

Peti naučno-stručni skup sa međunarodnim učešćem "5. juni - Svjetski dan zaštite okoliša"



UPOTREBA ČELIČANSKE ELEKTROPEĆNE TROSKE KAO DODATAK U ISHRANI BILJA

Ivan Brnardić¹, Milan Poljak², Boris Lazarević², Tahir Sofilić¹, Tea Čavrak¹

¹Sveučilište u Zagrebu, Metalurški fakultet, Aleja narodnih heroja 3, 44010 Sisak, Hrvatska
brnardic@simet.hr, sofilic@simet.hr

²Sveučilište u Zagrebu, Agronomski fakultet, Svetošimunska cesta 25, 10000 Zagreb, Hrvatska
mpoljak@agr.hr, blazarevic@agro.hr

Ključne riječi: crna troska, otpad, dodatak ishrani, kukuruz (*Zea mays* L.)

SAŽETAK:

U današnje vrijeme eksponencijalnog rasta korištenja prirodnih resursa, uporaba otpada vodi poboljšanju stanja okoliša te istovremeno može biti i okidač ekonomskog rasta. Europa 2020, specifično, Europska strategija za pametan, održiv i uključiv rast, temelji se na okretanju prema kružnoj ekonomiji koja može osigurati postizanje učinkovitosti korištenja svih prirodnih resursa.

Ovome može značajnije doprinijeti učinkovitije gospodarenje otpadom pri čemu se prije svega misli na njegovo bezdeponijsko zbrinjavanje odnosno racionalnije iskorištavanje proizvodnih ostataka, a posebice njihov transfer iz kategorije otpada u kategoriju nusproizvoda. Kako se ovo odnosi na sve industrijske grane, tako je i u metalurgiji, prisutan problem neopravdanog razvrstavanja, po količini najzastupljenijeg proizvodnog ostatka – troske, u otpad umjesto u nusproizvod. Iz ovog razloga, bez obzira na činjenicu da se metalurgija ubraja na najstarije zanate ljudskog roda, još uvijek se provode intenzivna istraživanja primjene metalurške troske u drugim granama industrije i ostalih ljudskih djelatnosti.

*S obzirom na kemijski sastav troske i njezin relativno visok sadržaj kalcija i magnezija, istraživanja su se provodila na distrično smeđem kiselom tlu uzetog s područja Like u blizini mjesta Smiljan. Biljke su uzgajane u loncima napunjenim sa 2 kg tla bez i sa dodatkom troske. Istraživanje utjecaja troske provedeno je u kontroliranim uvjetima kroz 5 tjedana. Količina troske određena je na temelju rezultata prethodno provedenih istraživanja i primjenjena je u dozi 0, 0,5, 1,0, 3,0, 6,0 i 9,0 g kg⁻¹ tla. U ovom radu ispitan je utjecaj čeličanske, tzv. crne troske na rast kukuruza (*Zea mays* L.) i usvajanje hranjiva. Dobiveni rezultati ukazuju na pozitivan utjecaj troske na neke pokazatelje rasta i usvajanje N, P₂O₅, K₂O, Ca i Mg.*

Peti naučno-stručni skup sa međunarodnim učešćem "5. juni - Svjetski dan zaštite okoliša"

1. UVOD

U vrijeme buđenja čovjekove svijesti o njegovu utjecaju na okoliš te kretanja čovječanstva ka održivom razvoju dolazi do sve veće primjene industrijske ekologije u svakom djelu ljudske aktivnosti. Industrijska ekologija, kao glavna komponenta održivog razvoja oponaša prirodne ekosustave, tj. vodi se načelom da otpad ne postoji jer je on sirovina za proizvodnju u drugoj industriji. Nadalje, kao nacionalni prioritet hrvatske strategije zaštite okoliša gospodarenja otpadom određen je bezdeponijski koncept [1] te da bi se to postiglo sve više se provode istraživanja s ciljem iskorištavanja svih proizvodnih ostataka. U procesima proizvodnje čelika elektropećnim postupkom značajno mjesto s obzirom na količinu zauzimaju metalurške troske i to *crna* troska iz elektropeći koja se u RH legislativi vodi kao otpad.

