Utjecaj kalcizacije i primjene digestata iz proizvodnje bioplina na sadržaj humusa u tlu

Perić, Katarina

Master's thesis / Diplomski rad

2018

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

Permanent link / Trajna poveznica: https://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:151:500607

Rights / Prava: In copyright / Zaštićeno autorskim pravom.

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

Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku
Fakultet agrobiotehničkih znanosti Osijek

Repository / Repozitorij:

Repository of the Faculty of Agrobiotechnical Sciences Osijek - Repository of the Faculty of Agrobiotechnical Sciences Osijek

zir.nsk.hr

Image not found or type unknown

SVEUČILIŠTE JOSIPA JURJA STROSSMAYERA

POLJOPRIVREDNI FAKULTET U OSIJEKU

Katarina Perić, apsolvent

Sveučilišni diplomski studij

Smjer Ekološka poljoprivreda

UTJECAJ KALCIZACIJE I PRIMJENE DIGESTATA IZ PROIZVODNJE BIOPLINA NA SADRŽAJ HUMUSA U TLU

Diplomski rad

Osijek, 2018.

SVEUČILIŠTE JOSIPA JURJA STROSSMAYERA

POLJOPRIVREDNI FAKULTET U OSIJEKU

Katarina Perić, apsolvent

Sveučilišni diplomski studij

Smjer Ekološka poljoprivreda

UTJECAJ KALCIZACIJE I PRIMJENE DIGESTATA IZ PROIZVODNJE BIOPLINA NA SADRŽAJ HUMUSA U TLU

Diplomski rad

Povjerenstvo za ocjenu i obranu diplomskog rada:

1. doc. dr. sc. Brigita Popović, predsjednik

2. doc. dr. sc. Vladimir Ivezić, mentor

3. prof. dr. sc. Zdenko Lončarić, član

Osijek, 2018.

SADRŽAJ:

1. UVOD 1

1.1 Cilj istraživanja 3

2. PREGLED LITERATURE 4

3. MATERIJAL I METODE 8

3.1 Lokaliteti 8

3.2 Agrokemijska svojstva tla 11

3.3 pH reakcija tla i hidrolitička kiselost 11

3.4 Humus 11

3.4.1 Postupak: 12

3.4.2 Određivanje sadržaja humusa na spektrofotometru 16

3.5 Analize kalcizacijskih materijala i organskog gnojiva 16

3.6 Količine kalcijzaciskih materijala potrebne za neutralizaciju kiselosti 17

3.7 Statistička obrada podataka 18

4. REZULTATI 19

4.1 pH reakcija tla 19

4.2 Humus 20

5. RASPRAVA 23

6. ZAKLJUČAK 25

7. LITERATURA 26

8. SAŽETAK 29

9. SUMMARY 30

10. POPIS TABLICA 31

11. POPIS SLIKA 32

12. POPIS GRAFIKONA 33

TEMELJNA DOKUMENTACIJSKA KARTICA 34

BASIC DOCUMENTATION CARD 35

1. UVOD

Tlo je polifazni sustav građen od krute, tekuće, plinovite i žive faze. Kruta faza sastavljena je pretežito iz mineralnog i organskog dijela. Omjer pojedinih frakcija tla kreće se u određenim granicama u kojima tlo predstavlja povoljan supstrat biljne ishrane i definira svojstva tla kao što su: tekstura, struktura, poroznost, boja i kemijske značajke. Gornji, rastresiti dio Zemljine kore, koji je nastao raspadanjem litosfere pod utjecajem klimatskih čimbenika i djelovanjem živih organizama, preobražen je u prirodno biljno stanište i supstrat iz kojega biljke korijenovim sustavom usvajaju sve neophodne mineralne tvari za svoj rast i razvoj. S aspekta ishrane bilja posebnu ulogu imaju kemijska svojstva kao što su: pH vrijednost tla, sadržaj fosfora i kalija te sadržaj humusa (Vukadinović i Lončarić, 1998.). Vrijednost pH je negativan logaritam aktiviteta H^+ iona pa se u iskazivanju pH vrijednosti koristi logaritamska skala. Stoga niža pH vrijednost (na primjer pH 4 u odnosu na pH 6) znači veću kiselost, tj. veću koncentraciju H^+ iona (Lončarić i sur., 2015.). Prema Bašić i Herceg (2010.) za skladan i uspješan rast bilja treba stvoriti optimalne uvjete pH reakcije tla pa prema tome ako je (pre)niska potrebno je razmišljati o kalcizaciji, a prema Lončarić i sur. (2015.) kalcizaciju je potrebno vršiti čim se pH vrijednost spusti za 0,2-0,3 pH jedinice ispod optimalne vrijednosti za uzgajane biljne vrste. Kalcizacija je postupak unošenja u tlo materijala koji imaju sposobnost podizanja pH vrijednosti tla, poput materijala bogatih kalcijem i/ili magnezijem. S ciljem smanjenja kiselosti tla te popravljanja njegovih kemijskih, fizikalnih i bioloških svojstava sve češće se koriste i materijali koji su nusproizvod iz industrijskih postrojenja, a imaju kalcizacijska svojstva. Uloga kalcija u tlu je od višestruke i velike važnosti, tj. kalcij je biljno hranivo i kompleksan regulator plodnosti tla (Jug, 2018.).

Sadržaj humusa u tlu je pod indirektnim utjecajem kalcizacije. Humus je sadržaj organske tvari u tlu koji se utvrđuje analizom ukupne koncentracije organskog ugljika u tlu (npr. bikromatnom metodom). Treba naglasiti da je humus koloidna tvar velike aktivne površine te da ima velik kapacitet adsorpcije i pozitivno utječe na tvorbu stabilne strukture, a preko nje i na vodozračne prilike i praktički sve značajke tla. Utječe na mikrobiološku aktivnost (na korisne procese), a njegovom mineralizacijom oslobađaju se makro i mikro biogeni elementi i tako biljka izravno koristi hranjiva (Herceg i Bašić, 2010.). Humoznost tla značajno utječe na raspoloživost hraniva jer su posljedice većeg sadržaja humusa u tlu: veći kationski izmjenjivački kapacitet tla – KIK (veća sposobnost izmjenjivog vezanja

hraniva), veća puferna sposobnost i veća elastičnost tla, veća raspoloživost hraniva jer humoznost smanjuje fiksaciju hraniva (P i mikroelementi), veći potencijal mineralizacije, tj. veća godišnja količina mineralnog N nastalog razgradnjom humusa (Lončarić i Karalić, 2015.). Kalcizacija podiže pH vrijednost tla iz kiselog u neutralno i time stvara pogodne uvijete za rast i razvoj mikroorganizama te time radikalno mijenja biogenost. Pomiče ravnoteža tvorbe i razlaganja humusa u smjeru ubrzane mineralizacije, a to vodi nakon početnog porasta efektivne plodnosti, u iscrpljivanje tla i pada produktivnosti tla (Jug, 2018.). Poljoprivredna gospodarstva, kako u Europskoj uniji tako i u Hrvatskoj, najčešće koriste mineralna gnojiva koja pri nepravilnoj uporabi (količina, vrijeme, mjesto primjene) mogu smanjiti plodnost tla, npr. stimulacijom aktivnosti mikroorganizama koji potom ubrzano razgrađuju organsku tvar u tlu što u duljem vremenskom periodu iscrpljuje tlo – opadanje humusa (Vukadinović i Vukadinović, 2018.). Mineralna gnojiva aplicirala su se na nešto manje od 2/3 (63,2%), a organska gnojiva na 1/5 (20,7%) ukupno korištenog poljoprivrednog zemljišta poljoprivrednih kućanstava u Republici Hrvatskoj (Gugić i sur., 2014.). Suprotno tome, organska gnojiva povoljno djeluju na stvaranje humusa te poljoprivredne proizvođače treba poticati na njihovo korištenje.

1.1 Cilj istraživanja

Cilj ovog istraživanja je utvrditi:

1. Utjecaj novih kalcizacijskih materijala na pH reakciju tla
2. Utjecaj kalcizacije na sadržaj humusa u tlu
3. Utjecaj primjene digestata, iz proizvodnje bioplina, na sadržaj humusa u tlu na kalciziranim površinama

Osnovne hipoteze ovoga rada su:

1. Primjena nusproizvoda, kao materijala za kalcizaciju, iz različite industrijske proizvodnje će pozitivno djelovati na neutralizaciju pH tla
2. Kalcizacija će utjecati na sadržaj humusa u tlu
3. Različiti kalcizacijski materijali će imati i različit kalcizacijski učinak pa samim time će i njihov utjecaj na sadržaj humusa u tlu biti različit

2. PREGLED LITERATURE

Kalcizacija je uobičajena poljoprivredna praksa širom svijeta, koja se koristi s ciljem povećanja produktivnosti u kiselim tlima (Paradelo, 2015.). Prema Lončarić (2015.) ona smanjuje toksičnost Al^{3+}, toksičnost Mn^{2+}, toksičnost vodikovih iona (H^{+}) te povećava raspoloživost hraniva (Ca, Mg, P i Mo). Prema Paradelo (2015.) učinci ove prakse na svojstva tla se intenzivno proučavaju najčešće s fokusom na pH reakciju tla, izmjenjive katione i produktivnost, a učinci kalcizacije na organski ugljik u tlu i dalje ostaju nedovoljno istraženi.

Kalcizacijska sredstva su svi materijali koji u sebi sadrže Ca i/ili Mg u oblicima koji mogu neutralizirati suvišnu kiselost, odnosno podići pH reakciju tla. To su kalcijevi i/ili magnezijevi karbonati, oksidi, hidroksidi i silikati, a najčešća sredstva za kalcizaciju širom svijeta su različiti vapneni materijali. U pojedinim zemljama koriste se i industrijski nusproizvodi i otpadne tvari koje moraju ispunjavati zakonom propisane kriterije. U Republici Hrvatskoj mogućnost uporabe takvih sredstava je djelomično propisana različitim zakonima i pravilnicima (Lončarić, 2015.).

