **6**

1.4 FOSFOR **7**

1.5 EKSTRAKCIJSKE METODE ODREĐIVANJA FOSFORA **8**

1.6 TLA UZGOJNOG PODRUĆJA **11**

1.7 INTERAKCIJA FOSFORA I TLA TE ZAGAĐENJE FOSFOROM **13**

2. EKSPERIMENTALNI DIO

2.1. PRIPREMA UZORAKA **16**

2.1.1. PRIPREMA UZORAKA TLA **16**

2.1.2 VODNI KAPACITET TLA 16

2.1.3. PRIPREMA OTOPINE RAZRIJEĐENIH KONCENTRACIJA P/KG TLA U 100 ML H_2O 17

2.1.4. PRIPREMA UZORKA BILJNOG MATERIALA 17

2.2 ODREĐIVANE ANALIZE U ISTRAŽIVANOM TLU **19**

2.2.1. ODREĐIVANJE PH TLA 19

2.2.2 ODREĐIVANJE UKUPNIH KARBONATA U TLU 20

2.2.3. ODREĐIVANJE HUMUSA U TLU PO KOTZMANU 21

2.2.4 ODREĐIVANJE KALIJA 22

2.2.5 MEHANIČKI SASTAV TLA 23

2.3 METODE KORIŠTENE U EKSPERIMENTU U SVRHU ODREĐIVANJA PRISTUPAĆNOG P U TLU **25**

2.3.1. METODA ODREĐIVANJA FOSFORA PO TROUGU 25

2.3.2 METODA ODREĐIVANJA FOSFORA $CaCl_2$ 26

2.3.3 METODA ODREĐIVANJA FOSFORA PO OLSENU 27

2.4 ODREDIVANJE FOSFORA U BILJNOM MATERIJALU **29**

3. REZULTATI I RASPRAVA **31**

4. ZAKLJUČAK **44**

5. LITERATURA **46**

UVOD

Tlo je površinski dio zemljine kore sastavljen od mineralnih čestica, organskih tvari, vode, zraka i živih organizama nastalo je mehaničkim i kemijskim trošenjem matičnih stijena tijekom dugog geološkog razdoblja pod utjecajem tektonskih poremećaja i atmosferilija. Kao granica između geosfera, atmosfere i hidrosfere tlo je u biokemijskom kruženju tvari njegovo izvorište i primatelj pa se i samo mijenjalo tijekom tih procesa.[1]

Fosfor je nemetal koji se u prirodi najčešće javlja u peterovalentnom obliku. U tlu potječe od razgradnje matičnih stijena, najčešće apatita i iz organske tvari tla. Sadržaj fosfora u tlu je jako promjenjiv i varira od 0,02 do 0,15%. U tlu se najčešće nalazi u formi ortofosfata. Većina poljoprivrednih tala sadrži između 40 i 80 % anorganski vezanog i 20 do 60% organski vezanog fosfora. Međutim količine pristupačnog fosfora za biljke su najčešće male te se mogu lako potrošiti. Zbog ravnotežnog stanja te količine se sporo mijenjaju uslijed prelaska fosfora iz anorganskog oblika u organski i obrnuto u toku procesa mineralizacije i imobilizacije. Sam intenzitet kruženja fosfora ovisi o količini prvobitnog izvora fosfora u zemljištu. Sa povećanjem poljoprivredne proizvodnje deficit fosfora u tlu postaje jako raširena pojava te je unošenje fosfora u obliku gnojiva uobičajena praksa širom svijeta. Unošenjem fosfornih gnojiva u tlo svake godine dovelo je do toga da je u zemljama s intenzivnom poljoprivredom uspostavljen njezin pozitivan balans, a u nizu manje razvijenih zemalja postoji negativan balans fosfora.[2]

Zadatak ovog rada bio je ispitivanje utjecaja dodanog fosfora u različitim koncentracijama (0, 20, 40, 80 mg P/kg tla) u tri vrste tla (crvenica, rendzina i aluvijalno livadno tlo) na rast biljaka pšenice, te usvajanje P u biljnom materijalu. Pristupačni fosfor u tri vrste tla je određivan trima metodama: metodom po Olsenu, metodom po Trougu te metodom s $CaCl_2$. Usporedbom dobivenih rezultata moguće je dobiti uvid na učinak dodatka fosfora na rast biljke u tri različita tla

1. OPĆI DIO

1.1. TLO

Zanimanje čovjeka za upoznavanjem tla je staro koliko i ljudski rod. U fazi lova, ribolova i sakupljanja plodova ljudima nisu bila potrebna nikakva saznanja o tlu. Međutim, s postepenim napuštanjem nomadskog načina života i počecima ratarenja (uzgoj nekih biljaka važnih za prehranu čovjeka) raste zanimanje za tlo, što je razumljivo s obzirom da o kvaliteti i kvantiteti proizvodnje ovisi i čovjekova egzistencija.

Tlo je rastresita prirodno-povijesna tvorevina nastala djelovanjem pedogenetskih činitelja tijekom procesa pedogeneze na rastresitom matičnom supstratu ili trošni čvrste matične stijene.[3]

Faktori tvorbe tla su: matični supstrat, klima i reljef, biljke i životinje te antropogeni utjecaj.

Tlo se definira :

- Tlo je površinski sloj Zemljine kore izmijenjen zajedničkim utjecajem klime, zraka, vode, biljaka i životinja.
- Tlo je smjesa praškastih i čvrstih čestica koja je opskrbljena hranjivima, može biti nositelj vegetacije.
- Tlo kao rastresit sloj Zemljine kore sposoban za stanište biljkama.
- Tlo s ekološkog aspekta, onaj sloj Zemljine kore koji nosi biljke.[4]

Slika 1. Suživot prirode i ljudi[5]

1.2.ELEMENTARNI SASTAV TLA

Elementarni sastav tla čine s preko 98% kisik, silicij, aluminij, željezo, kalcij, kalij, natrij i vodik, a preostalih 2% pretežno čine ugljik, dušik, sumpor i fosfor. S obzirom na potrebe biljke elementi se dijele na makro elemente i mikro elemente.

U mikro elemente, koje biljka treba u malim količinama spadaju mangan, bor, cink, bakar i molibden.[4] Biljka ove elemente prima u pristupačnom odnosno fiziološki aktivnom obliku – fiziološki aktivna hranjiva. Biljka, kao što je rečeno, koristi mikro elemente u malim količinama. Svi mikro elementi, osim bora, ulaze u sastav enzimskih sustava. Uglavnom su naša tla dobro opskrbljena mikro elementima. U kiselim tlima mogu se gotovo svi mikro elementi pojaviti u toksičnim količinama (osim molibdena). U alkalnim tlima dolazi do izražaja njihova deficijencija, pri čemu je opet izuzetak molibden. Ovaj problem rješava se reguliranjem reakcije tla. Osim navedenih elemenata u malim se količinama u tlu javljaju klor, titan, kobalt, kositar, fluor, jod i nikal.[6]

U makroelemente, koje biljka koristi za rast i razvoj u velikim količinama ubrajaju se: ugljik, vodik, kisik, dušik, kalij, sumpor, kalcij, magnezij željezo i fosfor.

Ugljik je biogeni element, kojeg biljka usvaja iz tla. U tlu se nalazi u organskoj tvari, u obliku karbonata i u zraku tla kao CO_2. U pedosferi ga ima prosječno 2%.

Vodika u litosferi nema, a pojavljuje se prilikom trošenja primarnih minerala. Ioni vodika su vrlo mobilni i aktivni u tlu. Uzročnik su kiselosti. Nalaze se slobodni u otopini tla ili vezani na adsorpcijskom kompleksu.

Kisika u pedosferi ima 49%, a važan je za oksidacijske i redukcijske procese u tlu. Biogeni je element.

Dušik zauzima 0,1 do 0,2 % u pedosferi. Biljka ga prima u obliku NH_4^+, NO_3^-, i NO_2^- iona. NH_4^+ ioni vežu se na koloide tla, a NO_3^- i NO_2^- u tlu se ne vežu.

Kalija ima u tlu u količini od 1,36 %. Biogeni je element. Sastavni je dio primarnih i sekundarnih minerala (ili različite soli), a nalazi se u tlu i u ionskom obliku.

Sumpor se u tlu nalazi u obliku sulfata, sulfida i sastavni je dio organske tvari. Sumpor je biogeni element i biljka ga prihvaća kao SO_4^{2-} i SO_3^{2-} ione.

Kalcija u pedosferi ima prosječno 1,37 %. Sastavni je dio kalcita, dolomita, sadre i različitih silikata. Trošenjem minerala oslobađa se u obliku različitih soli, a u tlu se najviše pojavljuje u obliku karbonata, sulfata i klorida. Kalcij je biogeni element, čimbenik je stabilne strukture (koagulator), sudjeluje u tvorbi blagog humusa i onemogućava štetno djelovanje vodikovih iona – zakiseljavanje.

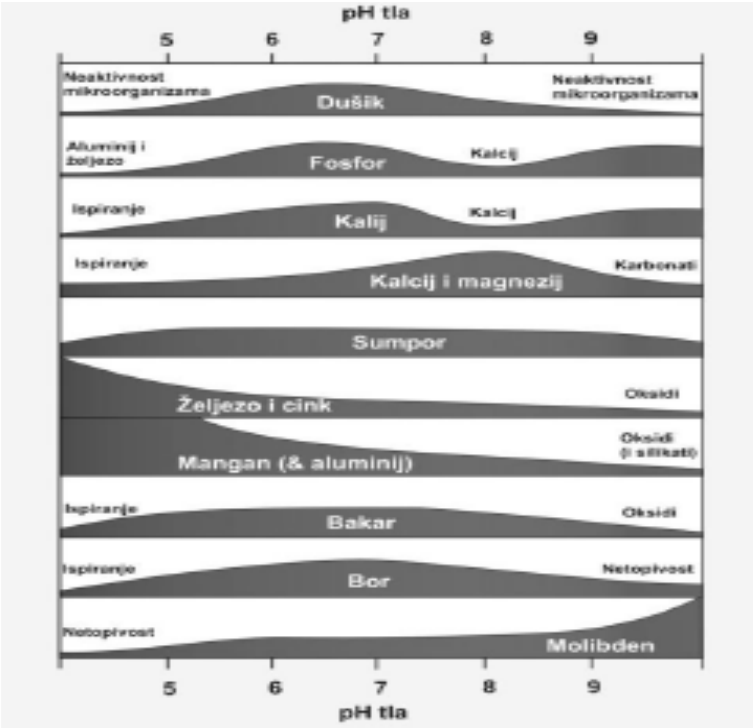
Magnezija u tlu ima 0,6 %. Sastavni je dio nekih alumosilikata, dolomita, minerala gline, a nalazi se i u obliku soli, te adsorbiran na adsorpcijski kompleks. Djeluje povoljno na strukturu tla jer slično kao i kalcij vrši koagulaciju. Biogeni je element.

Željeza u pedosferi ima 3,8 %. Biogeni je element. Najveći dio željeza u tlu se nalazi u obliku oksida, koji do različitog stupnja hidratiziraju dajući tlu različite nijanse crvene i smeđe boje. Topivost željeznih oksida raste s padom pH vrijednosti, a mobilno željezo u tlu se nalazi kod pH 3. U našim tlima najčešće se pojavljuju: - getit (α – FeOOH), smeđe boje - hematit (α – Fe_2O_3), crvene boje - lepidokrokit (γ –FeOOH), narančaste boje.

Silicij nije biogeni element. U tlu ga ima oko 33 %. Nalazi se u sastavu primarnih i sekundarnih minerala, a u ionskom obliku ima ga vrlo malo.

U pedosferi ima 7,1 % aluminija. Ne pripada biogenim elementima, a za razliku od silicijevih oksida aluminijevi su topivi u kiselim uvjetima sredine. Mobilni aluminij javlja se kod pH 5.

Natrij nije biogeni element, a u tlu ga ima tek 0,63 %. Radi velike topivosti natrijevih soli natrija ima u otopini tla i na adsorpcijskom kompleksu. Tla koja obiluju ionima natrija vrlo su loših fizikalnih značajki. U suhom su stanju zbijena i kompaktna, a u vlažnom prelaze u bez strukturnu masu. Ako u adsorpcijskom kompleksu ima više od 15 % iona Na tada se radi o alkalnim tlima.[7]

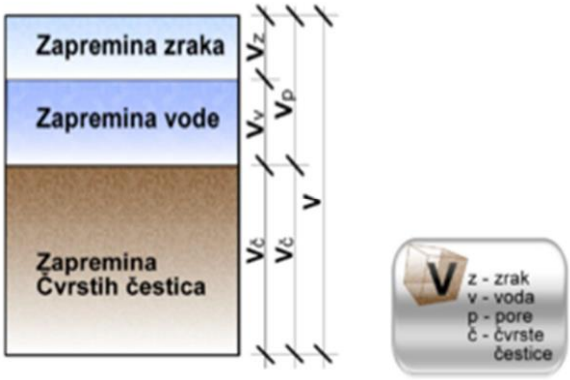


Slika 2. Utjecaj reakcije tla na primanje biogenih elemenata.[8]

1.3. PLODNOST TLA

Tlo je vrlo složen sustav, sastavljen od krute, tekuće i plinovite faze koje se neprestano mijenjaju u prirodnim ciklusima s ciljem održavanja povoljne strukture oslobađanja hranjivih elementa neophodnih za život biljaka i mikroorganizama u tlu. Kruta faza je sastavljena od mineralnog i organskog dijela koje imaju jednaku važnost za biljke. Mineralnu frakciju tla čine primarni minerali, slabo podložni raspadanju, zanemarive sposobnosti zadržavanja vode i hranjivih tvari oko korijena bilja, te sekundarni minerali koji zajedno s humusom čine organomineralni kompleks, aktivni i najvažniji dio tla. Električni naboj na česticama gline omogućava zadržavanje hranjiva i vode. Omogućuje im i međusobno povezivanje u tvorbu prostornih agregata izuzetno velike adsorpcijske površine i značaja za plodnost tla. Nastanak gline je izrazito spor proces (10 kg/ha/god) pa njezini prividno mali gubici mogu biti znatno veći.