Kroz dosadašnja istraživanja istražene su mogućnosti zamjene mineralnih agregata s troskom za primjenu u cestogradnji te graditeljstvu [2, 3, 4]. Nažalost frakcije veličina ispod 2 mm su se pokazale kao neodgovarajuće za navedenu primjenu te se otvorilo pitanje što učiniti. Jedna od ne novih ideja je primjena spomenute frakcije u poljoprivredi za poboljšanje tla te ishranu bilja. Na tu temu provedena su prethodna istraživanja [5, 6] u kojem su utvrđene fizikalno-kemijske karakteristike troske te njenog utjecaja na kiselu tla. Rezultati istraživanja su ukazala da se troska sastoji od 33,22 % CaO, 29,64 % Fe₂O₃, 13,09 % MgO, 10,86 % SiO₂, 6,18 % MnO, 1,66 % Al₂O₃, 0,06 % K₂O i 0,02 % Na₂O te da je prema *Pravilnika o zaštiti poljoprivrednog zemljišta od onečišćenja* [7] neopasan otpad i može se razvrstati u *anorganske poboljšivače tla*. Nadalje, do sada je utvrđeno da korištenjem troske u kiselom tlu dolazi do povećanja pH tla kao i povećanja količina Ca i Mg u tlu neophodnih za rast i razvoj biljaka [6]. Cilj ovog rada kao nastavak dosadašnjih istraživanja je istražiti utjecaj čeličanske, tzv. crne troske na rast kukuruza (*Zea mays* L.) kroz usvajanje hranjiva N, P₂O₅, K₂O, Ca i Mg.

2. EKSPERIMENTALNI DIO

2.1. Troska

Troska korištena u ovom radu je dobivena pri proizvodnji ugljičnog čelika elektropećnim postupkom u čeličani Sisak d.o.o. Izdvojena frakcija od 0-2 mm je primijenjena za istraživanje, a njena priprava, uzrokovanje te ispitivanje fizikalno-kemijskih svojstava je opisano u radovima provedenim u prethodnim istraživanjima [5, 6].

2.2. Tlo

Kiselu tlo korišteno u ovom radu za istraživanje utjecaja troske na rast bilja je uzeto u Lici, kod mjesta Smiljan, Republika Hrvatska. Tlo je izabrano na temelju dosadašnjih rezultata utjecaja troske na tlo [6] te je uzrokovanje tla provedeno uzimanjem ~ 100 kg sloja na dubini 0-25 cm. Uzorak tla je osušen na sobnoj temperaturi, homogeniziran te prosijan

Peti naučno-stručni skup sa međunarodnim učešćem "5. juni - Svjetski dan zaštite okoliša"

kroz 2 mm sito. Pripravljani su kompozitni uzorci tla od ~ 2 kg za punjenje lonaca korištenih za uzgoj kukuruza (*Zea mays* L.).

2.3. Provedba pokusa

Biljke su uzgajane u loncima volumena 2 dm³ napunjenim sa 2 kg tla bez i sa dodatkom troske. Pokus je postavljen po shemi potpune randomizacije u tri ponavljanja. Korištene doze troske su odabrane na temelju prethodno provedenih istraživanja [6] te su iznosile 0,5, 1, 3, 6, i 9 g kg⁻¹ tla što preračunato na tone po površini tla iznosi 1, 5, 3, 6, 9, 18 i 27 t ha⁻¹. U svaki lonac je posijano 5 sjemenki te nakon tjedan dana su uklonjene tri biljke s obzirom na njihova odstupanja u rastu. Uzgoj je proveden kroz 5 tjedana u komorama rasta pri kontroliranim uvjetima, fotoperiod dan:noć 16:8 sati, 25:20 °C, relativnoj vlažnosti zraka 75%, vlažnosti tla 70% poljskog vodnog kapaciteta i jačini svjetla 300 μmol/m² PAR (eng. *photosynthetically active radiation*). Praćen je utjecaj čeličanske troske na rast (visina i broj listova) i sadržaj N, P₂O₅, K₂O, Ca i Mg u kukuruzu te je uspoređen s rezultatima dobivenim za kukuruz uzgajanim u tlu bez dodatka troske.

Osušena biljka kukuruza na 105 °C je umrvljena i homogenizirana te su se uzorci biljnog materijala analizirali u Analitičkom laboratoriju Zavoda za ishranu bilja Sveučilišta u Zagrebu Agronomskog fakulteta prema sljedećim metodama:

1. Ukupni dušik (%/ST)
 - HRN ISO 11261:2004,
2. Ukupni fosfor (%/ST)
 - digestija koncentriranom HNO₃ i HClO₄ (ETHOS 1 MICROWAVE)
 - spektrofotometrija (EVOLUTION 60S UV-VISIBLE), AOAC, 1995,
3. Ukupni kalij (%/ST)
 - digestija koncentriranom HNO₃ i HClO₄ (ETHOS 1 MICROWAVE)
 - plamenfotometrija (JANWEY PFP 7), AOAC, 1995,
4. Ukupni kalcij i magnezij (%/ST)
 - digestija koncentriranom HNO₃ i HClO₄ (ETHOS 1 MICROWAVE)
 - atomska apsorpcijska spektrometrija (AAS SOLAR THERMO SCIENTIFIC), AOAC, 1995.