Kalcizacija tala je svjetski rasprostranjena praksa i postoje istraživanja o različitim učincima kalcizacije na organski ugljik u tlu. Kalcizacija utječe na smanjenje koncentracije organskog ugljika u tlu ukoliko se ne primjenjuje u kombinaciji s gnojivima (Paradelo, 2015.). Prema Chan i Heenen (1999.), kalcizacija je utjecala na smanjenje koncentracije organskog ugljika u tlu (crvenici) za 13% što je ekvivalentno 3.6 t C/ha u trećoj godini nakon aplikacije kalcizacijskog sredstva. Proučavanjem površinskog sloja tla (0-5 cm), crvenice u Brazilu na kojemu su se uzgajale žitarice i primjenjivana je kalcizacija, Caires i sur. (2006.) uočili su smanjenje organskog ugljika za 25% u trećoj godini. Taj početni gubitak nadoknadio se 60 mjeseci nakon primjene kalcizacijskog sredstva. Nadalje, ukoliko se primjenjuje u kombinaciji s gnojivima nema utjecaj na smanjenje koncentracije organskog ugljika ili može utjecati na njegovo povećanje. Costa (2012.) je promatrao učinak kalcizacije u kombinaciji s gnojivom tijekom tri uzastopne godine u Brazilu i nije pronašao razliku u koncentraciji organskog ugljika prije i nakon kalcizacije. Isto tako, Muñoz i sur. (2013.) su primijetili porast koncentracije organskog ugljika od 5 do 8% nakon 13 godina primjene kalcizacije.

Kalcizacija može pozitivno i negativno utjecati na stabilnost strukture tla, a mehanizmi odgovorni za poboljšanje fizičkih i mehaničkih svojstava tla još uvijek nisu dovoljno

istraženi (Chan i Heenan, 1999.). Prema istraživanju Chan i Heenan (1999.) u kojemu su istraživali opadanje organskog ugljika u crvenici (New South Wales, Australia) uslijed aplikacije 1.5 t $CaCO_3$/ ha, utvrdili su kako je kalcizacijsko sredstvo utjecalo na promjenu agregatne stabilnosti tla, a s time i na opadanje količine organskog ugljika u tlu.

Kalcizacija tala, bogatih organskom tvari, uzrokuje opadanje organskog ugljika zato što se podizanjem pH vrijednosti povećava mikrobiološka aktivnost, odnosno dolazi do ubrzane mineralizacije organske tvari. Osim toga, povoljno djeluje strukturu tla i produktivnost (Paradelo, 2015.).

Prema istraživanju Karalić (2010.), u kojemu je postavljen gnojidbeno-kalcizacijski pokus na dva tipa kiseloga tla različite teksture s dva lokaliteta, primjenjeno je deset tretmana kalcizacije i gnojidbe mineralnim i organskim gnojivom. Rezultati su ukazali na značajno povećanje pH reakcije tla i hidrolitičke kiselosti. Mineralna i organska gnojidba je utjecala na dodatno zakiseljavanje tla. Kalcizacija je utjecala na intenziviranje procesa mineralizacije i dekompoziciju humusa, dok je organska gnojidba povećala sadržaj humusa.

U stacioniranom poljskom pokusu kalcizacije karbokalkom (nusproizvod tvornice šećera) koji je postavljen u jesen 2000. na kiselom tlu (pH KCl 3,89). Karbokalk je dodan u količinama 0, 15, 30, 45 i 60 t/ha. Pokus je postavljen prema slučajnom rasporedu u četiri ponavljanja (osnovna parcela 64.3m^2). Učinci kalcizacije pratili su se u kontinuitetu do 2012. godine. Prema kemijskoj analizi, karbokalk je sadržavao visoke količine biljkama pristupačnog kalcija (48.2% CaO), umjerene količine magnezija (1.81% MgO) i fosfora (1.07% P_2O_5) te niske vrijednosti kalija (0.17% K_2O). Sadržaj organske tvari u karbokalku iznosio je 5,36%, a pH vrijednost 9,53. Kalcizacijom karbokalkom značajno je povećana pH KCl vrijednost tla s 3,75 do 6,71. Također, povećana je pristupačnost fosfora za jednu trećinu, dok je pristupačnost kalija smanjena za 13%. Inače, pristupačnost P i K u navedenom tlu je u granicama dovoljne opskrbljenosti. Sadržaj humusa relativno je nizak i nije se značajnije promijenio kalcizacijom. Uzorci tla uzeti šest godina ranije (srpanj 2004.) imali su slične vrijednosti analiziranih parametara onima iz 2010. godine (Kovačević i sur., 2012.).

Na lokalitetima Donji Miholjac, Rakitovac i Magadenovac provedeno je istraživanje u kojemu su provedeni tretmani kalcizacije i mineralne i organske gnojidbe. Kao kalcizacijsko sredstvo korišten je karbokalk, kao organsko gnojivo stajnjak i kao mineralno

gnojivo NPK. Provedena kalcizacija utjecala je na porast pH reakcije tla. Utjecaj kalcizacije na povećanje intenziteta mikrobioloških procesa u tlu rezultirala je intenzivnijom razgradnjom organske tvari tla i smanjenjem količine humusa u tlu. Stoga je dobra praksa primjenjivanje organskih gnojiva uz sredstvo za kalcizaciju, jer ne dolazi do pada količine humusa, već se postižu pozitivni efekti kalcizacije i humizacije budući mikroorganizmi imaju na raspolaganju dovoljnu količinu organske tvari. Na lokalitetu Donji Miholjac bio je očit utjecaj kalcizacije bez organske gnojidbe na smanjenje sadržaja humusa u tlu, dok je gnojidba organskim gnojivima povećala udio humusa u tlu ili se smanjio negativan učinak kalcizacije (Šimek, 2009.).

Prema istraživanjima Rastija i sur. (2009.) provedenim 2007. godine na lokalitetima Donji Miholjac i Zelčin na području istočne Slavonije postavljen je pokus 2002. godine na tlima kisele pH reakcije. Kalcizacija je obavljena s 10 t karbokalka po hektaru u jesen 2002. godine. U uzorcima tla uzetim u studenome 2002. godine i u listopadu 2007. godine s dubine 0-30 cm određena je aktualna i supstitucijska kiselosti, pristupačnost fosfora i kalija, sadržaj humusa i hidrolitička kiselost. Aktualna i supstitucijska kiselost tla (pH u vodi i 1M KCl-u) utvrđene su elektrokemijskim mjerenjem, a sadržaj humusa bikromatnom metodom. Sadržaj humusa na oba lokaliteta je bio vrlo slab, a pH reakcija tla jako kisela. Kalcizacija je utjecala na smanjenje kiselosti tla na oba lokaliteta. Na gnojidbenim tretmanima u kombinaciji s kalcizacijom s povećanjem količine primjenjenih mineralnih gnojiva došlo je do smanjenja pH vrijednosti u odnosu na kalciziranu varijantu pokusa bez gnojidbe, što upućuje na dodatno zakiseljavanje tla upotrebom mineralnih gnojiva.

Prema Karalić (2015.) mineral kalcit ($CaCO_3$) u prirodi se nalazi u različitim oblicima vapnenca, mramora i krede. Njegova osnovna primjena u poljoprivredi je neutralizacija suvišne kiselosti tla kalcizacijom, ali može biti i poboljšivač tla, odnosno njegove strukture. Sirovine za dobijanje kalcizacijskih materijala su mekani i tvrdi vapnenac, dolomit i lapor, koji se usitnjavaju mljevanjem. Termičkom obradom vapnenih materijala, pečenjem na temperaturi do 1300° C (kalcinacija), dobiva se hidratizirano i živo vapno. Isto tako, kao materijali za kalcizaciju mogu se koristiti i različiti otpadni muljevi, poput karbokalka ili saturacijskog mulja (nusprodukt prerade šećerne repe) koji je pogodan za kalcizaciju jer uz kalcij sadrži i male količine fosfora, kalija i mikroelemenata (Karalić, 2015.). Prema kemijskim svojstvima sredstva za kalcizaciju su karbonati, oksidi ili hidroksidi kalcija i/ili magnezija.

Drveni pepeo je vrlo koristan industrijski ili šumarski organski ostatak. S aspekta poljoprivrede može se svrstati u kondicionere, tj. poboljšivače tla jer osim neutralizacijskih sposobnosti sadrži u manjim koncentracijama fosfor i kalij, sekundarne makroelemente Ca i Mg te pojedine mikroelemente Cu, Zn i slično. Dakle, učinci drvenog pepela su promjena pH reakcije, fertilizacijski učinak i ekološki učinak. Koristi se isključivo u kiselim tlima jer je alkalne reakcije pa se njegovom primjenom podiže pH vrijednost. S obzirom na sadržaj fosfora i kalija, pepeo ima formulaciju od 0-1-8 do 0-7-12, stoga ga je pogodno koristiti na kiselim tlima siromašnim kalijem (Karalić, 2015.).

Bazična troska je nusproizvod iz industrije željeza i čelika koja se do sada primarno zbrinjavala odlaganjem na deponij. Jedna od alternativnih metoda odlaganju na deponij je primjena bazične troske u poljoprivredi bilo kao poboljšivač tla ili kao gnojivo. Zbog svojih kemijskih karakteristika bazična troska potencijalno predstavlja vrijedan izvor hranjiva (visok udio oksida kalcija i magnezija može biti izvor hranjiva), ali i materijal za neutralizaciju kiselosti tla (Matošević, 2017.). Obzirom da je sadržaj P, Fe, Ca, Mg i Mn u tako dobivenoj troski visok, a sadržaj Cd, Pb, Hg i ostalih toksičnih teških metala vrlo nizak, usitnjena troska je potencijalni izvor mineralnih tvari za rast i razvoj biljaka, posebice na tlima siromašnim željezom (Jelić i sur., 2010.).

3. MATERIJAL I METODE

3.1 Lokaliteti

Istraživanja su provedena kroz dvije godine (2015.- 2017.) na proizvodnim površinama tvrtke Osilovac d.o.o. (Nexe Grupa) na dva različita lokaliteta (Beljevine i Zgone) vidljiva na slici 1. Istraživana kalcizacijska sredstva su nusproizvodi iz industrijske proizvodnje: filtarska prašina (proizvod tvrtke Našicecement d.d.), bazična troska (proizvod tvrtke ABS Sisak d.o.o.), drveni pepeo (Viridas Biomass grupa) te karbokalk (Tvronica šećera Osijek d.o.o.), jedno silikatno – bazična troska i jedno alternativno sredstvo – pepeo za kalcizaciju (Ivezić i sur., 2018.).