Sam izraz plodnost tla označava njegovu sposobnost osiguranja potrebne hrane i vode biljkama u dovoljnoj količini i u odgovarajućim omjerima, te je efektivna plodnost biljnog staništa vrlo složeno svojstvo tla. Najlakše se definira preko količine organske tvari koje biljke mogu sintetizirati na nekom prirodnom ili djelomično uređenom zemljištu tijekom vegetacijskog razdoblja. Plodna tla su neutralne ili blizu neutralne pH reakcije, bogata hranjivima koje biljke mogu usvojiti, povoljnih fizikalno-kemijskih svojstava i ne sadrže štetne tvari. Plodnost tla, iako je to njegovo najvažnije svojstvo, ne može se apsolutno utvrditi jer plodnost tla ovisi o tipu tla, teksturi, vodnom i toplinskom režimu, raspoloživosti hranjiva, sadržaju humusa, mikrobiološkom djelovanju i primjeni.[7]



Slika3. Faze tla[7]

1.4 FOSFOR

Fosfor (P) je nemetal koji se nalazi u prirodi, tlu i biljkama. Ulazi u sastav značajnih organskih spojeva kao što su nukleoproteidi, fosfolipidi, enzimi i mnogih drugih, posebice spojeva koji povezuju endergone i egzergone reakcije. Ciklus P sastoji se iz razgradnje fosfornih spojeva u tlu, njihovog usvajanja od strane biljaka i ponovnog nastanka minerala tla. Poznato je čak oko 170 minerala koji sadrže fosfor, a nalaze se u svim magnatskim stijenama.

Biljke usvajaju fosfor isključivo u anionskom obliku i to kao $H_2PO_4^-$ i HPO_4^{2-}, a ugrađuju ga, za razliku od dušika i sumpora, u organsku tvar bez redukcije. Ortofosfatna kiselina različito disocira zavisno od pH reakcije, ali često je mišljenje da se aktivno usvaja samo ion $H_2PO_4^-$ što objašnjava bolje usvajanje fosfora u slabo kiseloj sredini. Usvajanje P iz vodene faze tla je vrlo brz proces, ali je $H_2PO_4^-$ u tlu vrlo malo ($\approx 10^{-5}$ mol/dm^3), dok je nadoknada iona fosfata iz topljivih oblika fosfora, znatno sporiji proces. Stoga procjena raspoloživosti fosfora preko utvrđivanja njegovog hranidbenog potencijala ne daje često dobre rezultate. Reprodukcijski dijelovi i mlađa tkiva sadrže relativno više anorganskog fosfora. Najveće potrebe biljaka za fosforom su u intenzivnom razvoju korjenova sustava i kod prijelaza iz vegetacijske u reprodukcijsku fazu života. Pokretljivost fosfora u biljci je dobra u oba smjera. Fosfor je konstituent važnih organskih spojeva fosfatida, nukleotida, nukleinskih kiselina, enzima itd., a kao rezerva fosfor je najčešće vezan u fitinskoj kiselini. Neorganski fosfor u biljci sudjeluje i u održavanju osmotskog tlaka. Značaj mu je izuzetan u aktivaciji većine organskih spojeva jer omogućuje savlađivanje energetskih prepreka (metabolička aktivacija) u biokemijsko fiziološkim reakcijama. Sastavni je dio purinskih, pirimidinskih, nikotinamidnih, flavinskih, piridoksalfosfatnih, i tiaminfosfatnih koenzima, te koenzima-A i dr. Stoga sudjeluje u metabolizmu ugljikohidratnih, dušičnih i velikog broja drugih spojeva. Nedostatak fosfora vrlo je česta pojava, a prvi simptom je slab rast biljaka. Kod jače izraženog nedostatka P slabo se razvija korijenov sustav, cvjetanje i zrioba biljaka kasne, smanjena je tvorba proteina uz povišen sadržaj amida i nizak sadržaj vitamina. Općenito, hranidbena vrijednost poljoprivrednih proizvoda je smanjena uz znatno niži prinos kod manjka fosfora. Simptomi nedostatka P zapažaju se najprije kao tamnozelena boja lišća uz često crvenkastu nijansu, biljke su manje, lišće kasni u razvoju uz kasnu pojavu kloroze i starije lišće izumire. Tamnija boja lišća u prvoj fazi manjka fosfora je posljedica prestanka njihovog rasta uz gotovo normalnu sintezu klorofila. Pojava crvenkaste ili purpurne nijanse uzrokovana je povećanom sintezom antocijana što signalizira duži nedostatak fosfora. Kod

strnih žita i kukuruza crvenkasta boja se javlja tipično na rukavcima donjeg lišća. Fosfor se brzo premješta u biljci iz manje aktivnih tkiva i organa u mlađe i vitalnije dijelove. Zbog toga se kod nedovoljne raspoloživosti fosfora intenzivira aktivnost fosfataza. Suvišak P u prirodnim uvjetima relativno je rijetka pojava i događa se kad koncentracija P pređe 1% u tlu. Simptomi suviška su usporen rast, tamno mrke pjege na lišću koje se šire prema bazi lista i lišće konačno opada. Veće količine P ubrzavaju metabolizam i skraćuju vegetaciju, ubrzavaju cvjetanje i starenje biljaka. Ubrzavanje rasta skraćuje etape organogeneze što pogoduje postrnim usjevima, ali kod glavnog usjeva može skratiti period tvorbe plodova ili nalijevanja zrna.[6]

1.5. EKSTRAKCIJSKE METODE ODREĐIVANJA FOSFORA

Veliki preokret u razvoju metoda za ishranu bilja se dogodio 50-ih godina XX Stoljeća, posebice u Sjedinjenim Američkim Državama. Razvojne metode su usmjerene na razvoj vodene otopine fosfora, Al-fosfate i Fe-fosfate u kiselom mediju, a Ca-fosfate u neutralnom ili lužnatom mediju. Takav slijed misli je doveo do ekstrakcijskih metoda koje se koriste i danas.[9]

Neke od njih su :

Određivanje AL-P_2O_5

Lako pristupačni fosfor u tlu se određuje prema Egner-Riehm-Domingu AL metodom ekstrakcijom tla s amonij laktatom. Fosfor određen prema AL metodi predstavlja frakciju topivu u vodi, te u slabim kiselinama koja je najznačajnija za ishranu bilja. Nakon ekstrakcije fosfora iz uzorka tla Al otopinom, koncentracija fosfora u ekstraktu određuje se metodom s plavim obojenjem.

Određivanje pristupačnog fosfora metodom po Olsenu

Ekstrakcijska metoda po Olsenu ili natrij-bikarbonat metoda pogodna je za neutralna, karbonatna i kalcizirana tla. Analiza je provedena prema postupku opisanom u eksperimentalnom dijelu.

Određivanje pristupačnog fosfora metodom po Morganu

Metoda po Morganu preporučuje se za određivanje fosfora u tlu kisele reakcije i provedi se pomoću otopine koju čini smjesa 0,7 $moldm^{-3}$ natrijev acetata i 0,54 $moldm^{-3}$ octene kiseline pri čemu se pH otopine pomoću octene kiseline ili natrijeva hidroksida podešava na 4,8.

Određivanje pristupačnog fosfora metodom po Bray-u 1

Metoda Bray 1 poznata je kao "Slaba Bray" metoda i preporuča se za kisela tla s malim udjelom gline, a kemizam se bazira uglavnom na oslobađanju fosfora iz aluminijeva fosfata.

Određivanje pristupačnog fosfora metodom po Bray-u 2

Metoda Bray 2, isto kao i metoda Bray 1, najbolje ekstrahira fosfor u kiselim tlima, a naziva se još i "Jaka Bray" metoda jer zbog veće količine kloridne kiseline u sredstvu za ekstrakciju ekstrahira veće količine fosfora (30 ml 1 $moldm^{-3}$ amonijeva fluorida i 200 ml 0,5 $moldm^{-3}$ HCl/1000 ml). Ova metoda nije dobra za neutralna i karbonatna tla jer precjenjuje količinu biljci pristupačnog fosfora.

Određivanje pristupačnog fosfora metodom po CAL-u

CAL metoda ili kalcij acetat laktat metoda često se primjenjuje za određivanje količine fosfora u tlu u zemljama Europe, posebice u Njemačkoj, Austriji i Danskoj. Ekstrakcijsko sredstvo čine 0,3 $moldm^{-3}$ octena kiselina, 0,05 $moldm^{-3}$ kalcijev acetat i 0,05 $moldm^{-3}$ kalcijev laktat.

Određivanje fosfora metodom po DL-u

DL metoda ili Egner metoda najčešće se koristi za neutralna i karbonatna tla. To je jedna od najstarijih metoda za ekstrakciju fosfora (1955. godine) i kao ekstrakcijsko sredstvo koristi kloridnu kiselinu i kalcijev laktat (0,01 moldm^{-3} HCl i 0,01 moldm^{-3} kalcij laktat/1000 ml) što je čini jednostavnijom za primjenu od CAL metode. Sumarno, usporedbu korištenih metoda najlakše je prikazati tablično (tablica 1.) pri čemu se lako uočava metoda s najvišim (Olsen) i najnižim (Bray) pH vrijednostima, te najkraćom (Morgan i Bray) i najdužom ekstrakcijom (AL).[10]

Tablica 1. Usporedba ekstraktanata, pH reakcije, količine tla i vremena ekstrakcije korištenih metoda

Metoda	AL-P	Olsen P	Morgan P	Bray 1 P	Bray 2 P	CAL P	DL P
ekstraktna (otopina)	0,1 moldm^{-3} mliječna kis.+0,4 moldm^{-3} CH_3COOH+0,1 moldm^{-3} NH_4OH	0,5 moldm^{-3} $NaHCO_3$	0,7 moldm^{-3} CH_3COONa+0,54 moldm^{-3} CH_3COOH	1 moldm^{-3} NH_3F^- +0,5 moldm^{-3} HCl	1 mldm^{-3} NH_3F^- +0,5 moldm^{-3} HCl	0,3 moldm^{-3} CH_3COOH+0,05 M CH_3COOCa+0,05 moldm^{-3} Ca laktat	0,01 moldm^{-3} HCl + 0,01 moldm^{-3} kalcijev laktat
pH ekstraktanta	3,75	8,5	4,8	2,6	2,6	4,1	3,7
tlo/otopina odnos (w/v)	1:20	1:20	1:5	1:10	1:10	1:20	1:50
vrijeme ekstrakcije	120 min	30 min	5 min	5 min	5 min	90 min	90 min

1.6. TLA UZGOJNOG PODRUČJA

Crvenice su crvenkasta, smeđe crvena i žućkasto crvena, glinasto ilovasta tla, razvijena na čvrstim vapnencima i dolomitima uglavnom u uvjetima intenzivne krške drenaže. Karakteristična obojenost tla potječe od amorfnih Fe oksida i hidroksida.

Crvenicu karakterizira stabilna, uniformna, poliedrična struktura i dobri vodozračni odnosi te teža, glinasta ili glinasto – ilovasta tekstura. Sadržaj gline varira od 30 – 70 % i povećava se u dubljim slojevima profila. Porozitet je od 55 – 60 %, kapacitet za vodu od 35 – 40 %, a za zrak 15 – 25 %. Njihova poliedrična struktura korigira vodo – zračne odnose i zato nema problema sa suvišnim zadržavanjem vode. Najčešće su jako ljepljiva i plastična u vlažnom stanju.[11] Po kemijskim značajkama crvenice su ne karbonatna tla, slabo kisele do neutralne reakcije (pH 6,0 – 6,8). Antropogene crvenice imaju 1 – 3 % humusa, a šumske 3 – 5 %. U pravilu su slabo opskrbljene dušikom i fiziološki aktivnim fosforom a bolje kalijem. Zbog svog kemijskog i mineraloškog sastava crvenice karakterizira visoka reaktivnost matrica.[12]

Matrica je sitni detritus koji je transportiran i taložen zajedno sa zrnima. U sedimentu matriksa ili u međuprostorima zrna kada su zrna u kontaktu (intergranularna poroznost), ili pak zrna plivaju u matrici.[13]

Zbog klimatskih uvjeta kontinuirano su prisutni procesi mineralizacije organske tvari i zato prirodne crvenice imaju relativno niski sadržaj humusa. Glavno ograničenje ovih tala je njihova dubina, ali i stjenovitost i kamenitost okoliša. Dubina može biti od 30-ak cm pa do preko 1 m što znači da crvenice imaju vrlo varijabilnu pogodnost za korištenje u poljoprivredi.

Rendzina je humusno akumulativno tlo građe profila koje se razvija na karbonatnim trošnim supstratima, s više od 20 % $CaCO_3$. Najzastupljenije su na geološkim podlogama kao što su lapori, flišne serije, les i lesoliki sedimenti, vapnena i dolomitna trošina, karbonatni pijesci i šljunci i sl. To su plitka, skeletna tla, podložna eroziji s usporenim pedogenetskim procesima, a ponekad, u nekim dijelovima godine, čak i izostaju.

Rendzine karakterizira stabilna zrnasta, graškasta do poliedrična struktura. Tekstura, ovisno o matičnoj podlozi, varira od glinaste do skeletne. To su uglavnom topla tla, povoljnih vodozračnih odnosa. S promjenom teksture uvelike se mijenjaju i druge fizikalne značajke. Po kemijskim svojstvima rendzine su karbonatna tla, neutralne do blago alkalne reakcije, pH 6,5 – 8,5. Sadržaj karbonata varira od 5 – 50 % i povećava se s dubinom profila. Sadržaj humusa

kreće se od 5 – 20 %. Uglavnom su dobro opskrbljene biogenim elementima, osim fosforom. Mobilizacija dušika iz organske tvari ovisi o sadržaju vlage.[11]

Najbolje rendzine su one koje dolaze na rastresitim karbonatnim supstratima (deluvij, lapor i fliš), dok rendzine nastale na dolomitu ili mekim vapnencima imaju veća ograničenja u odnosu na prve zbog ekološke dubine profila.