3. REZULTATI I DISKUSIJA

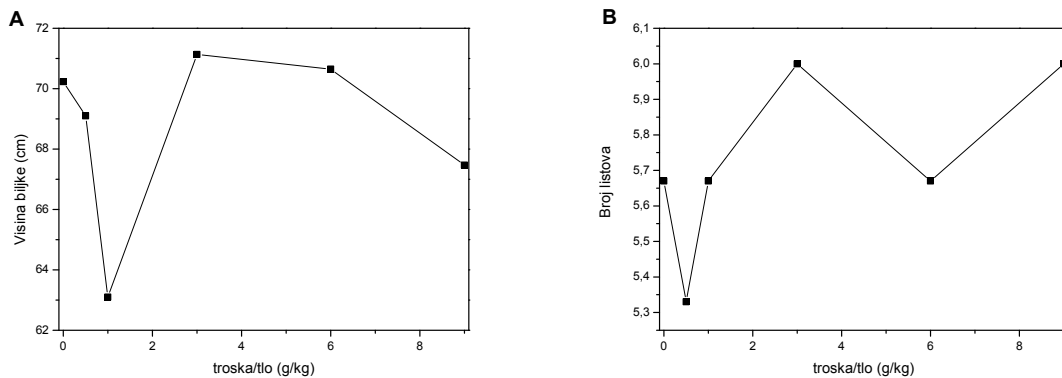
Na slici 1 su prikazane biljke kukuruza u komorama nakon 5 tjedana rasta u kontroliranim uvjetima rasta komorama rasta.

Peti naučno-stručni skup sa međunarodnim učešćem "5. juni - Svjetski dan zaštite okoliša"



Slika 1. Kukuruz u komorama

Prije samog vađenja biljaka iz lonaca biljkama je izmjerena visina i prebrojani su listovi te su rezultati prikazani na slici 2 A visina i 2 B broj listova.

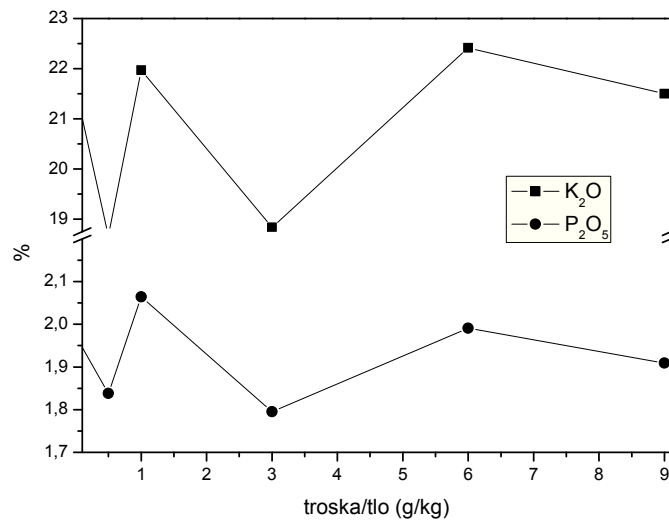


Slika 2. A) visina, B) broj listova

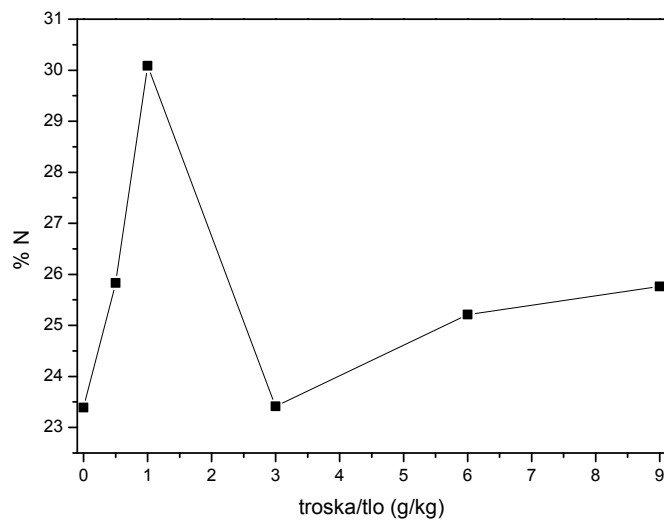
Iz rezultata rasta i broja listova je vidljivo da je kukuruz uzgojen pri koncentracije troske od 3 g kg^{-1} u tlu u odnosu s uzgojenim u ne tretiranom tlu najveći, dolazi do porasta s 70,23 na 71,13 cm i povećanje broja listova s 5,67 na 6. Međutim, mora se napomenuti da razlike u pokazateljima rasta nisu statistički signifikantne.