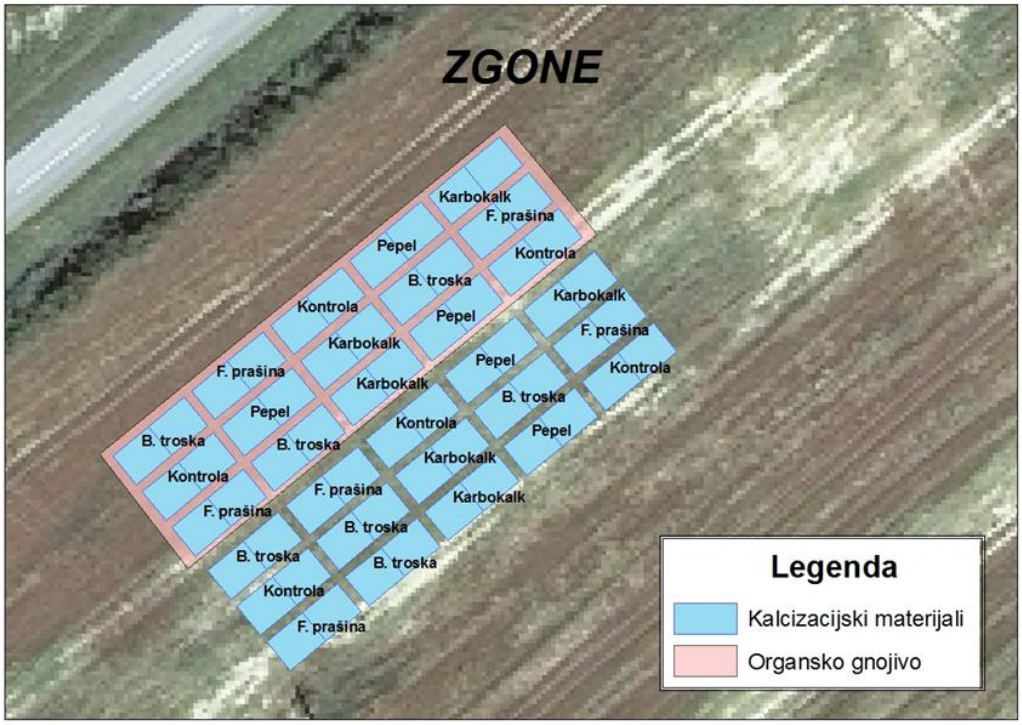
Slika 1. Lokaliteti Beljevine i Zgone
(Izvor: Ivezić i sur.,2018.)

Tablica 1. Početno stanje istraživanih lokaliteta

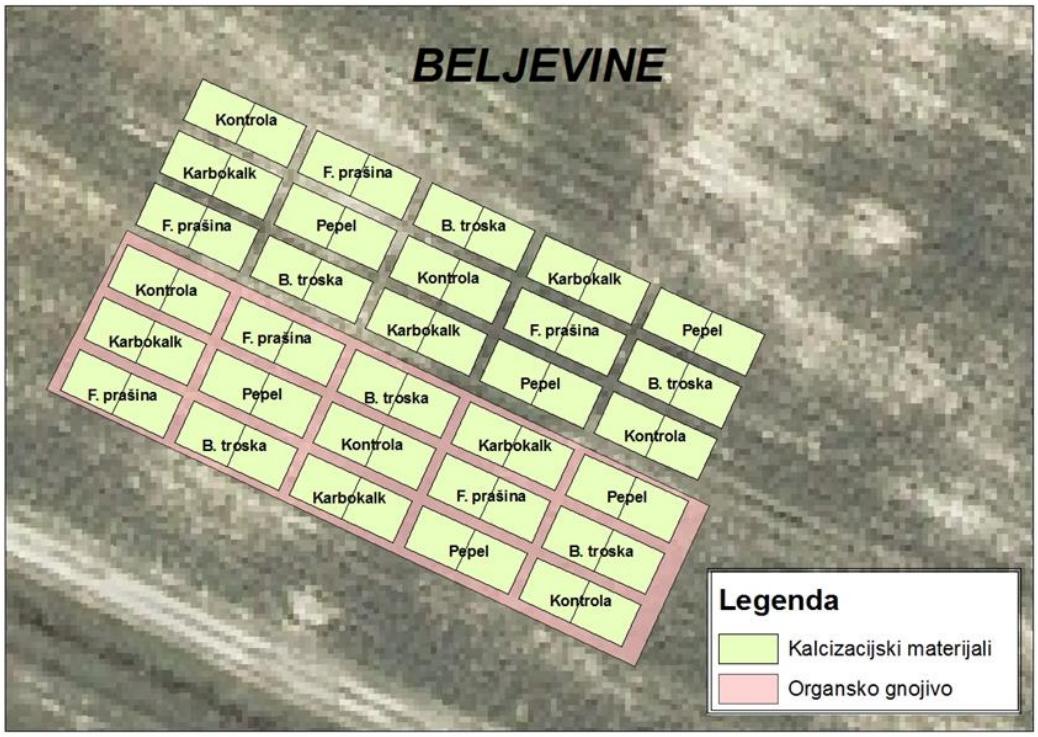
Lokalitet	Dubina	pH H_2O	pH KCl	Humus	Al-P_2O_5	Al-K_2O	Hy
Zgone	0-30	5.44	3.98	1.4	22.46	15.89	6.72
Beljevine	0-30	6.19	4.69	1.9	22.49	20.64	5.12

Kalcizacija se u praksi provodi kroz nekoliko godina u manjim dozama kako bi se ublažio negativan utjecaj naglih promjena u tlu. Sukladno tome, pokusne parcele površine od 40 m^2 smo podijelili na dva dijela na koje smo primijenili različite doze kalcizacijskih

materijala. Nakon utvrđene neutralizacijske vrijednosti svakog pojedinog kalcizacijskog materijala na pola parcele (20 m^2) primijenjena je puna doza kalcizacijskog materijala potrebnog za neutralizaciju suvišne kiselosti dok je na drugu polovicu (20 m^2) primijenjeno pola doze (slika 2 i 3). Kalcizacija, tj. podizanje pH vrijednosti tla povećava aktivnost mikroorganizama te na taj način negativno djeluje na sadržaj humusa u tlu. Posljedično, kroz nekoliko godina nakon provođenja mjere kalcizacije dolazi do opadanja sadržaja humusa u tlu. Kako bi se izbjegao efekt smanjivanja organske tvari, uz kalcizacijske tretmane na pola pokusne površine primijenjeno je organsko gnojivo (7 t/ha) – digestat iz proizvodnje bioplina (slika 2). Učinak novih materijala za kalcizaciju uspoređen je s učinkom saturacijskog mulja (nusproizvod iz proizvodnje šećera) koji se kao materijal za kalcizaciju najviše koristi u Republici Hrvatskoj za neutralizaciju kiselih tala. Doze materijala utvrđene su na temelju inicijalne kiselosti i ciljne kiselosti tla te temeljem neutralizacijske vrijednosti (NV) materijala titracijom (EN 12945:2008). Kao test kultura koristila se lucerna (*Medicago sativa L.*), koja je izrazito osjetljiva na kisela tla. Sjetva je provedena u proljeće 2015., oko 40 dana nakon primjene kalcizacijskih materijala. Ukupno su bila četiri otkosa lucerne, dva u prvoj godini (lipanj i rujan) i dva u drugoj godini (srpanj i rujan). Dakle, uzorkovanje tla i biljnog materijala provedeno je ukupno četiri puta u dvije godine. U svakoj godini praćena je dinamika promjene pH reakcije tla, sadržaj organske tvari, tj. humusa u tlu te vrijednost hidrolitičke kiselosti.



Slika 2. Sheme pokusa; organsko gnojivo – digestat iz proizvodnje bioplina (Izvor: Ivezić i sur., 2018.)



Slika 3. Shema pokusa - Beljevine; organsko gnojivo – digestat iz proizvodnje bioplina (Izvor: Ivezić i sur., 2018.)

3.2 Agrokemijska svojstva tla

Prije postavljanja pokusa određena su osnovna kemijska svojstva tla na odabranim lokalitetima na dubini 0 - 30 cm (oranični sloj): trenutna i izmjenjiva pH reakcija tla (H_2O i 1M KCl), sadržaj humusa te hidrolitička kiselost (Hk). Hk je potencijalna kiselost nekog tla i neophodna je za određivanje potreba za kalcizacijom. Tlo je tijekom pokusa uzorkovano nakon svakog otkosa, a uzorak se sastojao od nekoliko poduzoraka koji su činili ukupno 500 g. Uzorci su dopremljeni u laboratorij Zavoda za agroekologiju gdje su prema ISO standardu pripremljeni za daljnje analize.

3.3 pH reakcija tla i hidrolitička kiselost

Analizom su utvrđene dvije vrste kiselosti: aktualna ili trenutna (uH_2O) i supstitucijska ili izmjenjiva (u 1M otopini KCl-a). Aktualnu kiselost čine H^+ ioni u vodenoj fazi tla, a supstitucijsku kiselost čine pored H^+ iona i ioni slabih lužina (Al, Fe) koji se s površina koloidnih čestica zamjenjuju K^+ ionom iz otopine KCl-a. Za tumačenje rezultata kiselosti nekog tla koristi se kiselost utvrđena u otopini 1M KCl-a. Kao dopunsko svojstvo tla određena je hidrolitička kiselost tj. potencijalna kiselost pomoću Na (ili Ca)-acetata pri čemu dolazi do zamjeneH^+ (i Al) iona s adsorpcijskog kompleksa tla alkalnim ionima iz acetata. Iznos hidrolitičke kiselosti tla (stupanj acidifikacije AK) služi za izračunavanje kapaciteta adsorpcije kationa (T) i stupnja zasićenosti tla alkalijama (V) te nam je služila za određivanje potrebe za kalcizacijom.

3.4 Humus

Metoda mjerenja organskog ugljika u uzorcima tla rađena je pomoću standarda ISO 14235:1998 koja predstavlja mokro spaljivanje organske tvari tla kalijevim bikromatom. Koncentracija organskog ugljika mjeri se spektrofotometrijski na valnoj duljini od 585 μm uz prethodno dekantiranje otopine u kivetu za mjerenje. Rezultat koncentracije organskog ugljika preračunava se na sadržaj humusa koeficijentom 1,724, a izražava se u postotcima (Lončarić, 2009.).

Tablica 2. Kakvoća tla s obzirom na koncentraciju humusa (Lončarić, 2015.)

Koncentracija humusa	Tlo
0 - 0,75 %	jako siromašno humusom
0,75 - 1,5 %	siromašno humusom
1,5 - 2,5 %	osrednje humozno
2,5 - 4,0 %	humozno tlo
4,0 - 6,0 %	vrlo humozno tlo
> 6,0 %	ekstremno humozno tlo

Organski ugljik u uzorku oksidira mješavinom otopine kalij bikromata i sumporne kiseline pri temperaturi 135°C. Bikromatni ion koji otopinu boji u narančasto reducira se do Cr^{3+} koji otopinu boji u zeleno. Intenzitet zelene boje mjeri se spektrofotometrijski na 585 nm. Metoda se kalibrira pomoću glukoze kao izvora organskog ugljika koji producira 4 elektrona po atomu. Korišteni reagensi su: destilirana voda, sumporna kiselina koncentracije veće od 95%, otopina kalij bikromata, anhidrirana glukoza (10 % standardna otopina glukoze), referentni uzorak poznate koncentracije ugljika od 0.14 mgC/ml. Korištena oprema i pribor su: standardno laboratorijsko posuđe i pribor (laboratorijska čaša i odmjerne tikvice od 100 ml), analitička vaga, sušionik, digestor, centrifuga i spektrofotometar (Lončarić, 2009.).