Aluvijalno livadno tlo (humofluvisol), bez obzira što spada u hidromorfna tla, po svojim značajkama je bliže automorfnim tlima. Fluvisolima se nazivaju genetski mlada, azonalna tla nastala iz aluvijalnih depozita, ali ne samo riječnih, već i jezerskih i morskih.[14] Humofluvisol je prvenstveno pjeskovito ilovaste, ilovasto pjeskovite i pjeskovite teksture. Karakteriziraju ga povoljna vodno - fizikalna i kemijska svojstva, osrednji kapacitet apsorpcije kationa, visoka zasićenost apsorpcijskog kompleksa bazama, bogato humusom, osrednje opskrbljenosti bio pristupačnim fosforom i kalijem.[12]

Slika 4. Tla korištena u eksperimentu (crvenica, rendzina, aluvialno livadno tlo)

Tablica 2. Osnovne kemijske značajke i biopristupačna hraniva u odabranim tlima

Vrsta tla	pH (H_20)	pH (KCl)	Humus %	K_2O ‰	P_2O_5 ‰	Karbonati %	Dušik %
Crvenica	6,73	5,99	0,66	0,11	0,026	41	0,3
Rendzina	8,73	7,46	1,29	0,31	0,042	14,8	0,65
Aluvijalno livadno tlo	8,04	7,57	3,07	0,18	0,045	53,6	1,54

Tablica 3. Ukupni sastav odabranih mikro i makro elemenata u istraživanim tlima

Vrste tla	P	K	Mg	Fe	S	Zn
Mjerne jedinice	mg/kg	g/kg	g/kg	g/kg	mg/kg	mg/kg
Crvenica	802	7,2	0,4	70,0	147	288
Redzina	775	9,6	6,3	1,4	233	43
Aluvijalno-livadno tla	445	1,1	24,6	18,1	314,4	47

1.7. INTERAKCIJA FOSFORA I TLA TE ZAGAĐENJE FOSFOROM

Fosfor biljka usvaja pomoću korijena iz vodene otopine u obliku fosfata, uglavnom $H_2PO_4^-$ te u manjoj mjeri HPO_4^-. Razni faktori mogu utjecati na količinu usvojenog fosfora od strane biljke pa zbog toga, isti faktori utječu na obnovu rezervi fosfora akumuliranih u tlu djelovanjem gnojiva.

Najvažniji faktor kontroliranja raspoloživog fosfora u korijenju bilja je koncentracija u otopini tla te količina akumulirana u samom tlu. Također je vrlo bitna veličina korijena biljke, opseg korijenja u tlu te učinkovitost preuzimanja P. Uzimajući u obzir jednu gnojidbu fosforom efikasnost ovisi o tome koliko je dobro gnojivo pomiješano s volumenom tla i korijenja u zadanom tlu. Potreba za P, može utjecati hranidbom kroz korijen biljke a oporavak P ovisi o dodanoj količini P. Ovisno o vlažnosti tla, vrsti bilja, prijašnjim oboljenjima, faktori variraju iz godine u godinu te je zbog toga potrebno više godina za dobivanje pouzdanih informacija[15]

Slučajevi poremećaja u funkcioniranju tla kao sredine za uzgajanje biljaka, uzrokovanih viškom fosfora su jako rijetki. Ponekad se zapaža da višak fosfora u tlu ima indirektno negativan utjecaj na rast biljaka. Poremećaji u funkcioniranju tla prouzrokovanih viškom

fosfora su praktično ograničeni na moguću pojavu neželjene količine fosfora u drenažnoj vodi koja prolazi kroz zemljišni profil. Čak i u tom slučaju situacija je mnogo povoljnija nego kod nitrata. Niska topljivost fosfata uslijed uvijek prisutnog viška Ca, Al i Fe iona u otopini zemljišta, sprječava pronalaženje većih koncentracija iona fosforne kiseline, koje bi mogle negativno utjecati na razvoj biljke. Ponekad je koncentracija topljivog fosfora u tlu dovoljno visoka da utječe na zagađenje površinskih i podzemnih voda. Kod tala istog tipa veći je sadržaj fosfora na površinama koje se koriste u poljoprivrednoj proizvodnji, nego u onima pod šumom. Koncentracija fosfora ovisi o prostornoj i vremenskoj udaljenosti procesa erozije. Tako je kod jednog plodnog zemljišta izmjerena količina od 200 ppb u kišnici površinskog sloja, dok je vrijednost sa njiva u vodi koja otječe 15 ppb. Koncentracija fosfora koja otječe ne ovisi samo o količini vode već i o svojstvima samog zemljišta jer ona određuje jačinu vezanja fosfora sa česticama čvrste faze zemljišta.[4]

2. EKSPERIMENTALNI DIO

2.1. PRIPREMA UZORAKA

2.1. Priprema uzoraka tla

Za analizu i uzgoj odabrani su 3 tla tipična za primorski dio Hrvatske: crvenica, rendzina na flišu i aluvijalno livadno tlo (humofluvisol). Uzorci tla uzeti su s odabranih lokacija sa dubine 0 – 30 cm, i to: rendzina na posjedu Instituta za jadranske kulture i melioraciju krša u Splitu, crvenica na području Dugopolja (Splitsko-dalmatinska županija) i aluvijalnio livadno tlo (humofluvisol) na području doline Neretve.

Nakon sušenja odabrana tla su prosijana kroz sito promjera 2 mm te je prosijano tlo iskorišteno za punjenje plastičnih lončića u količini od 1 kg. Ukupno je pripremljeno 16 lončića s pojedinim tlom.

Svaka posuda je numerirane te tretirana s jednom od količina fosfora: 0 mg , 20 mg , 40 mg i 80 mg P na 1 kg tla.

Slika 5. Priprema uzoraka tla.

Slika 6. Uzorci tla.

2.1.2 Vodni kapacitet tla

U svrhu određivanja vodnog kapaciteta, pripremljene posude s 1 kg tla su obilno zalijevane te ostavljene na cijeđenje 24 h. Vaganjem nakon 24 h je utvrđen vodni kapacitet u 48 uzoraka tla.

2.1.3. Priprema otopine razrijeđenih koncentracija (mg P / kg tla u 100 ml H_2O)

U navlaženo tlo je dodan fosfor i ostala hraniva pomoću hranjive otopine s različitim koncentracijama P i to 0, 20, 40, 80 mg /kg tla. Fosfor je dodan u obliku kalijeva fosfata. N i K su dodani u sve tretmane u istoim količinama i to K (100 mg/kg), i N (100 mg/kg) koristeći amonij nitrat i kalij nitrat. Naknadno su biljke zalivene s hranjivom otopinom koja je sadržavala N i K u obliku NH_4NO_3, KNO_3. Znači, ukupno je na 1 kg tla fosfor dodan u različitim količinama a, dok su iste količine dušika i kalija dodane u sve lonce.

Slika 7. Pripremljeni uzorci tla.

2.1.4. Priprema uzorka biljnog materijala

Sjemenke pšenice su stavljene na klijanje na namočeni filter papir te su proklijale u periodu od 3 dana.

Nakon pripreme tla u 12 posuda od svake vrste tla je posađena već proklijala pšenica (pet zrna pšenice). Biljke su uzgojene u vegetacijskoj komori na Institutu za jadranske kulture i melioraciju krša u periodu od 13.12.2016 – 1.3.2017. Rast biljaka se odvijao pod umjetnim osvjetljenjem koje je osigurano fluorescentnim lampama, odnos dana i noći je bio 16/8 h te je temperatura održavana od 22 ± 2 °C. Biljke su navodnjavane po potrebi nakon vaganja posuda kako bi održali vodni kapacitet od 65-75 %, što je u prosjeku bilo svaka četiri dana u prvom dijelu pokusa, a svako dva dana pri kraju pokusa.

Slika 8. Rast pšenice u periodu od 13.12.2016 – 1.3.2017.

Slika 9. Biljka nakon branja

Slika 10. Razlika u rastu u ovisnosti o količini dodanog fosfora u tlu.

Sedamdeset dana nakon presađivanja uzeti su nadzemni dijelovi biljaka iz četiri lonca po repeticiji te su podijeljeni na listove i stabljiku te izvagani. Nadzemni dijelovi su oprani destiliranom vodom s dodatkom deterdženta te su u papirnatim vrećicama stavljeni na sušenje pri temperaturi od 70 ^{o}C do konstantne težine. Osušena biljka je samljevena u mlinu za uzorke IKA A11 basic. Mljeveni biljni uzorci korišteni su za daljnje određivanje fosfora, po propisanoj metodi.

2.2 KEMIJSKE ANALIZE ISTRAŽIVANOG TLA

2.2.1. Određivanje pH tla

Priprema uzorka s destiliranom vodom - Aktualna kiselost

Laboratorijskom žlicom je uzeto 10 g uzorka tla, te prebačeno u prethodno označenu Erlenmeyerovu tikvicu od 100 ml, preliveno s 25 ml destilirane vode, te ostavljeno 30 minuta.

Priprema uzorka s KCl-om – supstitucijska kiselost

Laboratorijskom žlicom je uzeto 10 g uzorka tla, prebačeno u prethodno označenu Erlenmeyerovu tikvicu od 100 ml, te preliveno s 25 ml 1 M KCl-om. Uzorak je ostavljen u tikvici 30 minuta.

Mjerenje vrijednosti pH tla

- Elektroda je isprana destiliranom vodom, posušena papirnatim rupčićem i uronjena u suspenziju tla.
- Nakon što se vrijednost na displayu stabilizira, očitana je izmjerena pH vrijednost za određeni uzorak.

Slika 11. Mikroprocesorski laboratorijski pH – metar s kombiniranom staklenom elektrodom

Tablica 4. Interpretacija rezultata

pH (H_20)	opis reakcije tla
<4,5	ekstremno kisela
4,6-5,5	jako kisela
5,6-6,0	srednje kisela
6,1-6,5	slabo kisela
6,6-7,3	Neutralna
7,4-8,4	Alkalična
>8,5	jako alkalična

2.2.2 Određivanje ukupnih karbonata u tlu

Kvantitativno određivanje

Odvagano je 1 g karbonatnog tla i stavljeno u Scheiblerovu bočicu, zajedno s malom epruvetom u koju je prethodno ulivena 10 %-tna otopina HCl.

Prije zatvaranja bočice gumenim čepom Scheiblerovog kalcimetra, razina vode u graduiranoj cijevi je namještena na 0, ventil je namješten u položaj kojem je omogućena veza prve cijevi i okolnog zraka. Nakon što je bočica zatvorena čepom, ventil je okrenut tako da se omogući veza između prve cijevi i graduirane cijevi.

Potom je bočica polegnuta u vodoravni položaj, tako da se HCl izlije iz epruete po tlu, pri čemu dolazi do reakcije i oslobađanja ugljikovog (IV) oksida. Razvijanje CO_2 potiskuje vodu u srednjoj graduiranoj cijevi.

Reakcija je gotova kada se razina vode u srednjoj graduiranoj cijevi prestala spuštati. Po završetku reakcije očitan je volumen oslobođenog CO_2 u cm^3 na srednjoj graduiranoj cijevi.

Trenutna temperatura zraka je očitana na termometru, koji je smješten u laboratoriju. Vrijednost tlaka je očitana na stranicama državnog hidrometerološkog zavoda.

Pri tako očitanom tlaku i temperaturi, određena je masa 1 cm^3 CO_2 iz zadanih tablica.

Temeljen podataka o masi 1 cm^3 CO_2, izračunata je masa oslobođenog volumena CO_2 pri reakciji s HCl-om, izraženi u gramima, te izračunat postotak u odnosu na masu tla uzetu u postupku. Dobiveni postotak pomnožen je s faktorom 2,2476.

Tablica 5. Interpretacija rezultata

%$CaCO_3$	**Ocjena karbonatnosti tla**
<10	slabo karbonatno
10-30	srednje karbonatno
>30	jako karbonatno

2.2.3. Određivanje humusa u tlu po Kotzmanu

Metoda se zasniva na oksidaciji organskih tvari pomoću 0,1 M kalijeva permanganata ($KMnO_4$) i sumporne kiseline (H_2SO_4)

U Erlenmayerovu tikvicu volumena 500 ml odvagano je oko 0,2 g tla. Zatim je menzurom dodano 130 ml destilirane vode i 22 ml H_2SO_4 (razrijedeno u omjeru 1:3). Sumporna kiselina stvara kiselu sredinu u kojoj dolazi do razaranja $KMnO_4$ i nastanka kisika, koji dalje vrši oksidaciju ugljika u humusu. Nakon toga je pipetom dodano 50 ml 0,1 M $KMnO_4$. Tikvica je pokrivana satnim stakalcem i stavljena na kuhanje. Sadržaj tikvice se kuha 15 minuta do početka vrenja, koje treba biti polagano. Pri burnom i dužem ključanju dobije se pogrešan rezultat jer se jedan dio oslobođenog kisika gubi u atmosferu umjesto na oksidaciju. Kada je kuhanje gotovo vrućoj suspenziji je dodano 50 ml 0,1 M oksalne kiseline ($C_2H_2O_4$), zatim se obojena suspenzija retitrirala s 0,1 M $KMnO_4$ do pojave trajne ružičaste boje. Sadržaj humusa racuna se pomoću normaliteta tj. množinske koncentracije tvari koja se obično izražava u jedinici mol dm^{-3} (mol l^{-1}).

Sadržaj humusa se u uzorku tla izračuna preko formule:

$$\text{Humus} = \frac{1{,}72 \times 0{,}000514 \times utrošeni\ ml\ KMnO4 \times normalitet \times 10 \times 100}{odvaga(0.2-0.5\ g)}$$

1,72 = Faktor za preračunavanje C u humusu,

0,000514 = 1 cm^3 0,1 M $KMnO_4$ oksidira u 0,00514 g C u CO_2,

Ml $KMnO_4$ = ukupna količina $KMnO_4$ × količina oksalne kiseline.