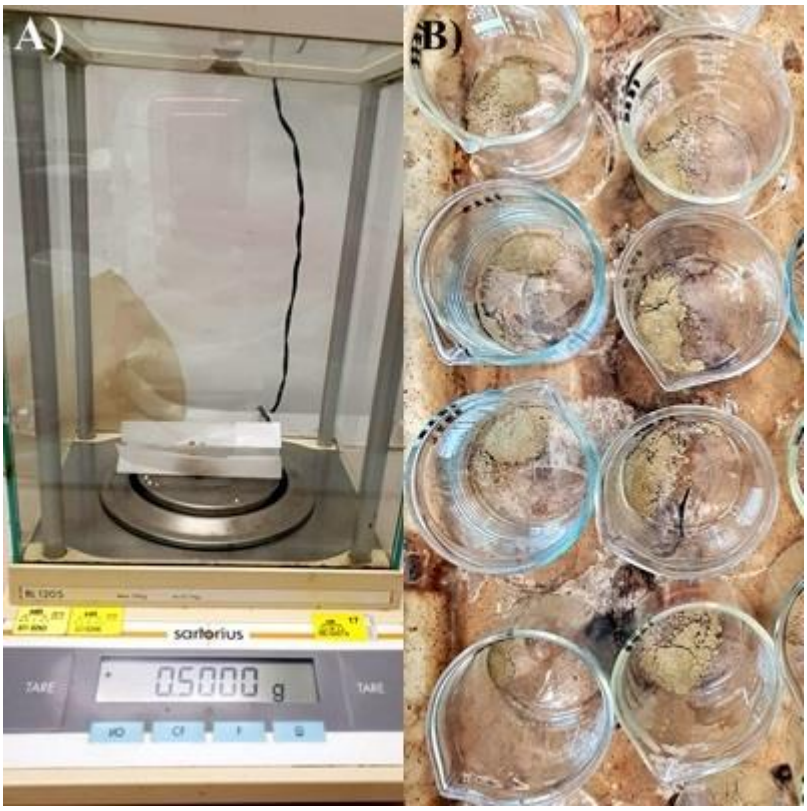
3.4.1 Postupak:

1. Prosijati uzorke tla kroz sito 0.2 mm (slika 4)



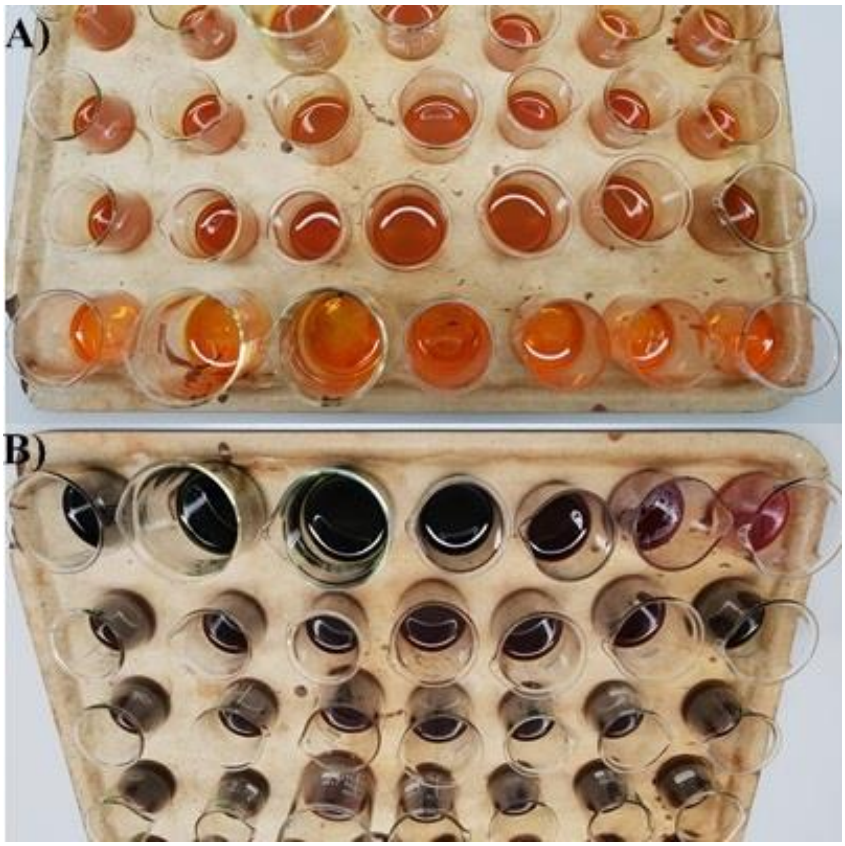
Slika 4. Prosijavanje uzorka
(Izvor: autor)

2. Odvagati 0.5 g uzorka pripremljenog prema RU-08-05 u laboratorijsku čašicu od 150 ml (slika 5)



Slika 5. Vaganje 0.5 g uzorka tla (A) i stavljanje u laboratorijsku čašicu (B) (Izvor: autor)

3. U seriju od 6 čaša od 150 ml pipetirati 0, 0.05, 0.1, 0.2, 0.3, 0.4, 0.5 ml 10% otopine glukoze i tretirati ih isto kao uzorke
4. Dodati pipetom 5 ml 0.27 M otopine kalij bikromata i 7.5 ml koncentrirane sumporne kiseline (slika 6)
5. Pažljivo homogenozirati (slika 6)



Slika 6. Otopina kalij bikromata u 0.5 g uzorka tla (A) i homogenziran kalij bikromat sa sumpornom kiselinom i 0.5 g uzorka tla (B)
(Izvor: autor)

6. Staviti čaše s uzorkom u sušionik zagrijan na 135°C i ostaviti 30 minuta
7. Naglo ohladiti na sobnu temperaturu u vodenoj kupelji
8. Polako dodati oko 50 ml destilirane vode
9. Kvantitativno prenijeti u odmjernu tikvicu od 100 ml, nadopuniti vodom i promućkati (slika 7)

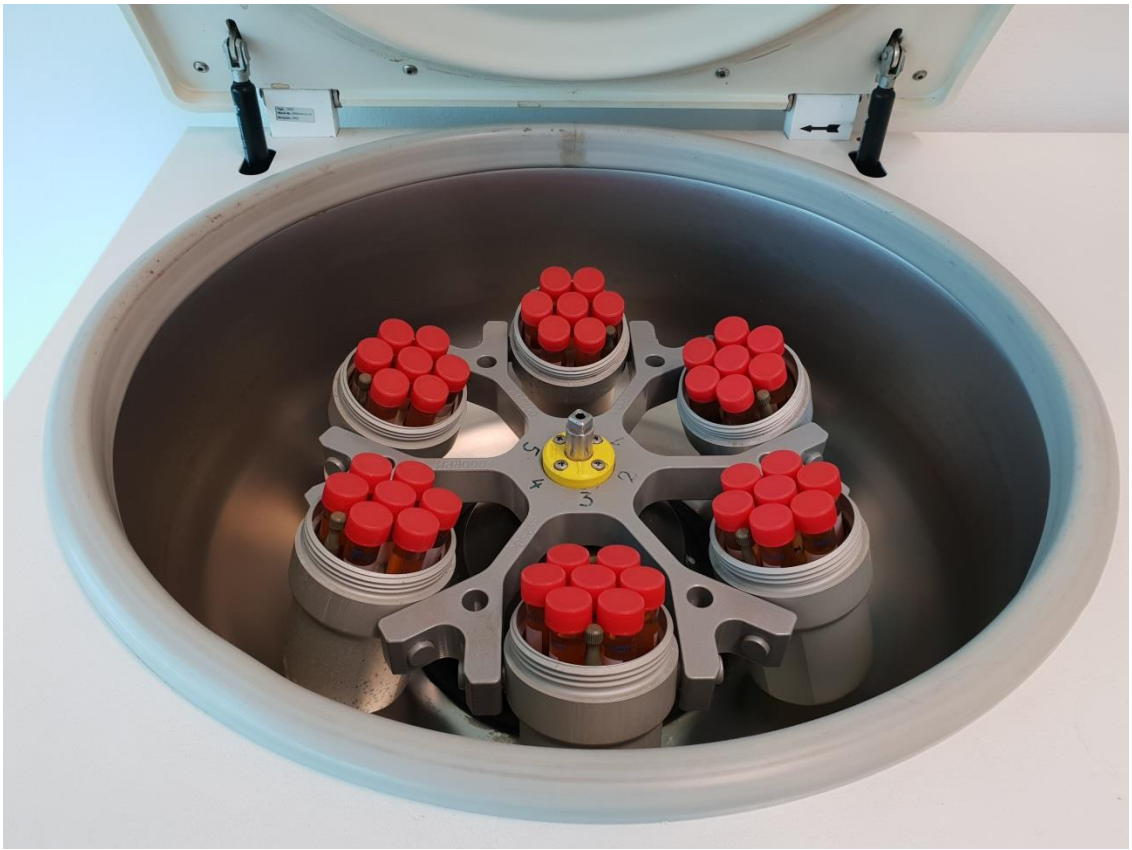

Slika 7. Promućkani standardi i uzorci u odmjernim tikvicama od 100 ml
(Izvor: autor)

10. Ostaviti da stoji 24 sata i dekantirati dio otopine u kivetu za centrifugiranje (slika 8)



Slika 8. Otopine u kivetama za centrifugiranje
(Izvor: autor)

11. Centrifugirati 10 minuta na 2000 okretaja (slika 9)



Slika 9. Kivete s otopinama u centrifugi
(Izvor: autor)

12. Pomoću spektrofotometra izmjeriti koncentraciju mg C/ml na 585 nm slijedom standardi, IRM, uzorci, preračun na % humusa množenjem s faktorom 1.724

3.4.2 Određivanje sadržaja humusa na spektrofotometru

Prema Lončarić (2009.), spektrofotometar se kalibrira u sedam točaka i to u rasponu: 0, 0.02, 0.04, 0.08, 0.12, 0.16, 0.20 mgC/mL. Kalibracija se vrši prema postupku opisanom u uputi za rad s aparatom. Mjeri se absorbanca otopine pri 585 µm sljedećim redom: serija standarda, IRM i uzorci tla. Treba paziti kako ne bi došlo do kontaminacije između uzoraka prilikom mjerenja pa se zato kiveta svaki puta ispire idućim uzorkom. Isto tako, treba paziti da kiveta koja se stavlja u aparat bude obrisana, odnosno da na njoj ne bude nikakve tekućine, radi točnijih rezultata.

Postotak organskog ugljika izračunava se po jednadžbi:

%C = [(očitanje C mg/ml) / m uzorka u 1 ml] * 100

Ako je odvaga uzorka tla 0.5 g onda u 1 ml otopine uzorka ima 0.005 g ili 5 mg tla. Postotak organskog C dobivenog očitanjem preračunati na % humusa u uzorku tla. Humus sadrži 58% ugljika, a 100/58 = 1.74, stoga je formula za postotak humusa:

% humusa = % C * 1.724

3.5 Analize kalcizacijskih materijala i organskog gnojiva

Prema ISO standardu analitički je utvrđen kemijski sastav kalcizacijskih materijala i digestata (makro i mikroelementi te potencijalno toksični teški metali), neutralizacijska vrijednost (NV - CaO) te rezidue pesticida u drvenom pepelu.



Slika 10. Kalcizacijski materijali i njihove neutralizacijske vrijednosti (Izvor: Ivezić i sur., 2018.)

3.6 Količine kalcijzaciskih materijala potrebne za neutralizaciju kiselosti

Lokalitet Zgone imao je umjereno kiselu pH reakciju tla (pH H_2O) dok su Beljevine imale slabo kiselu reakciju. No na oba lokaliteta utvrđena je visoka hidrolitička kiselost. Temeljem dobivenih vrijednosti hidrolitičke kiselosti tla i neutralizacijske vrijednosti (NV) primijenjenih materijala preporučene su doze za kalcizaciju. Utvrđene doze za kalcizaciju bile su vrlo visoke pa su pokusne parcele podijeljene na dva dijela gdje je na jedan dio parcele primijenjena puna doza potrebna za neutralizaciju suvišne kiselosti, a na drugi dio pola doze (Ivezić i sur., 2018.).

Tablica 3. Primjenjene doze kalcizacijskih materijala (Ivezić i sur., 2018.)

Kondicioneri	**Zgone**		**Beljevine**	
	Puna doza (t/ha)	**Pola doze (t/ha)**	**Puna doza (t/ha)**	**Pola doze (t/ha)**
Troska	20,0	10,0	15,0	7,5
Pepeo	20,0	10,0	15,0	7,5
Filtarska prašina	17,5	8,5	12,5	6,0
Karbokalk	30,0	15,0	22,5	10,0

Kalcizacijski materijali bili su aplicirani početkom ožujka 2016., a sjetva lucerne obavljena je u proljeće (travanj 2016.). Kroz godinu i pol (4. 2016. - 9. 2017.) lucerna je bila uzorkovana u četiri otkosa:

1. otkos (lipanj 2016.)
2. otkos (rujan 2016.)
3. otkos (srpanj 2017.)
4. otkos (rujan 2017.)



Slika 11. Postavljanje pokusa
(Izvor: Ivezić i sur., 2018.)

3.7 Statistička obrada podataka

Statistička analiza utjecaja kalcizacijskih sredstava na pH reakciju tla i humus u tlu obrađena je primjenom analize varijance (ANOVA) uz Tukey metodu značajnih razlika. Korišteni su softverski paketi MS Excel i Minitab verzija 15 (2007. STATE COLLEGE, Pa, USA). Analiza varijance (ANOVA) je analitički model za testiranje značajnosti razlike.

4. REZULTATI

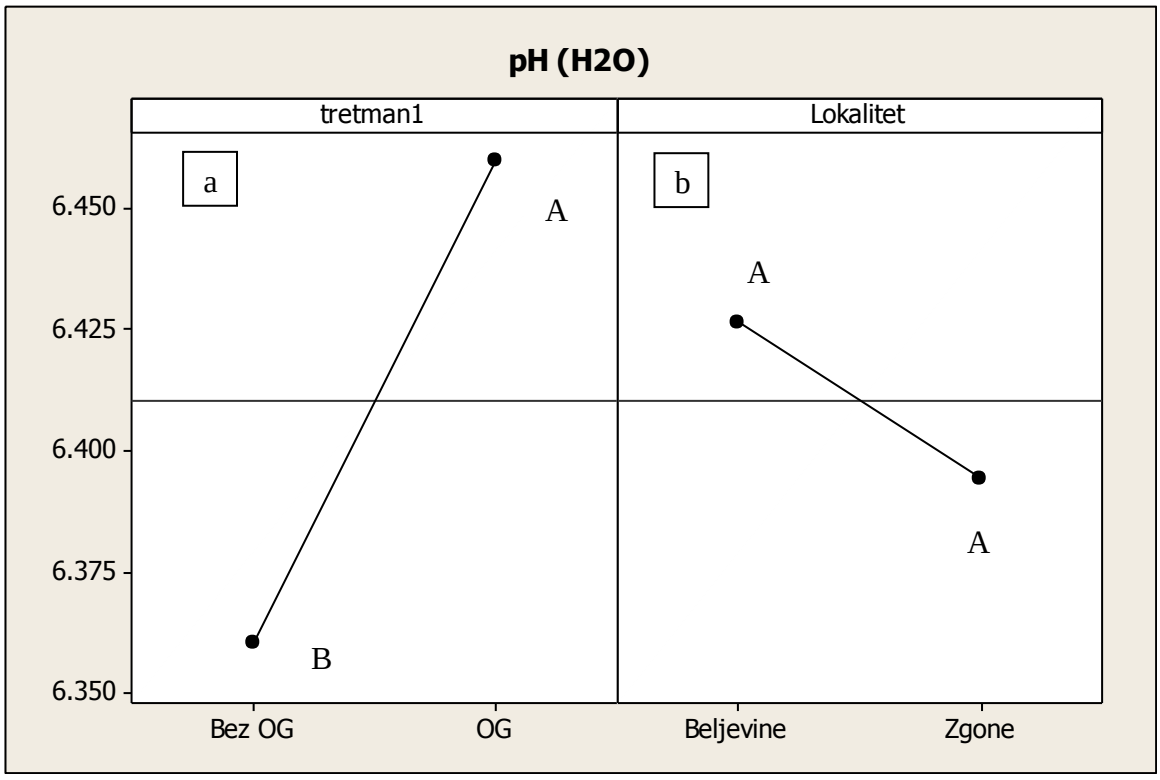
4.1 pH reakcija tla

Analiza utjecaja kalcizacijskjih materijala na pH reakciju tla je obuhvatila analizu podataka s obzirom na tretman 1 (primjena digestata), tretman 2 (korišteno kalcizacijsko sredstvo), lokalitet (Zgone i Beljevine) te otkos (1, 2, 3 i 4). Analiza varijance (ANOVA) je pokazala statistički značajne razlike u pH reakciji tla uslijed primjene organskog gnojiva tj. digestata iz proizvodnje bioplina ($p<0.05$) (graf 1.) te primjene kalcizacijskih sredstava (tretman 2) ($p<0.001$). Gdje se kao najbolji tretman pokazala primjena pune doze filtarske prašine, karbokalka i pepela koji su podigli pH reakciju na neutralne vrijednosti. Pola doze navedena tri materijala također su bili uspješni i statistički značajno više podigli pH vrijednosti u odnosu na bazičnu trosku i kontrolu no ipak statistički značajno slabije od pune doze tih istih materijala. Bazična troska je statistički značajno slabije podigla pH vrijednosti u odnosu na filtarski prašinu, karbokalk i pepeo, no ipak statistički značajno je podigla u odnosu na kontrolu (tablica 4.). Između otkosa i lokaliteta (graf 1.) nije bilo statistički značajne razlike u pH reakciji tla.

Tablica 4. Utjecaj kalcizacijskih materijala na pH reakciju tla

Tretman 2	n	pH (H_2O)	
Filtarska prašina 2	48	7.16	A
Pepel 2	48	7.07	A
Karbokalk 2	48	6.90	A
Karbokalk 1	48	6.45	B
Pepel 1	48	6.43	B
Filtarska prašina 1	48	6.40	B
Bazična troska 1	48	5.88	C
Bazična troska 2	48	5.87	C
KONTROLA	48	5.52	D

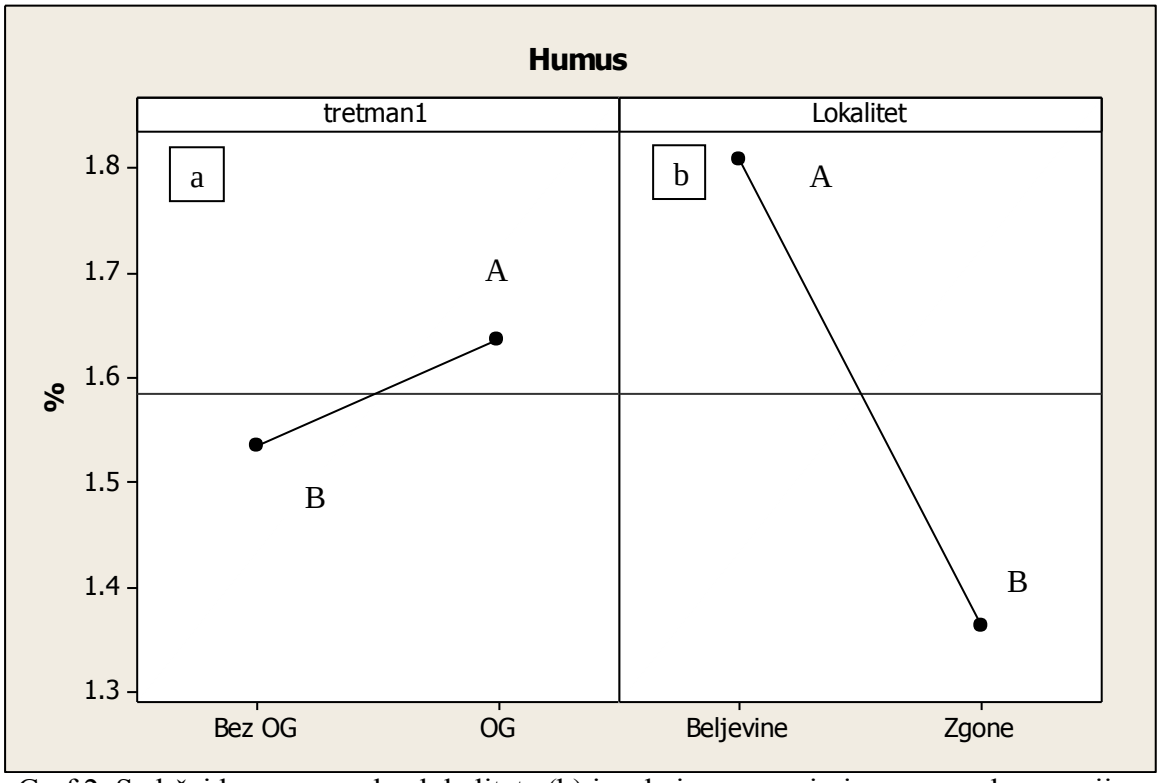
BT – bazična troska, Ctrl – kontrola, FP – filtarska prašina, Karb – karbokalk, Pep – pepeo; 1 – pola doze; 2 – puna doza; Slova A i B označavaju statistički značajne razlike ($p<0.001$)