Tablica 6. Interpretacija rezultata

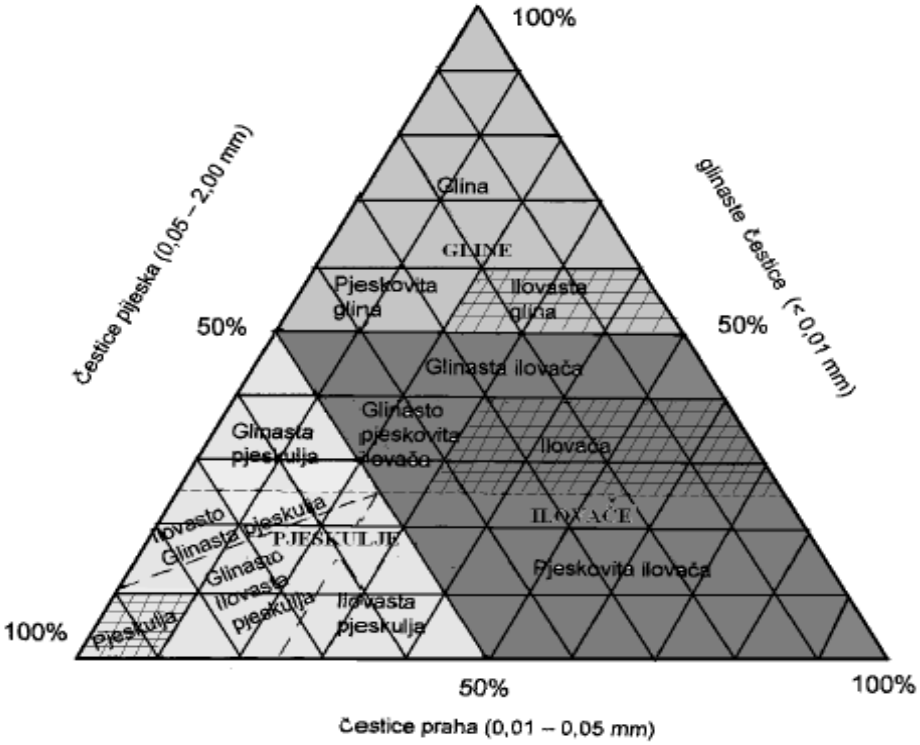
% Humusa	Ocjena humusnog tla
>1	vrlo slabo humusno
1-3	slabo humusno
3-5	dosta humusno
5-10	jako humusno
<10	vrlo jako humusno

2.2.4 Određivanje kalija

Alkalijski i zemnoalkalijski metali određuju se direktno iz osnovne otopine pomoću plamene fotometrije. Tehnika je upotrebljiva kod vrlo niskih koncentracija, a temelji se na mjerenju inteziteta zračenja nekog pobuđenog elementa u plamenu.

Priprema standarda je izvršena na način da je pipetirano 20, 16, 12, 8, 4, 2, 0 ml osnovnog standarda (Potassium IC standard (K) koncentracije 1000 mg/l u odmjernu tikvicu od 100 ml. Tikvice su nadopunjene destiliranom vodom do oznake, tako pripremljeni standardi sadrže 200, 160, 120, 80, 40, 20, 0 mg/l. Kod spektrofotometrijskih mjerenja potrebno je pripremiti slijepu probu, koja sadrži sve kemikalije ali bez osnovne otopine uzorka. Na taj način otklanja se greška uslijed nečistoće kemikalija. Koncentracije uzoraka su određene spektrofotometrijski nakon određivanja koncentracija standarda.

2.2.5. MEHANIČKI SASTAV TLA



Slika 12. Trokomponentni dijagram za određivanje teksture tla

10 g na zrako osušenog tla je stavljeno u plastičnu posudu sa čepom i preliveno sa 25 ml 0,4 M Na-pirofosfata te je ostavljeno 24 sata da dođe do razgradnje uzorka tla (dezagregacija). Dezagregacija je razdvajanje čestica krupnog i sitnog pijeska, praha i gline koje su obično vezane u strukturne agregate.

Slijedeći dan uzorci su mućkani na mućkalici 6 h. Zatim je suspenzija prebačena kroz sito promjera 0,2 mm u cilindar volumena 1000 ml te nadopunjena destiliranom vodom do oznake.

1) Krupni pijesak sa sita je prebačen u prethodno izvaganu porculansku zdjelicu označenu slovom A te stavljen sušiti. Pijesak je opet je izvagan te je izračunat i dan u postocima na bazi cjelokupne odvage tala.

2) Određivanje čestica manjih od 0,02 mm (čestice praha i gline zajedno)

Cilindar sa 1000 ml je začepljen i promiješan 1 min u horizontalnom smjeru zatim je ostavljen da miruje, nakon 4 min i 48 sekunda pipetom je sa 10 cm dubine uzeto 10 ml suspenzije i preneseno u prethodno izvagani lončić B te osušen.

Za to vrijeme se treba jednolično raspodijeliti u 1000 ml volumena, tj. mora se postići potpuna homogenizacija suspenzije. U tom slučaju trebalo bi se u svakih 10 ml suspenzije nalaziti stoti dio početne količine tla.

3) Izdvajanje čestica gline: 4 sata nakon miješanja cilindra sa dubine 5 cm pipetirano je 10 ml suspenzije (čestice manje od 0,002mm) i preneseno je u prethodno izvagani lončić C u kojem se otparava i suši.

Nakon otparavanja lončići A, B, C su izvagani, te je izračunata težina pojedine frakcije:

Težina krupnog pijeska A

Težina praha i gline zajedno B

Težina gline C

Izračun postotnog sadržaja pojedinih čestica:

1) A ukupni pijesak
   a-težina krupnog pijeska

   X= a/g tla*100= (%)

2) B prah i glina

b-težina praha i gline

X= b/g tla u 100 ml suspenzije*100 = (%)

3) C glina

c-težina gline

X= c/g tla u 100 ml suspenzije *100 = (%)

4) D prah: % praha

5) E sitni pijesak

% sitnog pijeska= ukupni uzorak - ostale frakcije(ukupni pijesak + prah + glina)

Slika 13. Cilindri za određivanje mehaničkog sastava tla

2.3. METODE KORIŠTENE U EKSPERIMENTU U SVRHU ODREĐIVANJA PRISTUPAČNOG P U TLU

2.3.1. Određivanje P metodom po Trougu

U plastičnu bocu od 500 ml je izvagano 2 g tla. Zatim je menzurom dodano 400 ml 0,002 M amonij-sulfata (prethodno pripremljenog) pri pH 3. Uzorak se miješao na mehaničkoj miješalici 30 minuta. Izmiješani uzorak filtriran je kroz dva filter papira do bistrog filtrata. Pipetom je preneseno 50 ml bistrog filtrata u odmjernu tikvicu od 50 ml te je dodano 2 ml molibdenske otopine, otopina se dobro promiješala te su dodane 3 kapi na 50 ml ili 6 kapi na 100 ml $SnCl_2$ te je ponovno promiješana. Sadržaj u odmjernoj tikvici se oboji u plavo, intezitet plave boje u tikvici ovisi o količini P u otopini. Nakon 10 minuta mirovanja boja se razvila te se mjerenje vrši na spektrofotometru pri 700 nm.

Priprema standarda A:50 ppm P.

Otopljeno je 0,2195 g kalijeva fosfata u odmjerenoj tikvici od 1 l.

Molibdenska otopina 10 %

Molibdenska otopina je pripremljena na način da je otopljeno 25 g amonijevog hepta molibdata u 200 ml tople vode i filtrirano. Zatim je pripremljena druga otopina u kojoj je razrijeđeno 280 ml koncentrirane H_2SO_4 u 450 ml vode. Nakon što se otopina ohladila, obje otopine su prebačene u jednu odmjerenu tikvicu od 1000 ml te nadopunjene do oznake s deioniziranom vodom.

Standard B

Dobijemo tako da standard A razrijedimo 10 puta na 5 ppm (100 ml u 1000ml)

$SnCl_2$: Otopljeno je 0,5 g $SnCl_2$ u 18 ml deionizirane vode i dodano 2 ml koncentrirane HCl i filtrira kroz tri lista Whatman filter papira.

Priprema amonijevog sulfata: Izvagano je 30 g amonijevog sulfata i otopljeno u 10 l , te doda 20 ml 1M H_2SO_4.

Slika 14. Modro obojenje uzoraka i standarda pripremljenih metodom po Trougu

2.3.2 Metoda određivanja P pomoću kalcijevog klorida ($CaCl_2$)

10 g suhe zemlje prebačeno je u plastičnu bocu od 250 ml, te dodano 100 ml ekstrakcijskog reagensa pri 20°C. Zatim je otopina miješana 2 h pri istoj temperaturi te je uzorak filtriran. Otpipetirano je 5 ml čistog filtrata u odmjernu tikvicu od 25 ml te razrijeđeno deoniziranom vodom do 20 ml. U istu odmjernu tikvicu je dodano 4 ml reagensa B, tikvica je nadopunjena deionizirano vodom do oznake i dobro promiješana. Isto je napravljeno i sa serijom radnih standarda. Poslije 30 minuta stajanja na spektrofotometru se mjerila apsorbancija, na valnoj duljini od 882 nm uz prethodno kalibriranje uređaja sa serijom radnih standarda.

Ekstrakcijski reagens:

Za pripravu reagensa otopljeno je 1,47g $CaCl_2 \times 2\ H_2O$ u odmjernoj tikvici od 1 dm^3.

Priprema reagensa A:

Otopljeno je 12 g amonijevog hepta-molibdata u 250 ml deionizirane vode, zatim je odvojeno otopljeno 0,2908 g kalijevog antimon tartarata u 100 ml deionizirane vode. Obje otopine su dodane uz miješanje u čašu od 2 dm^3 u kojoj se nalazi 1 dm^3 hladne 2,5 M H_2SO_4.
Dobro promiješana dobivena otopinu nadopunjena je deioniziranom vodom do oznake. Ovako pripremljeni reagens može se čuvati dulji period, a skladišti se na hladnom i mračnom mjestu u staklenoj boci.

Bojani reagens B

Otopljeno je 1,065 g askorbinske kiseline u 200 ml reagensa A i dobro promiješano.
Pripremljena je količina dovoljna za seriju mjerenja jer se reagens ne može koristiti za analizu nakon 24 h.

Otopljeno 0,439g KH_2PO_4 u 0,01 $moldm^{-3}$ $CaCl_2$ za koncentraciju 100mg P/dm^3. Zatim razrijeđeno na 50 mg P/dm^3.

Radni standard
U tikvice od 100 ml odpipetirano je 0, 2,5, 10, 15, 20 ml osnovnog standarda (kalij-fosfata). Zatim je 5 ml standarda razrijeđeno u odmjernoj tikvici od 25 ml, gdje je koncentracija dobivenog radnog standarda 0, 0,2, 1, 1,5, 2 mg/l.

2.3.3 Metoda određivanja P po Olsenu

Na analitičkoj vagi je izvagano 5,0 g zrako suhoga tla u ekstrakcijsku bocu od 250 ml i dodano 100 ml ekstrakcijske otopine (0,5 mol dm^3 $NaHCO_3$ pri pH 8,5). Uzorci su stavljeni na treskalicu 30 minuta. Nakon toga otopinu treba brzo centrifugirati i profiltrirati (kroz filter papir Whatman br. 42) za dobivanje bistri filtrat. Otpipetirano je 5 ml čistog filtrata u odmjernu tikvicu od 25 ml. Zatim je dodano 1 kap p-nitrofenol indikatora i pH u tikvici podešen na 5,0 koristeći otopinu 2,5 mol dm^3 H_2SO_4. Razrijeđeno je deioniziranom vodom do

20 ml, promiješano i dodano 4,0 ml bojanog reagensa B, tikvica nadopunjena deioniziranom vodom do 25 ml i dobro promiješano. Isto je napravljeno i sa serijom radnih standarda. Poslije 30 minuta stajanja mjeri se apsorbancija na spektrofotometru na 882 nm uz prethodno kalibriranje uređaja serijom radnih standarda.

Priprema reagensa A:

Otopljeno je 12,0 g amonijevog heptamolibdata [$(NH_4)_6Mo_7O_{24} \times 4\ H_2O$] u 250 ml deionizirane vode. Zatim odvojeno otopljeno 0,2908 g kalijevog antimon tartarata ($KSbO \times C_4H_4O_6$) u 100 ml deionizirane vode. Obje otopine su dodane uz miješanje u čašu od 2 l u kojoj se nalazi 1 l hladne 2,5 M H_2SO_4 (139 ml 18 M H_2SO_4 razrijeđeno na 1 000 ml deionizirane vode) dobivena otopina je dobro promiješana te tikvica nadopunjena deioniziranom vodom do oznake. Ovako pripremljen reagens može se čuvati dulji period, a skladišti se na tamnom i hladnom mjestu u staklenim posudama (boraks).

Priprema bojanog reagensa B:

Otopljeno je 1,065 g askorbinske kiseline ($C_6H_8O_8$) u 200 ml reagensa A i dobro promiješano. Pripremljena količina dovoljna je za seriju mjerenja, jer se reagens ne može upotrebljavati za analizu nakon 24 h.

Priprema osnovnog standarda: 1 dm^3 sadrži 100,0 mg P

U odmjernu tikvicu od 500 ml rastopljeno je 0,2197 g kalijevog dihidrogen fosfata (KH_2PO_4, prethodno osušenog na 130 °C tijekom 2 h) u 0,5 mol dm^{-3} $NaHCO_3$ (pH 8,5). Dodane su dvije kapi kloroforma ($CHCl_3$) zbog zaustavljanja biološke aktivnosti. Tako pripremljen osnovni standard može se čuvati na hladnom i tamnom mjestu 6 mjeseci.