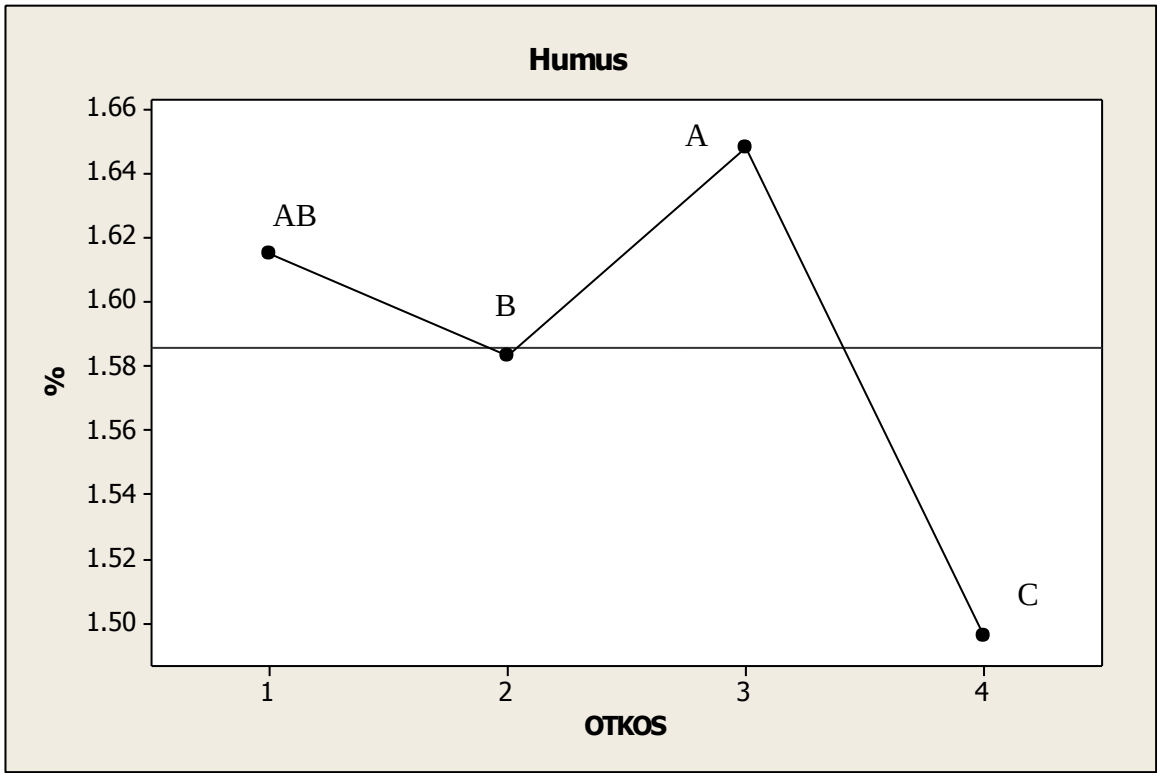
Graf 1. pH reakcija tla, mjerena kroz sva 4 otkosa na dva lokaliteta (b) i s obzirom na primjenu organskog gnojiva (digestata) (a). Slova A i B označavaju statistički značajne razlike ($p<0.001$)

4.2 Humus

Analiza utjecaja kalcizacijskjih materijala na sadržaj humusa je obuhvatila analizu podataka s obzirom na tretman 1 (primjena digestata), tretman 2 (korišteno kalcizacijsko sredstvo), lokalitet (Zgone i Beljevine) te otkos (1, 2, 3 i 4). Analiza varijance (ANOVA) je pokazala statistički značajne vrijednosti sadržaja humusa između lokaliteta ($p<0.001$), primjene organskog gnojiva – digestat iz proizvodnje bioplina tj. tretmana 1 ($p<0.001$) (graf 2) i otkosa ($p<0.001$) (graf 3). No, nije bilo statistički značajne razlike između tretmana 2 tj. primijenjenih kalcizacijskih sredstava**.**



Graf 2. Sadržaj humusa na dva lokaliteta (b) i s obzirom na primjenu organskog gnojiva (digestata) (a). Slova A i B označavaju statistički značajne razlike ($p<0.001$)

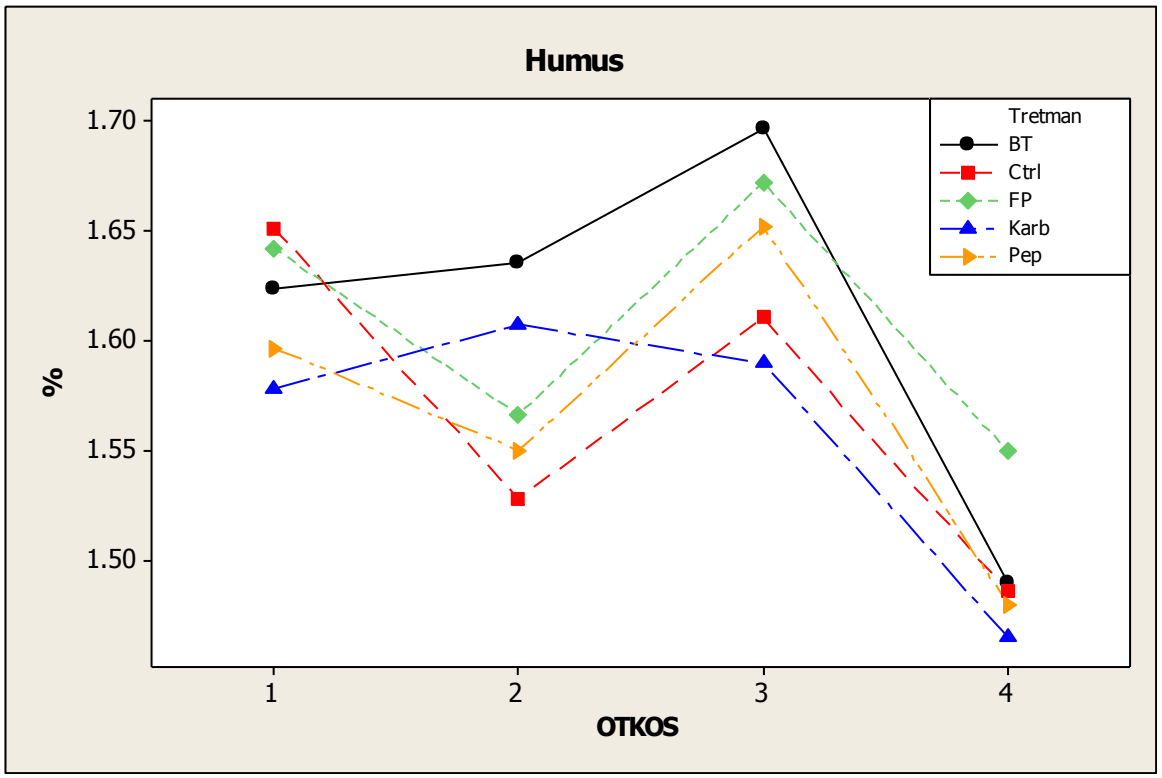


Graf 3. Sadržaj humusa kroz otkose. Slova A i B označavaju statistički značajne razlike ($p<0.001$)

S obzirom da nas je zanimao utjecaj svakog pojedinog kalcizacijskog materijala provedena je detaljna analiza po materijalima koja je pokazala da su statistički značajne razlike između lokaliteta postojale za sve kalcizacijske materijale, kroz otkose statistička značajnost nije bila vidljiva za kontrolu i tretman filtarskom prašinom dok primjena organskog gnojiva tj. digestata iz proizvodnje bioplina nije imala utjecaj na kontrolnim parcelama (tablica 5, graf 4).

Tablica 5. Utjecaj kalcizacijskih materijala na humus s obzirom na otkos, lokalitet i primjenu digestata iz proizvodnje bioplina

	Otkos	**Lokalitet**	**Sa ili bez OG**
Kontrola	ns	p<0.001	ns
Filtarska prašina	ns	p<0.001	p<0.001
Bazična troska	p<0.001	p<0.001	p<0.01
Karbokalk	p<0.05	p<0.001	p<0.05
Pepel	p<0.01	p<0.001	p<0.05



Graf 4. Sadržaj humusa kroz otkose po tretmanima; BT – bazična troska, Ctrl – kontrola, FP – filtarska prašina, Karb – karbokalk, Pep – pepeo

5. RASPRAVA

Početno stanje tla prije primjene digestata i kalcizacijskog sredstva ukazuje na kiselije tlo u Zgonama, nego u Beljevinama. Kao najbolji tretman pokazala se primjena pune doze filtarske prašine, karbokalka i pepela (pH reakcija tla do neutralne vrijednosti). Najslabiju sposobnost neutralizacije pH vrijednosti tla je pokazala bazična troska koja je statistički značajno slabije podigla pH vrijednost u odnosu na druge kalcizacijske materijale. Dakle, u početku je postojala razlika između dva lokaliteta, no nakon primijenjenih adekvatnih doza kalcizacijskog materijala za svaki lokalitet više nije bilo statistički značajne razlike. Na oba lokaliteta pH reakcija tla je bila približna neutralnoj. Detaljna analiza pH vrijednosti tla je pokazala da kroz dvije godine nije bilo promjene u pH reakciji tla kroz četiri otkosa za svako pojedino sredstvo, dakle primijenjeni kalcizacijski materijali su održavali neutralnu pH reakciju tijekom godinu i pol promatranja. Kalcizacijska sredstva održavaju pH vrijednost tla blizu neutralne čak i kroz nekoliko godina nakon zadnje primjene pa prema istraživanju Carmeis i sur. (2017.) primjena 4 t/ha vapna je poboljšala kemijska svojstva tla četiri godine nakon kalcizacije. Mesić i sur. (2009.) tvrde kako učinci kalcizacije traju 5- 10 godina, a nekad i duže.