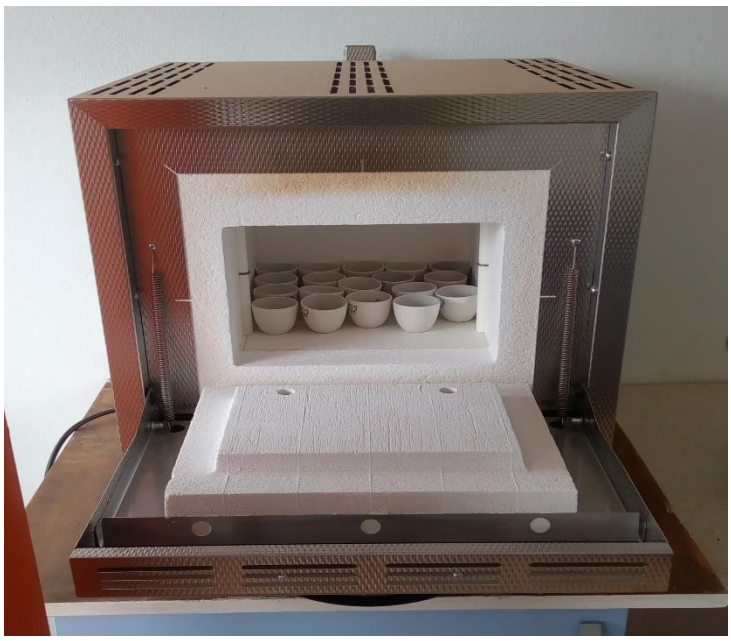
Priprema radnih standarda:

Otpipetirano je 100 ml osnovnog standarda i razrijeđeno u odmjernoj tikvici do 500 ml sa 0,5 mol dm^{-3} $NaHCO_3$ čiji je pH 8,5. Iz tako pripremljenog standarda otpipetirano je 0; 5; 10; 15; 20; 25; 37,5; 50 ml u zasebne odmjerne tikvice od 500 ml koje su nadopunjene ekstrakcijskom otopinom (0,5 mol dm^{-3} $NaHCO_3$) što odgovara koncentraciji fosfora od 0, 4, 8, 12, 16, 20, 30, 40 mg P kg^{-1}tla.

2.4.1 METODA ODREDIVANJA P U BILJNOM MATERIALU

FOSFOR BILJNI MATERIAL (λ=420)

Biljni materijal je spaljen u mufolnoj peći te tako spaljeni biljni materijal je nakon hlađenja otopljen u smjesi vruće vode i HCl 50%. Zatim je sve prebačeno u tikvice od 50 ml.
Otpipetirano je 10 ml otopljenog biljnog materijala u tikvice volumena 100 ml i dodano 10 ml amonijevog molibdata te nadopunjeno do oznake destiliranom vodom.



Slika 15. Mufolna peć

Slika 16. Biljni materija prije i nakon spaljivanja

- Otopina amonijevog metavanadata

U 400 ml vruće vode otopljeno je 2,35 g amonijevog metavanadata NH_4VO_3.
Zatim je polako dodano 7 ml $HN0_3$ i 13 ml H_2O (sve u čaši). Tekućina je prebačena u odmjerenu tikvicu od 100 ml i nadopunjena vodom do oznake (otapanje u ultrazvučnoj kupelji).

- Amonijev molibdat 10%

Otopljeno je 100 g amonijevog molibdata u čaši i prebačeno u odmjerenu tikvicu od 1000 ml, te dodano 10 ml amonijaka radi konzerviranja i nadopunjeno vodom do oznake.

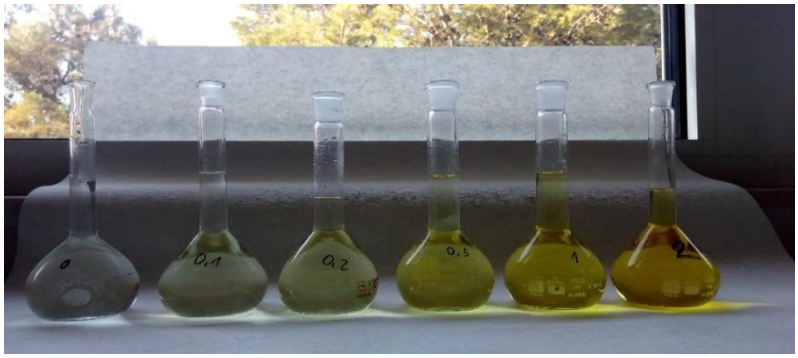
- Otopina amonijevog vanadomolibdata

U tikvicu od 500 ml je dodano 100 ml otopine 10 % amonijevog molibdata,100 ml amonijevog metavanadata i 67 ml $HN0_3$ te nadopunjeno destiliranom vodom do oznake.

- Osnovni standard fosfora 500 mg/l

Otopljeno je 2,1975 g osušenog KH_2PO_4 u odmjerenu tikvicu od1000 ml. Serija standardnih otopina za izradu baždarnog pravca pripravljena je pipetiranjem 0, 2,5 ,1, 2, 5, 6 ml osnovnog standarda u odmjerne tikvice od 200 ml i nadopunjena vodom. Ta otopina sadrži 0,5; 1,25; 2,5; 5; 10; 15 mg/l fosfora.

Slika 17. Bojani uzorci ekstrahiranog biljnog materijala.

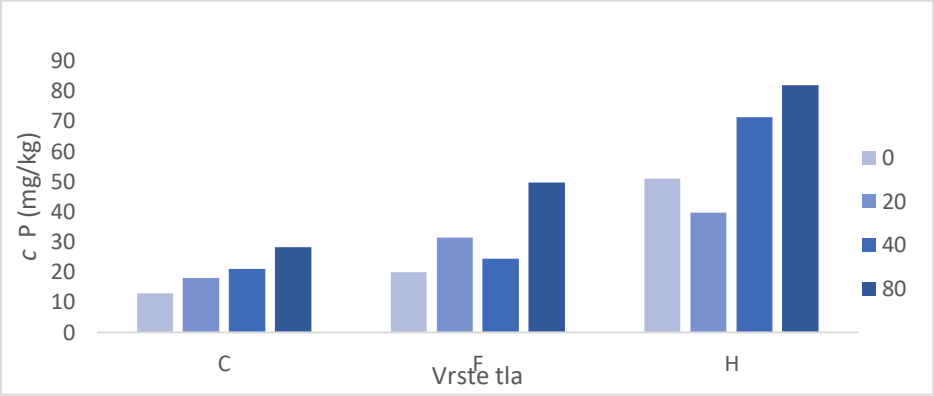


Slika 18. Standardi za metodu određivanja P u biljnom materialu

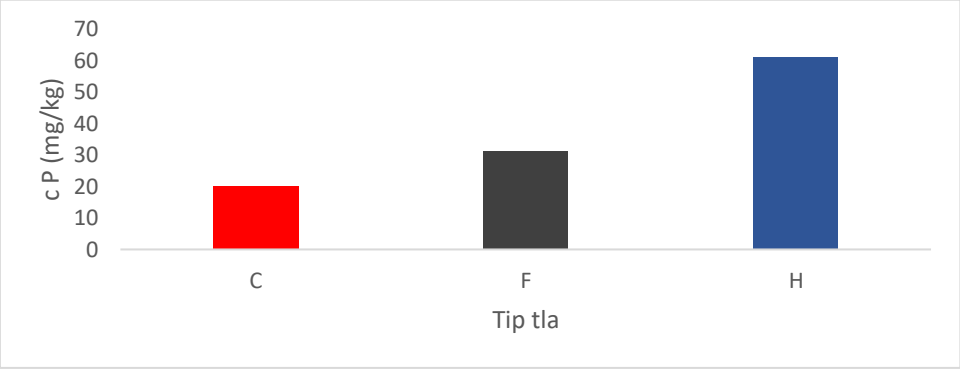
3. REZULTATI I RASPRAVA

Na temelju odrađenog eksperimenta rezultati su prikazani u tablicama i grafovima.

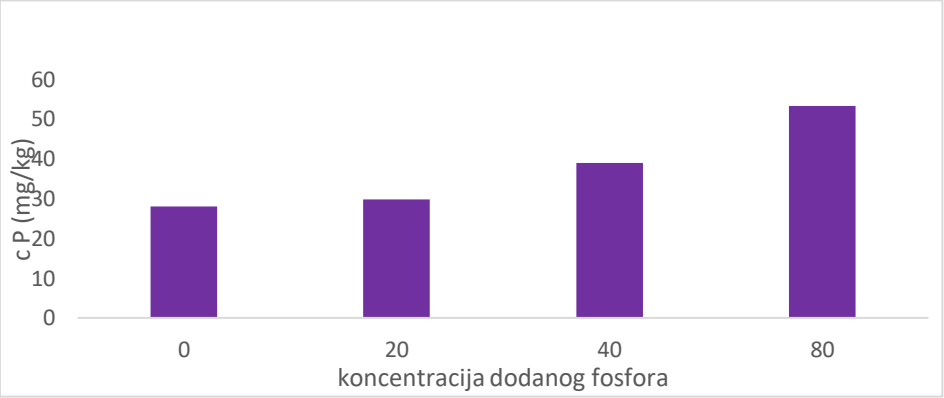
Koncentracije pristupačnog P u tlu određivanog metodom po Trougu



Slika 19. Grafički prikaz odnosa koncentracije P tlu (određivanog metodom po Trougu) o vrsti tla i količini dodanog P



Slika 20. Grafički prikaz koncentracije pristupačnog P u tlu (određivanog metodom po Trougu) u ovisnosti o tipu tla

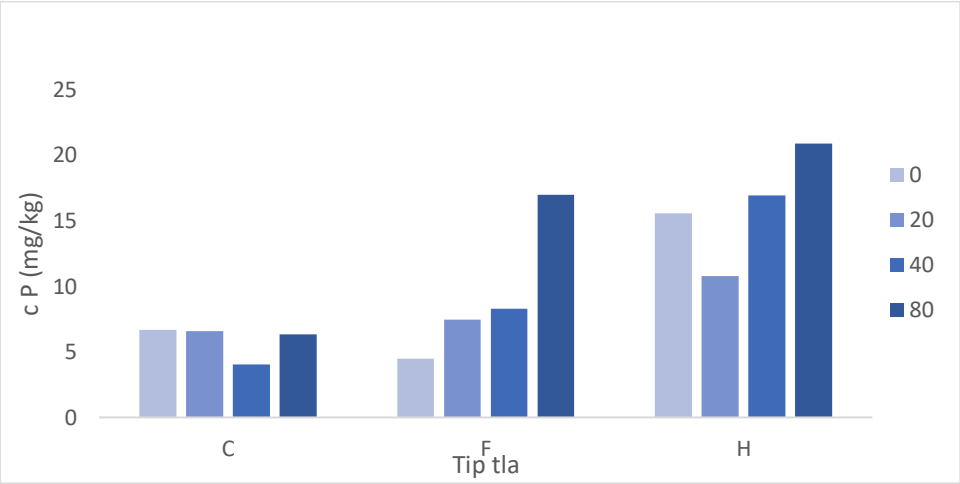


Slika 21. Grafički prikaz količine pristupačnog P u tlu (određivanog metodom po Trougu) u ovisnosti o tipu tla s koncentracijom dodanog P

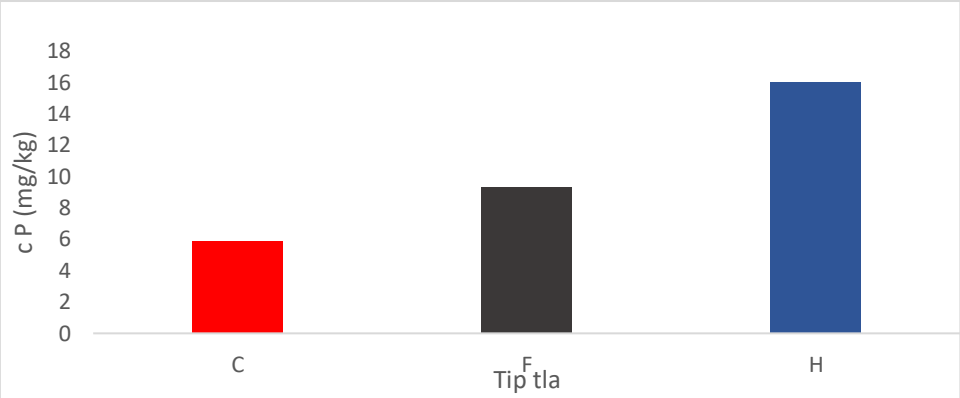
Količina pristupačnog P u tlu je prikazana na slici 19 i 20. Aluvijalno livadno tlo se značajno razlikovalo od ostalih tala i imalo je najveću koncentraciju P od 61,00 mg/kg, dok su rendzini i crvenica imale značajno manje koncentracije P u tlu. U odnosu na aluvijalno livadno tlo. Količina P usvojena od strane rendzine iznosi 31,33 mg/kg, a crvenici 20,08 mg/kg.

Koncentracija pristupačnog P (slika 21) određivanog metodom po Trougu u ovisnosti o tipu tla s koncentracijom dodanog P. Na slici 21 je vidljiva promjena koncentracije P u tlu po tipu gnojidbe. Pri dodanih 0 mg/kg P u tlu se nalazi 28,00 mg/kg određivano metodom po Trougu, pri 20 mg/kg (29,66 mg/kg), 40 g/kg (38,88 mg/kg), 80g/kg (53,33 mg/kg).

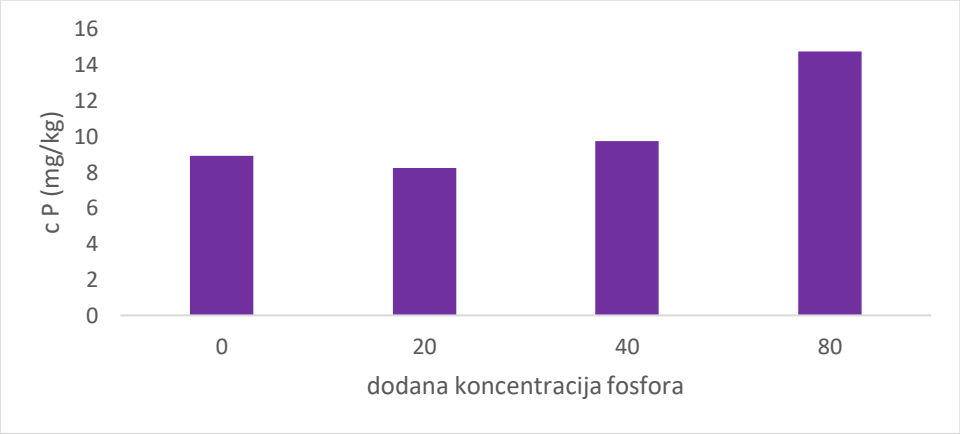
Koncentracije pristupačnog P u tlu određivanog metodom po Olsenu



Slika 22. Grafički prikaz količine pristupačnog P u tlu (određivanog metodom po Olsenu) u ovisnosti o tipu tla i koncentraciji dodanog P



Slika 23. Grafički prikaz količine pristupačnog P u tlu (određivanog metodom po Olsenu) u ovisnosti o tipu tla



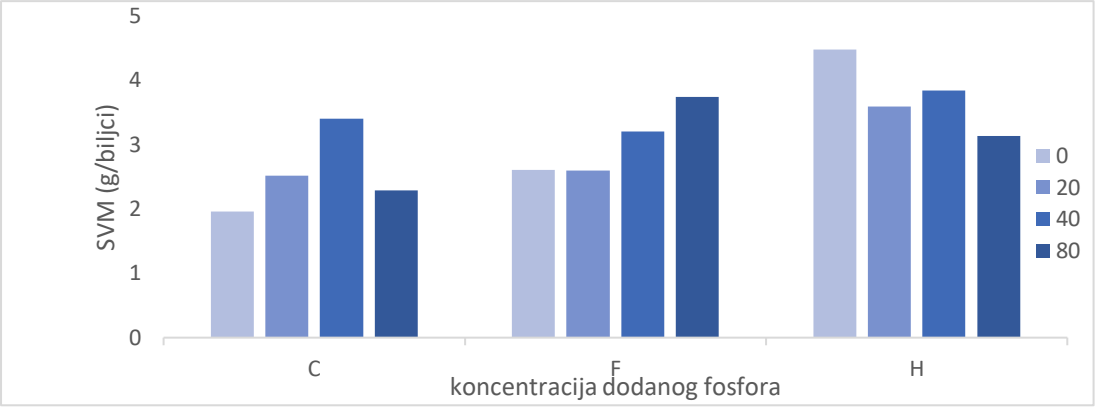
Slika 24. Grafički prikaz količine pristupačnog P u tlu (određivanog metodom po Olsenu) u ovisnosti o tipu tla i koncentraciji dodanog P

Analizom pristupačnog P u tlu metodom po Olsenu dobiveni su sljedeći rezultati vidljive iz slika 22 i 23. Aluvijalno livadno tlo se razlikovalo od ostalih tala i imalo je najvišu koncentraciju P (16,03 mg/kg), dok su rendzina i crvenica imale manje koncentracije P u odnosu na aluvijalno livadno tlo. Koncentracija pristupačnog P u rendzini iznosi 9,29 mg/kg tla, a u crvenici 5,90 mg/kg tla.

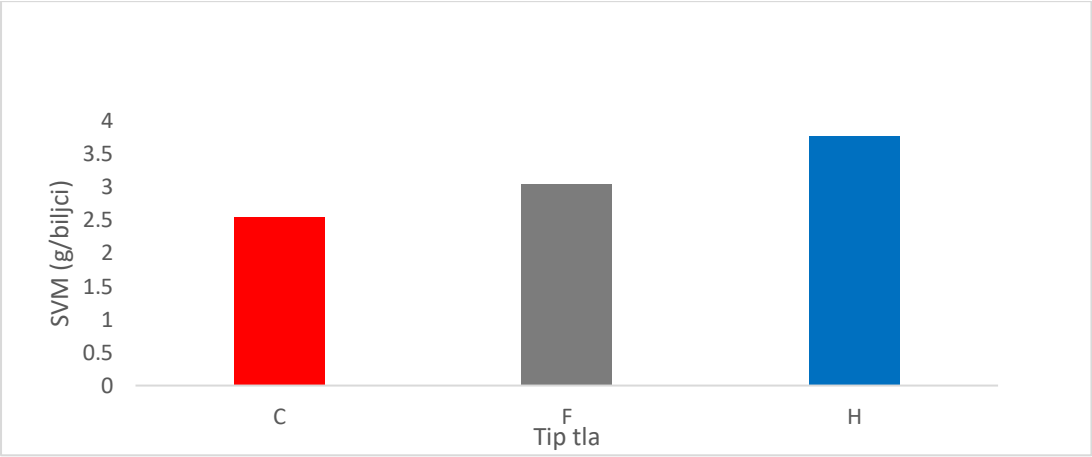
Količine pristupačnog P u tlu određivanog metodom po Olsenu u ovisnosti o tipu tla i koncentraciji dodanog P (slika 24.) prikazuje približno jednake rezultate. Pri 0 mg/kg dodanog P tlo je sadržavalo (8,90 mg/kg), pri 20 mg/kg (8,24 mg/kg), 40 mg/kg (9,75 mg/kg) dok je pri dodatku 80 mg/kg je vidljiva vrijednost (14,73 mg/kg).

Vegetativni pokazatelji biljaka pšenice (svježa i suha masa)

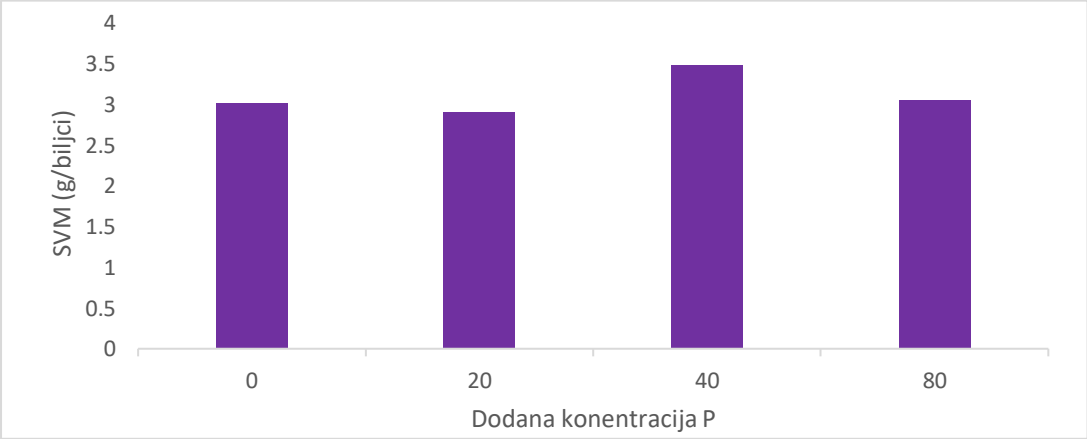
Svježa masa biljke (SVM)



Slika25. Grafički prikaz ovisnosti svježe mase biljke o tipu tla i koncentraciji dodanog P



Slika 26. Grafički prikaz ovisnosti svježe mase biljke o tipu tla

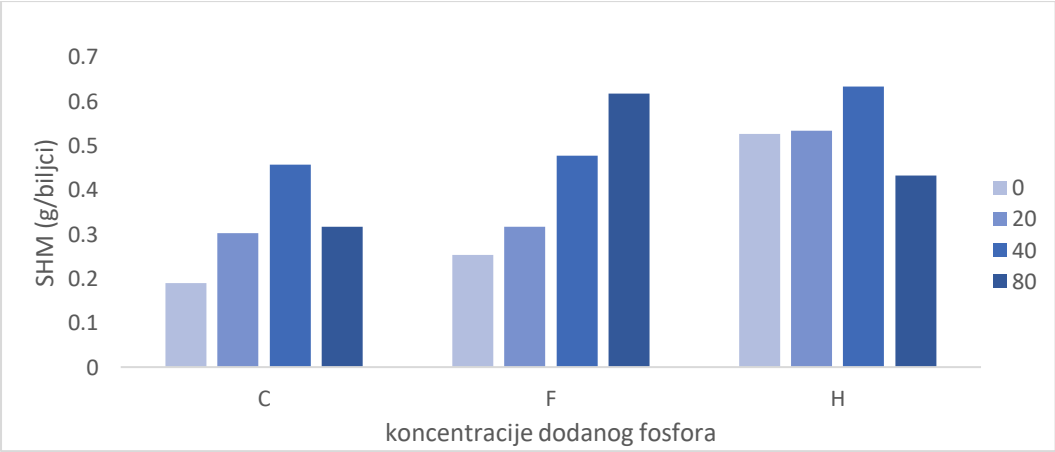


Slika 27. Grafički prikaz ovisnosti svježe mase biljke o dodanoj koncentraciji P

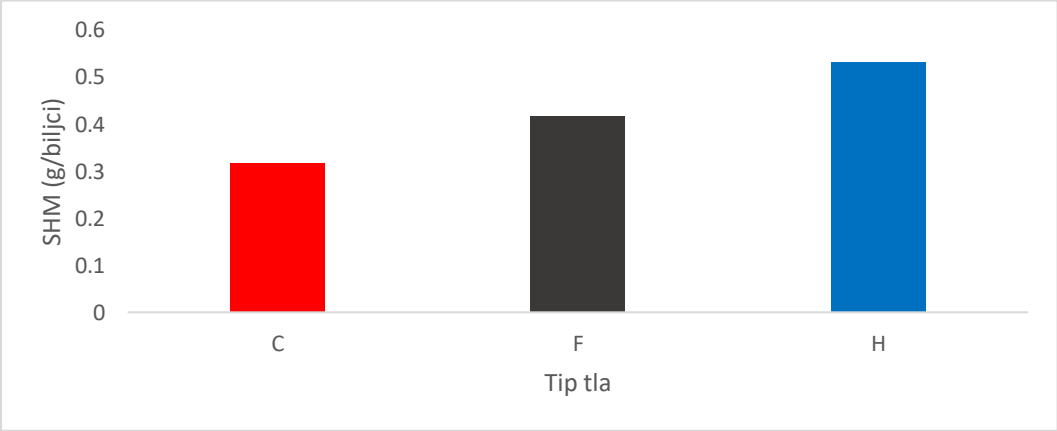
Svježa masa biljaka razlikovala se u ovisnosti u kojem tlu se pšenica uzgajala. U prosjeku najveća svježa masa nadzemnog dijela utvrđena je kod biljaka uzgajanih u aluvijalnom livadnom tlu 3,76 g/biljci, a najniža u crvenici 2,53 g/biljci dok je prosječna masa u rendzini iznosila 3,03 g/biljci.

Slika 27. prikazuje ovisnost svježe mase biljke i dodanog P u koncentracijama od 0, 20, 40 i 80 mg P/kg tla. Biljke su imale u prosjeku najveću svježu masu pri koncentraciji od 40 mg P/kg tla te je iznosila 3,48 g/biljci, a dok je kod dodanih 0 mg/kg iznosilo 3,01 g, pri 20 mg/kg 2,90 g i pri dodanih 80 mg/kg 3,05 g/biljci.

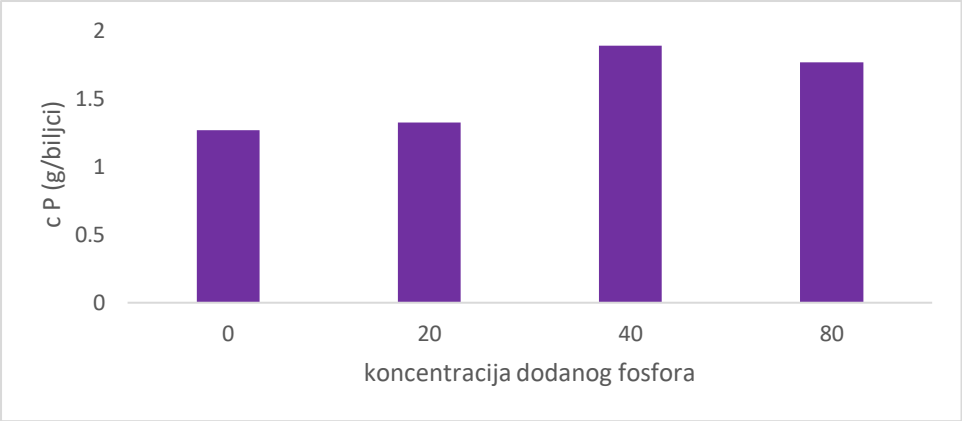
Suha masa biljke (SHM)



Slika 28. Grafički prikaz ovisnosti suhe mase biljke o vrsti tla i koncentraciji dodanog P



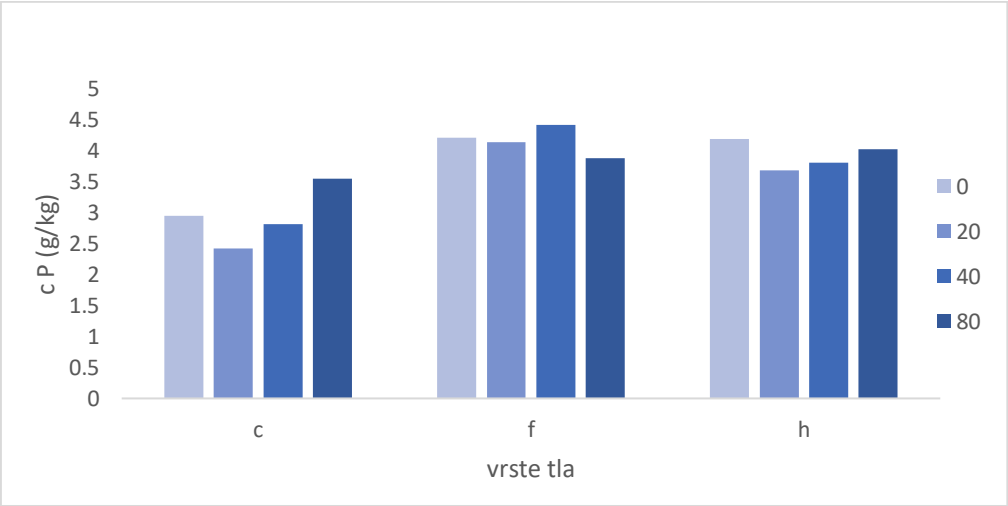
Slika 29. Grafički prikaz ovisnosti suhe mase biljke o tipu tla