Analiza varijance (ANOVA) je pokazala statistički značajne vrijednosti sadržaja humusa između lokaliteta, primjene organskog gnojiva (digestata) i otkosa. No, nije bilo statistički značajne razlike između primijenjenih kalcizacijskih sredstava. Dakle, možemo reći da su sva četiri istraživana kalcizacijska materijala jednako djelovala na sadržaj humusa u tlu. No s obzirom da je analiza varijance pokazala da postoje razlike kroz četiri otkosa detaljnija analiza promjene kroz otkose za svaki pojedini kalcizacijski materijal je pokazala da je došlo do opadanja humusa na parcelama tretiranim karbokalkom, pepelom i bazičnom troskom dok su kontrolna parcela i tretman filtarskom prašinom održali sadržaj humusa na početnim vrijednostima. Na kontrolnoj parceli je ostala niska pH reakcija tla pa nije došlo do povećanja mikrobiološke aktivnosti i ubrzane razgradnje humusa. Na kalciziranim tlima kalcizacija je poboljšala uvijete u tlu i omogućila bolje prinose, dakle s jedne strane kalcizacija negativno utječe na humus povećanom mikrobiološkom aktivnošću i razgradnjom humusa, no s druge strane potiče bolji rast i veću biomasu čime se stvara više humusa (Paradelo i sur., 2015) što bi moglo biti objašnjenje zašto je tretman filtarskom prašinom održao sadržaj humusa na početnim vrijednostima, tj. povećana biomasa je rezultirala i održavanjem humusa.

Između lokaliteta bilo je statistički značajne razlike u humusu za sve korištene kalcizacijske materijale. Razlog tome je veći početni sadržaj humusa na lokalitetu Beljevine u odnosu na lokalitet Zgone.

U istraživanju se kao organsko gnojivo koristio digestat iz proizvodnje bioplina. Primjena digestata ublažila je utjecaj kalcizacije na opadanje humusa kao što su i ranije primijetili drugi autori (Šimek, 2009). Tlo gnojeno digestatom iz proizvodnje bioplina imalo je višu pH vrijednost u odnosu na tlo u kojem digestat nije bio apliciran. Iako neka organska gnojiva poput gnojevke mogu zakiseljavati tlo, digestat je izuzetni materijal za otklanjanje suvišne kiselosti tla, a prema analizi tvrtke Energija bioplina d.o.o. (2018.) ima pH vrijednost 9,83 što znači da je lužnat i kao takav otklanja suvišnu kiselost tla. Isto tako, sadržaj humusa je bio veći u tlu gnojenom digestatom zato što je digestat prema Mihić i sur. (2012.) gnojivo visoke kvalitete, bogato dušikom, fosforom, kalijem i mikronutrijentima. Zbog visoke koncentracije humusa (70%) obogaćuje tlo (Energija bioplina, 2018.). Digestat se pokazao dobrim izborom, a prema Ivezić i sur. (2018.) zbog svoje homogenosti prodirao je bolje i brže u tlo pa se zbog toga može koristiti kao osnovno ili dopunsko gnojivo tijekom vegetacije. Zanimljiv je podatak kako digestat nije statistički značajno podigao sadržaj humusa u kontrolnom tlu. Kontrolno tlo s digestatom je imalo više vrijednosti humusa koje su bile blizu granice statističke značajnosti, no ipak ne i statistički značajno više.

6. ZAKLJUČAK

U istraživanju provedenom kroz dvije godine na dva lokaliteta (Beljevine i Zgone) i s četiri otkosa korišten je digestat kao organsko gnojivo te karbokalk, filtarska prašina, drveni pepeo i bazična troska kao kalcizacijska sredstva. Kao test kultura koristila se lucerna *Medicago sativa L.* koja je vrlo osjetljiva na kisela tla. Prije primjene digestata i kalcizacijskih sredstava lokalitet Zgone imao je kiselije tlo od lokaliteta Beljevine.

Rezultati analize tla kroz dvije godine pokazali su:

- Svi istraživani kalcizacijski materijali su pozitivno utjecali na smanjenje kiselosti tla, tj. uspješno su podigli pH vrijednosti na neutralne vrijednosti
- Kalcizacijski materijali su nakon određenog vremena utjecali na opadanje humusa u tlu (s izuzetkom tretmana filtarskom prašinom)
- Primjena digestata pozitivno je djelovala na sadržaj humusa u tlu

Primjena kalcizacijskih sredstava podigla je pH u H_2O s inicijalnih 5.5 (prosjek oba lokaliteta) na 7 (puna doza filtarske prašine, pepela i karbokalka), 6.4 (pola doze filtarske prašine, pepela i karbokalka) i 5.8 primjenom pune i pola doze bazične troske. Bazična troska pokazala se kao najslabije sredstvo za neutralizaciju kiselosti iako se i u slučaju bazične troske vidi statistička značajnost u odnosu na kontrolu. Utvrđeno je kako je filtarska prašina najbolja, iako nije bila statistički značajna u odnosu na pepeo i karbokalk. Sva kalcizacijska sredstva su održavala konstantnu pH reakciju tla kroz sva četiri otkosa.

U tlu u kojem nije bio apliciran digestat sadržaj humusa bio je 1.53%, dok je u tlu u kojemu je digestat bio apliciran 1.63%. To znači da je digestat povoljno djelovao na sadržaj humusa u tlu. Na lokalitetu Beljevine utvrđen je veći sadržaj humusa (1.8%) u odnosu na lokalitet Zgone (1.4%), a razlog tome je što je početni sadržaj humusa bio veći na lokalitetu Beljevine (početni sadržaj humusa: Beljevine 1.9%, Zgone 1.4%). Digestat nije statistički značajno utjecao na sadržaj humusa u kontrolnom tlu. Postotak humusa u kontrolnom tlu je bio veći nakon primjene digestata, ali ne statistički značajno.

Potrebna su daljnja istraživanja kako bi se utvrdilo koliko dugo pojedino sredstvo može održavati postignutu neutralnu pH reakciju tla te kako će to s vremenom utjecati na humus.

7. LITERATURA

Bašić, F., Herceg, N. (2010.): Temelji uzgoja bilja, Sveučilište u Mostaru, Mostar, 277 – 293.

Caires, E. F., Barth, G., Garbuio, F. J. (2006.): Lime application in the establishment of a no-till system for grain crop production in Southern Brazil, Soil Tillage Research, 89 (1):3-12.

Carmeis, A. C. A., Crusciol, C. A. C., Castilhos, A. M. (2017): Liming demand and plant growth improvements for an Oxisol under long-term no-till cropping. Journal of agricultural science, 155 (7): 1093-1112.

Chan, K. Y., HEENAN, D. P. (1999.): Lime – induced loss of soil organic carbon and effect on aggregate stability, Soil Science Society of America Journal, 63 (6):1841-1844.

Costa, M. C. G. (2012.): Soil and crop responses to lime and fertilizers in a fire-free land use system for smallholdings in the northern Brazilian Amazon. Soil Tillage Research, 121, 27-37.

Energija bioplina, Zamjena umjetnih gnojiva digestatom, 4.7. 2018. http://bioplinara.com/hr/energija-bioplina-d-o-o-2/

Gugić, J., Duvančić, M., Šuste, M., Grgić, I., Didak, S. (2014.): Proizvodnja i potrošnja gnojiva u Republici Hrvatskoj, Agroeconomia Croatica, 4 (1) 32-39.

Ivezić, V., Popović, B., Lončarić, Z., Engler, M., Teklić, T., Lončarić, R. (2018.): Utvrđivanje učinkovitosti novih karbonatnih i silikatnih materijala za kalcizaciju u vegetacijskim pokusima, VIP projekt 2015.-2017., Ministarstvo poljoprivrede Republike Hrvatske, Osijek.

Jelić, S., Gašpar, J., Crnojević, H., Glavaš, K., Radić Brkanac, S., Pevalek-Kozlina, B. (2010.): Djelovanje troske na rast i fiziološke procese kukuruza (*Zea mays L.*), Knjiga sažetaka - 3. Hrvatski botanički kongres, Školska knjiga d.o.o., Zagreb, 102-103.

Jug, D., Kalcizacija tla, znanstveno popularni članak, 4.7.2018. http://ljesnjak.pfos.hr/~jdanijel/radovi.htm

Karalić, K., (2010.): Utvrđivanje potrebe u kalcizaciji i utjecaj kalcizacije na status hraniva u tlu, Poljoprivredni fakultet Sveučilišta Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku, Osijek, 16 (1),77.

Karalić, K. (2015.): Kondicioneri (poboljšivači) tala. U: Lončarić, Z. (ur.), Mineralna gnojiva i gnojidba ratarskih kultura, Poljoprivredni fakultet Sveučilišta Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku, Osijek, 83 – 96.

Kovačević, V., Rastija, D., Sudar, R., Iljkić, D. (2012.): Učinak kalcizacije karbokalkom na tlo, prinos i kvalitetu zrna kukuruza, Glasnik zaštite bilja, 54 – 60.

Lončarić, Z., (2015.): Kiselost tla i potreba kalcizacije. U: Lončarić, Z. (ur.) Kalcizacija tala u pograničnome području, Poljoprivredni fakultet Sveučilišta Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku, Osijek, 18 – 27.

Lončarić, Z. (2009.): Određivanje sadržaja humusa u tlu bikromatnom metodom, Program vježbi iz kolegija Analize tla i gnojiva – Praktikum za studente, Poljoprivredni fakultet Sveučilišta Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku, Osijek.

Lončarić, Z. (2015.): Sredstva za kalcizaciju. U: Lončarić, Z. (ur.) Kalcizacija tala u pograničnome području, Poljoprivredni fakultet Sveučilišta Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku, Osijek, 28 – 39.

Matošević I. (2017.): Efikasnost primjene čelične šljake u regulaciji plodnosti kiselih tala, Diplomski rad, Agronomski fakultet Sveučilišta u Zagrebu, Zagreb.

Mesić, M., Husnjak, S., Bašić, F., Kesić, I., Gašpar, I. (2009.): Suvišna kiselost tla kao negativni čimbenik razvitka poljoprivrede u Hrvatskoj, Zbornik radova 44. hrvatskog i 4. međunarodnog simpozija agronoma, Poljoprivredni fakultet Sveučilišta Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku, Osijek, 9-18.

Mihić, Đ., Kralik, D., Popović, B., Taslidžić, T., Jovičić, D. (2012.): Primjena postfermentiranog supstrata u proizvodnji kvalitetne i sigurne hrane, Zbornik radova 2. savjetovanja "Okolišno prihvatljiva proizvodnja kvalitetne i sigurne hrane", Poljoprivredni fakultet Sveučilišta Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku, Osijek.

Muñoz, C., Torres, P., Alvear, M., Zagal, E. (2013.): Physical protection of C and greenhouse gas emissions provided by soil macroaggregates from a Chilean cultivated volcanic soil, Acta Agriculturae Scandinavica, Sector B 62, 739–748.

Paradelo, R., Virto, I., Chenu, C. (2015.): Net effect of liming on soil organic carbon stocks- a review, Agriculture, Ecosystems and Environment, 202, 98–107.