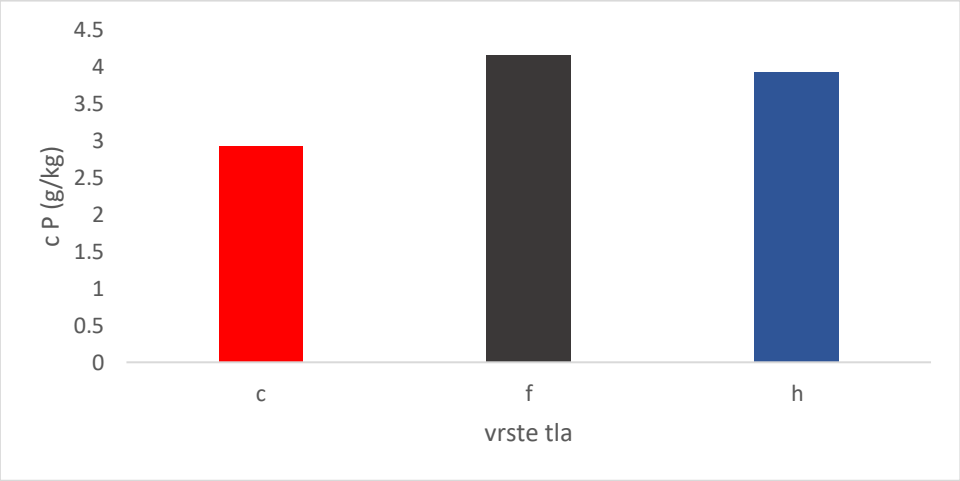
Slika 30. Grafički prikaz ovisnosti suhe mase biljke o koncentraciji dodanog fosfora u tlo

Izmjerene vrijednosti suhe mase biljke (slika 28 i 29.) ukazuju na usporedive rezultate s vrijednostima svježe mase biljke (slika 19 i 20). Suha masa biljaka uzgojenih u aluvijalnom livadnom tlu bila je najviša i iznosila je 0,53 g/biljci, dok prosječna suha masa biljaka uzgojenih u rendzini bila 0,41 g/biljci. Najmanja suha masa utvrđena je kod biljaka raslih u crvenici (0,31 g/biljci). Na slici 30 je vidljivo da je suha masa biljke bila najviše pri koncentraciji dodanog P od 40 mg/kg tla i iznosila je 0,52 g/biljci. Malo niže mase izmjerene su kod biljaka raslih s dodanih 80 mg/kg (0,45 g/biljci), dok su vrijednosti za 0 i 20 mg/kg bile 0,32 i 0,38 g/biljci.

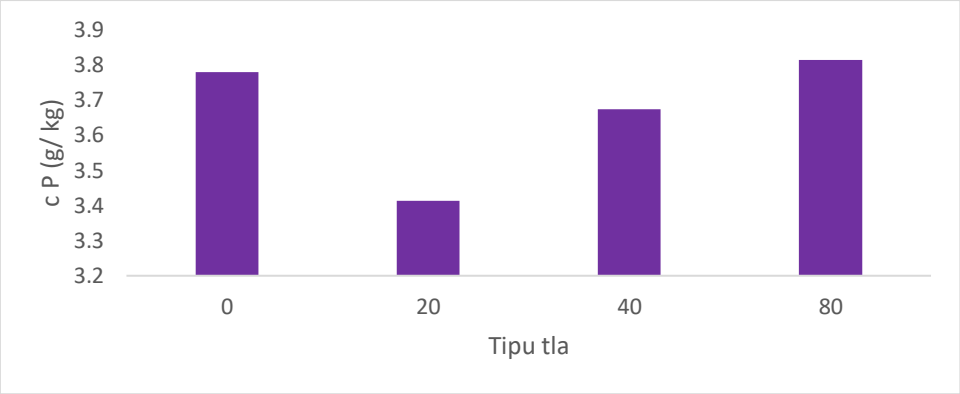
Koncentracija P u nadzemnom dijelu biljke



Slika 31. Grafički prikaz koncentracije P u biljci u ovisno o tipu tla i koncentraciji dodanog P



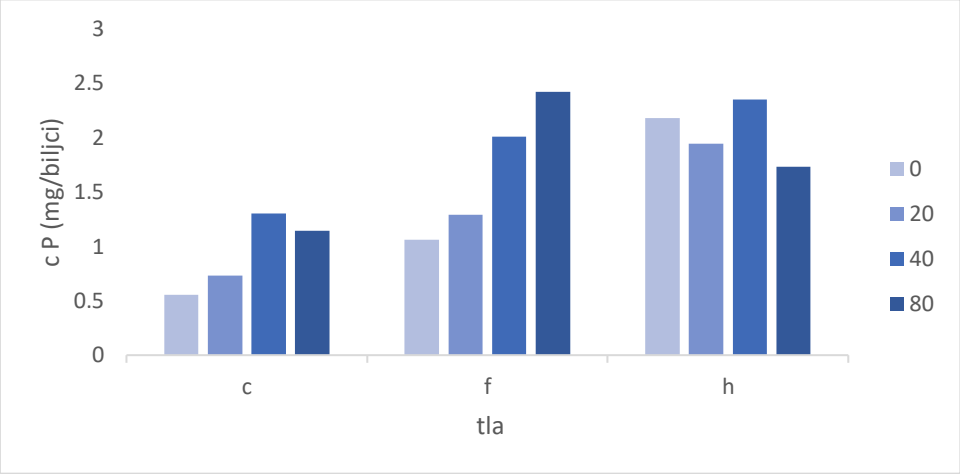
Slika 32. Grafički prikaz odnosa koncentracije P u biljci u ovisnosti o tipu tla



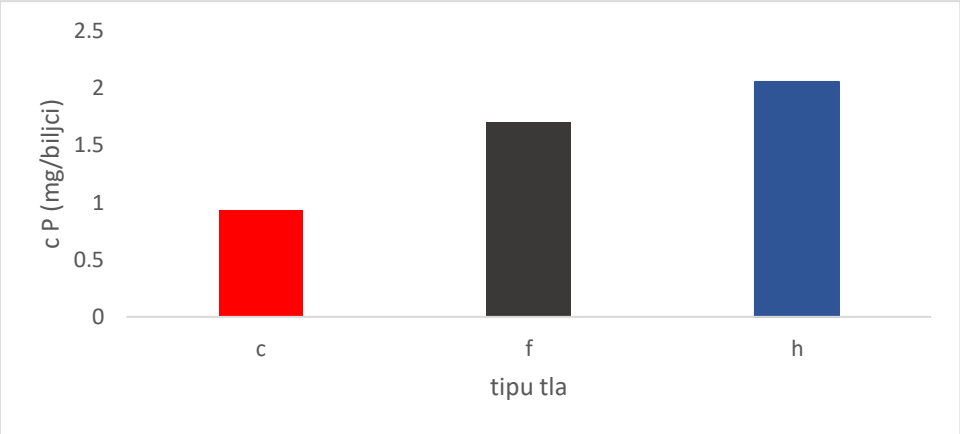
Slika 33. Grafički prikaz odnosa koncentracije P u biljci u ovisnosti o koncentraciji dodanog P

Koncentracija P u nadzemnom dijelu biljaka u rendzini iznosi 4,15 g/kg, i bila je veća od koncentracija P u nadzemnom dijelu biljaka uzgojenih u crvenici 2,93 g/kg i aluvijalnom livadnom tlu 3,92 g/kg (slika 32). Na slici 33. prikazana utjecaj koncentraciji dodanog P na koncentracije P u biljci i gotovo da i nema razlike između0 (3,778 g/kg), 20 (3,41 g/kg), 40 (3,67 g/kg) i80 mg P/kg tla (3,81 g/kg).

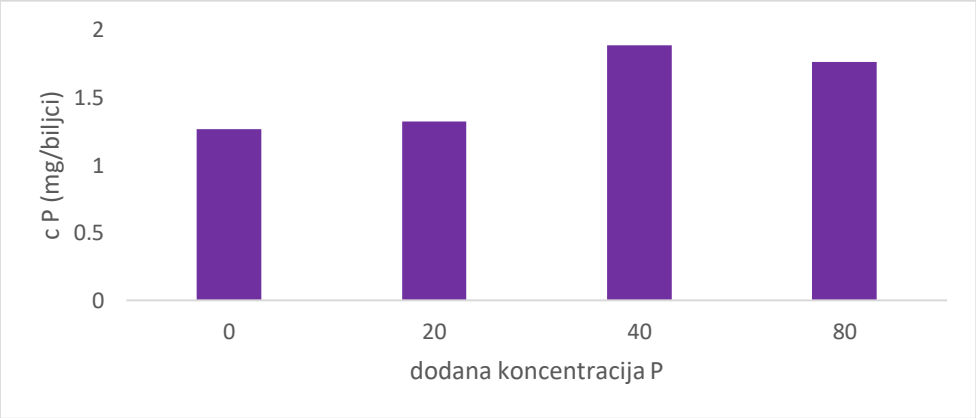
Sadržaj (količina) P u nadzemnom dijelu biljke



Slika 34. Grafički prikaz sadržaja P u tlu u ovisnosti o tipu tla i koncentraciji dodanog P



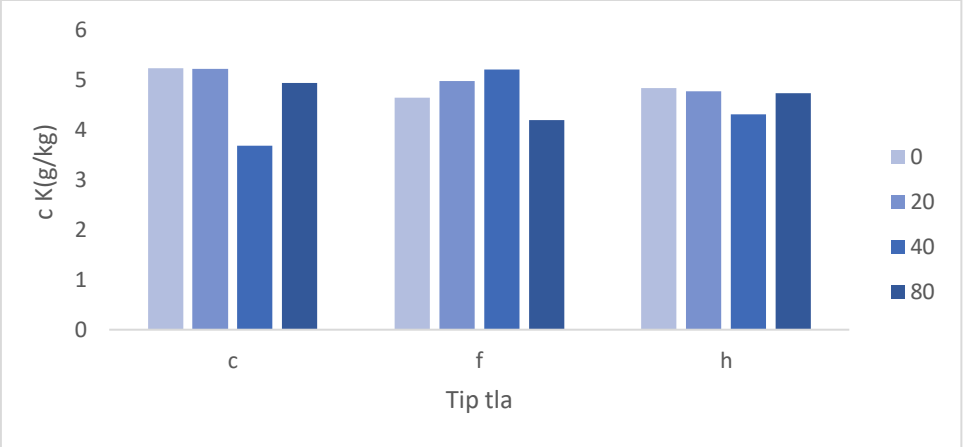
Slika 35. Grafički prikaz odnosa sadržaja fosfora u biljci u ovisnosti o tipu tla



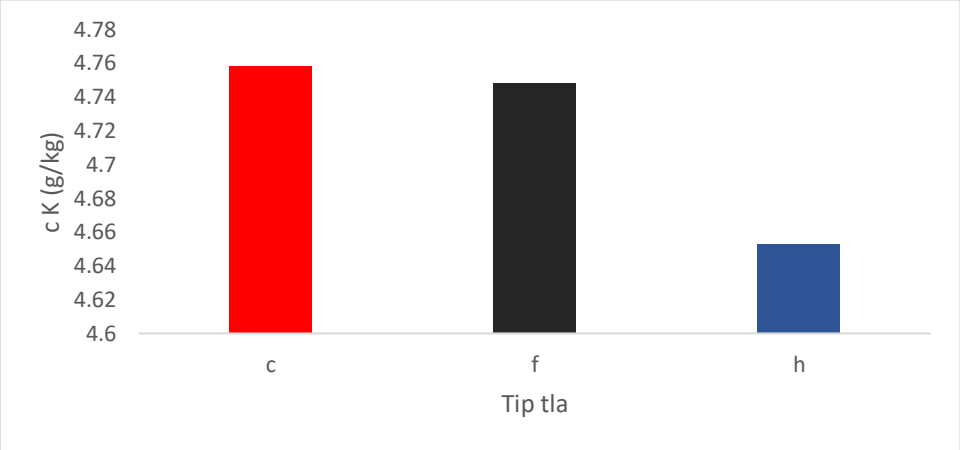
Slika 36. Grafički prikaz odnosa sadržaja P u biljci u ovisnosti o koncentraciji dodanog P

Na temelju grafičkog prikaza (slika 34 i 35) može se zaključiti da je sadržaj P u ovisnosti o vrsti tla. Aluvijalno livadno tlo razlikovalo od ostalih tala i imao je najvišu količinu P u nadzemnom dijelu biljke 2,05 mg/kg, dok su rendzina i crvenica imale manje sadržaja P u nadzemnom dijelu biljke u odnosu na aluvijalno livadno tlo. Sadržaj P usvojena od biljke uzgojene u rendzin iznosi 1,69 mg/kg, a u crvenice 0,93 mg/kg. Grafički prikaz (slika36) prikazuje da je biljka pri 0 mg/kg usvojila (1,265 mg/kg), a pri 20 mg/kg (1,32 mg/kg), 40 mg/kg (1,88 mg/kg), 80 mg/kg (1,76 mg/kg).

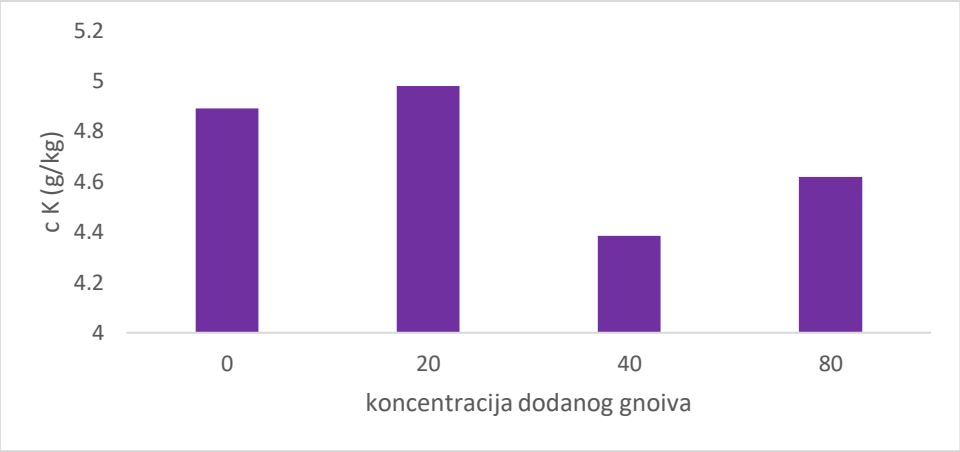
Koncentracija kalija (K) u nadzemnom dijelu biljke



Slika 37. Grafički prikaz odnosa koncentracije kalija u biljci u ovisnosti o tipu tla i koncentraciji dodanog P gnojiva



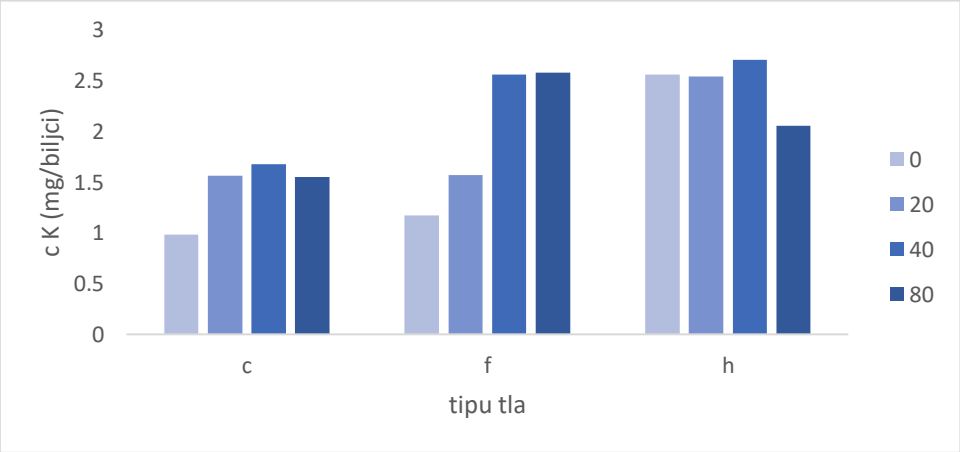
Slika 38. Grafički prikaz odnosa koncentracije kalija u biljci u ovisnosti o vrsti tla



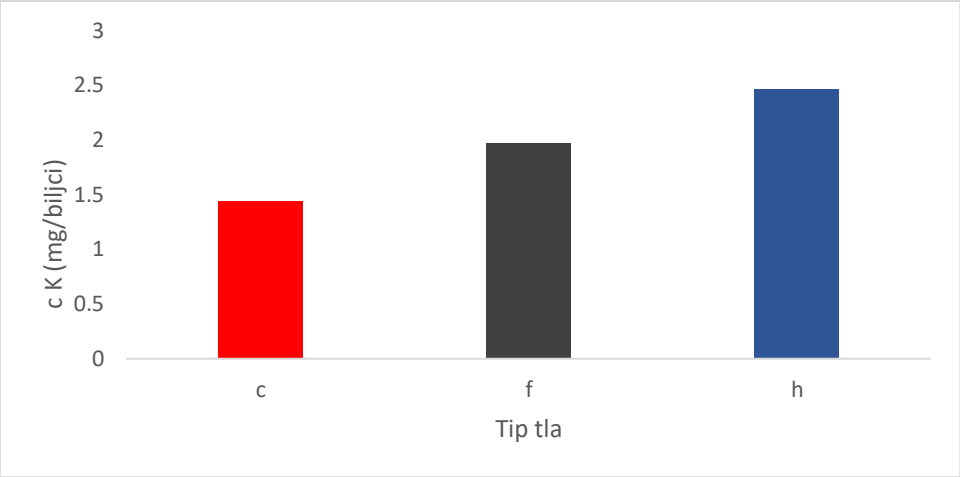
Slika 39. Grafički prikaz odnosa koncentracije kalija u biljci u ovisnosti o koncentraciji dodanog P gnojiva

Koncentraciju kalija (K) u nadzemnom dijelu biljke prikazana je na slikama 37. i 38. Koncentracija K u biljkama iz crvenice iznosi 4,75 g/kg, rendzine (4,74 g/kg) i aluvijalno livadno tlo (4,65 g/kg). Prikaz koncentracije K dobivene iz nadzemnom dijela biljke u ovisnosti je s koncentraciji dodanog gnojiva (slika 39), te su vidljive minimalne razlike pri 0 mg/kg iznosi 4,88 g/kg, pri 20 mg/kg 4,98 g/kg, 40 mg/kg (4,39 g/kg) te pri 80 mg/kg 4,61 g/kg.

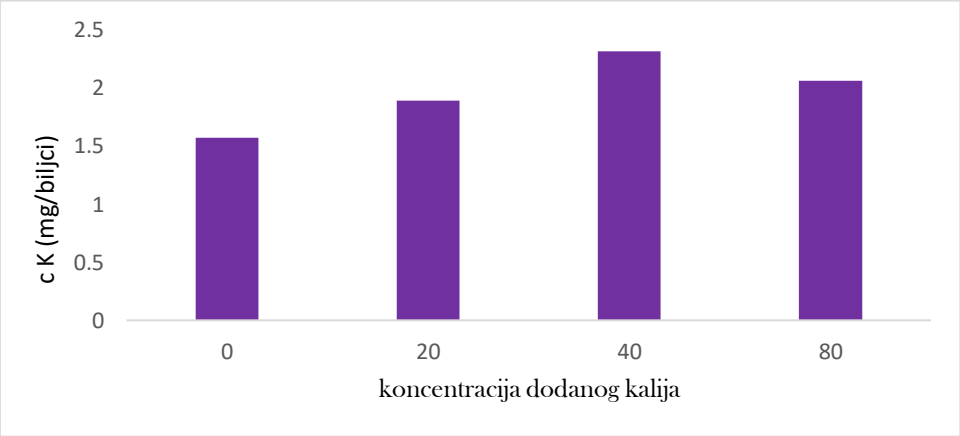
Sadržaj (količina) K u nadzemnom dijelu biljke



Slika 40. Grafički prikaz odnosa sadržaj K u biljci određivano u ovisnosti o tipu tla i koncentraciji dodanog P gnojiva



Slika 41. Grafički prikaz odnosa sadržaja kalija u biljci u ovinosti o tipu tla



Slika 42. Grafički prikaz odnosa sadržaja kalija u biljci u ovisnosti o koncentraciji dodanog P gnojiva

Sadržaj K u nadzemnom dijelu biljke prikazani su na slikama (40 i 41). Sadržaj K u crvenici iznosi 1,44 g/kg, u rendzini 1,97 g/kg, a u aluvijalnom livadnom tlu 2,06 g/kg. Sadržaja K u biljkama s različitim dodatkom gnojiva najviše su usvojile biljke pri dodatku od 40 mg/kg (2,31 g/kg) dok su ostale vrijednosti manje pri 0 mg/kg (1,57 g/kg), 20 mg/kg (1,89 g/kg) i 80 mg/kg (2,06 g/kg).

Tablica 7. Korelacijska tablica za pokazatelje rasta biljke, koncentraciju i količinu P u biljci i koncentraciju pristupačnog P u aluvijalnom livadnom tlu, crvenici, rendzini i korelacija tri tla zajedno

	Tla zajedno	Rendzina	Aluvijalno livadno	Crvenica
Suha masa 1 biljke, Troug mg/kg	**0,46**	0,45	-0,22	0,53
Suha masa 1 biljke, Olsen mg/kg P_2O_5	**0,38**	0,3	-0,24	**- 0,74**
Suha masa 1 biljke, Konc. P u biljci g/kg	0,11	**-0,32**	-0,56	0,76
Troug mg/kg, Olsen – mg/kg P_2O_5	**0,88**	**0,85**	**0,90**	0,01
Troug mg/kg, Konc. P u biljci – g/kg	**0,34**	-0,36	0,35	0,41
Troug mg/kg, sadržaj P u biljci - mg	**0,55**	0,38	-0,003	**0,65**
Olsen – mg/kg P_2O_5, Konc P u biljci g/kg	0,27	-0,31	0,39	0,13
Olsen – mg/kg P_2O_5, Sadržaj P u biljci (mg)	**0,46**	0,22	-0,11	-0,47

Značajnost pri $p \leq 0,05$

Značajna pozitivna korelacija utvrđena je između suhe mase biljke i pristupačnog P u tlu određenog po metodama po Trougu i Olsenu uzimajući u obzir sva 3 korištena tla, s tim da je bila veća kod Troug metode (Tablica 7.). Promatrajući svako tlo zasebno, utvrđena je samo značajna negativna korelacija između Olsen ekstrahiranog P i suhe mase biljke u crvenici. Obje korištene metode su međusobno značajno korelirale u sva 3 tla zajedno, kao i zasebno u rendzini i aluvijalnom tlu, dok korelacija nije utvrđena u crvenici. P ekstrahiran Troug metodom pozitivno je korelirao s koncentracijom i sadržajem (količinom) P u biljci u svim tlima zajedno i za iste parametre samo u crvenici. P ekstrahiran metodom po Olsenu imao je značajnu pozitivnu korelaciju samo s sadržajem P u biljci za sva 3 tipa tla zajedno.

4. ZAKLJUČAK

1. Koncentracija pristupačnog P ekstrahirana metodom po Trougu u svim tlima bila je veća od koncentracije pristupačnog P ekstrahiranog Olsen metodom. U prosjeku su vrijednosti koncentracije P po Trougu bile oko 3 puta veće od P po Olsenu. Vrijednosti P ekstrahiranog $CaCl_2$ metodom u većini slučajeva su bile niže od granice detekcije.

2. Utvrđene su razlike u rastu biljaka pšenice u ovisnosti o tipu tla i količini dodanog fosfora. Najveća svježa i suha masa nadzemnog dijela biljke pšenice utvrđena je kod uzgoja u aluvijalnom livadnom tlu, a najmanja u crvenici. Dodatak fosfornih gnojiva u tlo potvrdio je postojanje veze između rasta pšenice s obzirom na koncentraciju dodanog P. Biljke su imale veću suhu masu pri višim količinama dodanog P što je bilo je posebno izraženo kod uzgoja u crvenici i rendzini.

3. Koncentracije P u suhoj tvari biljke bila je najveća kod biljaka iz rendzine, a najniža kod biljaka raslih u crvenici. Koncentracija P nije rasla s porastom količine dodanog P u tlo. Sadržaj (količina) P je slijedila odnose utvrđene kod suhe mase biljke. Koncentracija K je bila najviša u crvenici, a najniža u aluvialnom tlu, dok je bilo obrnuto sa sadržajem K.

4. Uzimajući u obzir sva tri korištena tla rezultati korelacijske analize su pokazali da metoda po Trougu bolje korelira s ispitivanim vegetativnim i kemijskim parametrima biljaka pšenice. Visoka međuovisnost obje metode u rendzini i aluvijalnom tlu pokazuje da su obje mogu koristiti u ovim alkalnim tlima, dok se ne preporučuje korištenje Olsen metode u crvenici, to jest kiselim tlima.

5. LITERATURA

1. Esad Prohić, *Geokemija*. Udžbenik sveučilišta u zagrebu,(14.02.2017)

2. Dr. M. Jakovljević, Dr. M. Pantović, *Hemija zemljišta i voda*, Beograd, (1991),

3 Vukadinović V ., Lončarićz. (1998). *Ishrana bilja*. Poljoprivredni fakultet u Osijeku.

4. https://www.scribd.com/doc/25065459/PEDOLOGIJA-skripta(20.03.2017)

5.https://www.vup.hr/vvv/info/rezultati_ispita/defaultaspx(15.03.2017)

6. http://ishranabilja.com.hr/literatura/ishrana_bilja/Plodnost_tla.pdf/(31.03.2016)

7. http://www.vguk.hr/articlefiles/138_130_093-103.pdf (22.02.2017)

8. http://www.gnojidba.info/mala-skola-gnojidbe/reakcija-tla-ph-vrijednost/ (25.05.2017)

9. J.K. Syers Dean, A.E. Johnston Lawes, D. Curtin Scientist, *Efficiency of soil and fertilizer phosporus use*, food and agriculture organisation of the united nations (FAO) Roma 2008.

10. Wünscher, R., Unterfrauner, H., Peticzka, R., & Zehetner, F. (2013). *A Comparison of Different Phosphorus Extraction Methods with the Phosphorus Uptake of Wheat*. na.

11. . Boero, V., Schwertmann, U. (1989). *Iron oxide mineralogy of terra rossa and its genetic implications*. Geoderma, 44, 319 – 327

12. B. Urlić. *Efikasnost korištenja fosfora populacija raštike (Brassica oleracea L. var. acephala) u tlima deficitarnim fosforom*, Doktorski rad, Agronomski fakultet Zagreb, 2014.

13. https://helpdesk.uniri.hr/system/resources/docs/000/002/799/original/Mehanika-tla.pdf?1395651910 (29.3. 2017)

14. Škorić A., Filipovski G., Ćirić M. (1985). *Klasifikacija zemljišta Jugoslavije*. Posebno izdanje knjiga Akademije nauka i umjetnosti Bosne i Hercegovine - odjela prirodnih i matematickih nauka, Sarajevo.

15. FAO/ISRIC/ISSS (2006) – *World reference base for soil resources*. World soil resources report. Vol 103. Rome, FAO.