Rastija, R., Lončarić, Z., Škripek, Ž., Japundžić-Palenkić, B., Varoščić, A. (2009.): Utjecaj kalcizacije i gnojidbe na promjene kemijskih svojstava tla i prinos kukuruza, Zbornik radova 44. hrvatskog i 4. međunarodnog simpozija agronoma, Poljoprivredni fakultet Sveučilišta Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku, Osijek, 83 – 88.

Šimek, R. (2009.): Utjecaj kalcizacije na kemijska svojstva tla, Diplomski rad, Poljoprivredni fakultet Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku, Osijek, 14-19.

Vukadinović, V., Vukadinović, V., Tlo i biljka, Prednosti i nedostaci mineralnih i organskih gnojiva, 30.6.2018. http://tlo-i-biljka.eu/gnojidba/Gnojiva_min_org.pdf

Vukadinović, V., Lončarić, Z. (1998.): Ishrana bilja, Poljoprivredni fakultet Sveučilišta Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku, Osijek, 8 – 47.

8. SAŽETAK

Kalcizacija je postupak unošenja u tlo materijala bogatih kalcijem i/ili magnezijem s ciljem podizanja pH vrijednosti tla. Sve češće se koriste i materijali koji su nusproizvod iz industrijskih postrojenja, a imaju kalcizacijska svojstva s ciljem smanjenja kiselosti tla te popravljanjem njegovih kemijskih, fizikalnih i bioloških svojstava. Sadržaj humusa u tlu je pod indirektnim utjecajem kalcizacije. Cilj istraživanja je bio istražiti utjecaj primjene kalcizacijskih sredstava i digestata iz proizvodnje bioplina na sadržaj humusa u tlu. Istraživanje je provedeno kroz dvije godine na dva lokaliteta (Beljevine i Zgone) i s četiri otkosa kulture lucerne koja je izrazito osjetljiva na kisela tla. Korišten je digestat kao organsko gnojivo te karbokalk, filtarska prašina, drveni pepeo i bazična troska kao kalcizacijska sredstva. Primjena kalcizacijskih sredstava statistički je značajno utjecala na smanjenje kiselosti tla, tj. povisila je pH reakciju tla u vodi gdje je s inicijalnih 5.5 (prosjek oba lokaliteta) pH tla podignut na 7 (puna doza filtarske prašine, pepela i karbokalka), na 6,4 (pola doze filtarske prašine, pepela i karbokalka) te na 5,8 primjenom pune i pola doze bazične troske. Bazična troska pokazala se kao najslabije sredstvo za neutralizaciju kiselosti iako se i u slučaju bazične troske vidi statistička značajnost u odnosu na kontrolu. Filtarska prašina pokazala se najbolja, no nije bila statistički značajna u odnosu na pepeo i karbokalk. Kroz otkose nije primijećeno opadanje pH vrijednosti, dakle sva tri sredstva su održavala konstantnu pH reakciju tla kroz sva četiri otkosa tijekom promatranog razdoblja od godine i pol.

S obzirom na sadržaj humusa u tlu kroz četiri otkosa tretmani pepelom, karbokalkom i bazičnom troskom su pokazali statistički značajno opadanje humusa u tlu dok je tretman filtarskom prašinom, kao i kontrolni tretman, održao razinu sadržaja humusa. Samim time možemo reći da je filtarska prašina najbolje sredstvo jer podiže pH a ne dolazi do opadanja humusa.

9. SUMMARY

Lime application is a process of introducing materials rich with calcium and/or magnesium in order to raise the soil pH value. Recently, by-products from industrial plants are increasingly used as lime materials, in order to repair its chemical, physical and biological properties. The organic matter content in the soil is under the indirect influence of lime application. The aim of this research was to investigate the impact of lime materials and and organic digestates from biogas production on organic matter content in the soil. The research was carried out over two years at two sites (Beljevine and Zgone) and four cuts of alfalfa, which was used as test culture as it is highly susceptible to acidic soils. Digestate was used as an organic fertilizer and lime from sugar factory, filter dust, wood ash, and slag from iron factory as a liming materials. The use of lime materials has statistically significantly influenced the increase of soil pH in water solution, where from the initial 5.5 (average of both sites) soil pH was raised to 7 (full dose of filter dust, wood ash and sugar factory lime) and to 6.4 (half-dose of filter dust, wood ash and sugar factory lime) while slag raised it to 5.8 using full and half dose of slag. Iron steel factory slag has been shown to be the weakest acid neutralization material, although it has shown statistically significant improvement compared to the control. Filter dust showed to be the best although it was not statistically significant with respect to ash and sugar factory lime. No decrease in the pH value was observed through the four cuts, so all three materials maintained a constant soil pH reaction through all four cuts during the observed period of one year and a half.

Considering the content of organic matter in the soil through four cuts treatment with wood ash, sugar factory lime and slag showed a statistically significant decrease in organic matter content in the soil while filter dust treatment as well as control treatment maintained the organic matter content level. In conclusion we can say that filter dust is the best lime material as it raises pH and does not decrease organic matter content.

10. POPIS TABLICA

Broj tablice	Naziv tablice	Broj stranice
1	Početno stanje istraživanih lokaliteta	8
2	Kakvoća tla s obzirom na koncentraciju humusa	12
3	Primjenjene doze kalcizacijskih materijala	17
4	Utjecaj kalcizacijskih materijala na pH reakciju tla	19
5	Utjecaj kalcizacijskih materijala na humus s obzirom na otkos, lokalitet i primjenu digestata iz proizvodnje bioplina	22

11. POPIS SLIKA

Broj slike	Naziv slike	Broj stranice
1	Lokaliteti Beljevine i Zgone	8
2	Sheme pokusa; organsko gnojivo – digestat iz proizvodnje bioplina	10
3	Shema pokusa - Beljevine; organsko gnojivo – digestat iz proizvodnje bioplina	10
4	Prosijavanje uzorka	12
5	Vaganje 0.5 g uzorka tla (A) i stavljanje u laboratorijsku čašicu (B)	13
6	Otopina kalij bikromata u 0.5 g uzorka tla (A) i homogeniziran kalij bikromat sa sumpornom kiselinom i 0.5 g uzorka tla (B)	14
8	Promućkani standardi i uzorci u odmjernim tikvicama od 100 ml	14
9	Otopine u kivetama za centrifugiranje	15
10	Kivete s otopinama u centrifugi	15
12	Kalcizacijski materijali i njihove neutralizacijske vrijednosti	16
13	Postavljanje pokusa	18

12. POPIS GRAFIKONA

Broj grafikona	Naziv grafikona	Broj stranice
1	pH reakcija tla, mjerena kroz sva 4 otkosa na dva lokaliteta i s obzirom na primjenu organskog gnojiva (digestata)	20
2	Sadržaj humusa na dva lokaliteta i s obzirom na primjenu organskog gnojiva (digestata)	21
3	Sadržaj humusa kroz otkose	21
4	Sadržaj humusa kroz otkose po tretmanima	22

TEMELJNA DOKUMENTACIJSKA KARTICA

Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku **Diplomski rad**

Poljoprivredni fakultet u Osijeku

Sveučilišni diplomski studij, smjer Ekološka poljoprivreda

UTJECAJ KALCIZACIJE I PRIMJENE DIGESTATA IZ PROIZVODNJE BIOPLINA NA SADRŽAJ HUMUSA U TLU

Katarina Perić

Sažetak

Kalcizacija je postupak unošenja u tlo materijala bogatih kalcijem i/ili magnezijem s ciljem podizanja pH vrijednosti tla. Cilj istraživanja je bio istražiti utjecaj primjene kalcizacijskih sredstava i digestata iz proizvodnje bioplina na sadržaj humusa u tlu. Istraživanje je provedeno kroz dvije godine na dva lokaliteta (Beljevine i Zgone) i s četiri otkosa kulture lucerne koja je izrazito osjetljiva na kisela tla. Korišten je digestat kao organsko gnojivo te karbokalk, filtarska prašina, drveni pepeo i bazična troska kao kalcizacijska sredstva. Bazična troska pokazala se kao najslabije, a filtarska prašina kao najbolje sredstvo za neutralizaciju kiselosti. S obzirom na sadržaj humusa u tlu kroz četiri otkosa tretmani pepelom, karbokalkom i bazičnom troskom su pokazali statistički značajno opadanje humusa u tlu dok je tretman filtarskom prašinom, kao i kontrolni tretman, održao razinu sadržaja humusa. Samim time možemo reći da je filtarska prašina najbolje sredstvo jer podiže pH, a ne dolazi do opadanja humusa.

Rad je izrađen pri: Poljoprivredni fakultet u Osijeku

Mentor: doc.dr.sc. Vladimir Ivezić

Broj stranica: 35

Broj slika: 11

Broj tablica: 5

Broj grafikona: 4

Broj literaturnih navoda: 25

Jezik izvornika: Hrvatski

Ključne riječi: kalcizacija, pH reakcija tla, humus

Datum obrane:

Stručno povjerenstvo za obranu:

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

Rad je pohranjen u: Knjižnica Poljoprivrednog fakulteta u Osijeku, Sveučilište u Osijeku, Kralja petra Svačića 1d.

BASIC DOCUMENTATION CARD

Josip Juraj Strossmayer University of Osijek **Graduate thesis**

Faculty of Agriculture

University Graduate Studies, Organic agriculture

EFFECT OF LIME APPLICATION AND USE OF BIOGAS DIGESTATES ON CONTENT OF SOIL ORGANIC CARBON

Katarina Perić

Abstract

Lime application is a process of introducing materials rich with calcium and/or magnesium in order to raise the soil pH value. The aim of this research was to investigate the impact of lime materials and and organic digestates from biogas production on organic matter content in the soil. The research was carried out over two years at two sites (Beljevine and Zgone) and four cuts of alfalfa, which was used as test culture as it is highly susceptible to acidic soils. Digestate was used as an organic fertilizer and lime from sugar factory, filter dust, wood ash, and slag from iron factory as a liming materials. Iron steel factory slag has been shown to be the weakest acid neutralization material. Filter dust showed to be the best although it was not statistically significant with respect to ash and sugar factory lime. In conclusion we can say that filter dust is the best lime material as it raises pH and does not decrease organic matter content.

Thesis performed at: Faculty of Agriculture in Osijek

Mentor: Ph.D. Vladimir Ivezić

Number of pages: 35

Number of figures: 11

Number of tables: 5

Number of graphicons: 4

Number of references: 25

Original in: Croatian

Key words: liming, pH value, organic matter

Thesis defended on date:

Reviewers:

1. Ph.D. Zdenko Lončarić, president
2. Ph.D. Vladimir Ivezić, mentor
2. Ph.D. Brigita Popović, member

Thesis deposited at: Library, Faculty of Agriculture in Osijek, Josip Juraj Strossmayer University of Osijek, Kralja Petra Svačića 1d.