Nadalje, na slikama 3, 4 i 5 su prikazani rezultati usvajanja hranjiva u kukuruzu P_2O_5 i K_2O (slika 3), N (slika 4) te Ca i Mg (slika 5).

Peti naučno-stručni skup sa međunarodnim učešćem "5. juni - Svjetski dan zaštite okoliša"

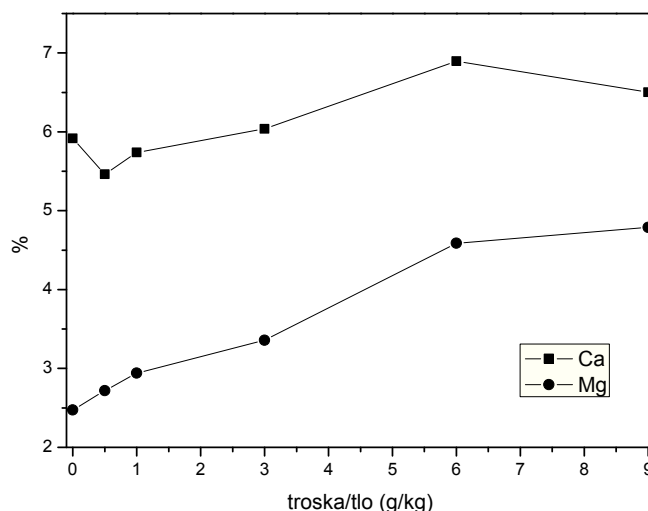


Slika 3. Utjecaj primijenjene količine troske na akumulaciju P i K u biljci kukuruza nakon 5 tjedana vegetacije



Slika 4. Utjecaj primijenjene količine troske na akumulaciju N u biljci kukuruza nakon 5 tjedana vegetacije

Peti naučno-stručni skup sa međunarodnim učešćem "5. juni - Svjetski dan zaštite okoliša"



Slika 5. Udio Ca i Mg u kukuruzu u ovisnosti o različitim masama troske u tlu

Vidljivo je iz rezultata (slika 3 i 4) da kod doze troske od 1 g kg^{-1} tla dolazi do prvog većeg skoka, odnosno do povećanja udjela usvajanja N, P_2O_5 i K_2O od 30,08, 2,06, 21,97 u usporedbi s rezultatima kada nije primjenjivana troska na tlo 23,39, 1,97 i 21,58. Kod navedene doze troske vrijednosti za N i P_2O_5 postižu svoj maksimum dok za K_2O maksimum usvajanja od 22,42 je zamijećen za dozu od $6,0\text{ g kg}^{-1}$ tla. Na slici 5 je uočeno da s porastom količine troske dolazi do rasta udjela Mg te da pri najvećoj dozi troske od 9 g kg^{-1} tla to povećanja iznosi 94%. Najveći porast udjela Ca je dobiven kod primjene troske od $6,0\text{ g kg}^{-1}$ te iznosi 6,89, što čini povećanje od 16% u odnosu na dobiveni udio od 5,92 za ne tretirano tlo. Poznato je da su sve navedene hranjive tvari u uskoj vezi s razvojem biljke što je u korelaciji s dobivenim rezultatima utjecaja troske na rast i broj listova kukuruza (*Zea mays* L.).

4. ZAKLJUČAK

Prethodnim istraživanjem je zaključeno da primjenom troske dolazi do povećanje pH poljoprivrednog kiselog tla i povećanja Ca i Mg u tlu koji su neophodni za rast biljaka te da se troska može svrstati u neopasni otpad. U ovom radu ispitan je utjecaj troske na pokazatelje rasta i usvajanje N, P_2O_5 , K_2O , Ca i Mg kod kukuruza (*Zea mays* L.) te je utvrđeno slijedeće:

- kod koncentracije troske od 3 g kg^{-1} u tlu kukuruz je najviši, uz napomenu da porast nije signifikantan, i ima veći broj listova u usporedbi s kukuruzom uzgojenim u ne tretiranom tlu,
- primijećeno je da kod doze troske od 1 g kg^{-1} tla dolazi do povećanja udjela usvajanja N, P_2O_5 i K_2O gdje vrijednosti za N i P_2O_5 postižu svoj maksimum, a maksimum usvajanja K_2O je primijećen kod doze troske od $6,0\text{ g kg}^{-1}$ tla,

Peti naučno-stručni skup sa međunarodnim učešćem "5. juni - Svjetski dan zaštite okoliša"

- s porastom količine troske dolazi do konstantnog rasta udjela Mg te najveće povećanje od 94% je dobiveno kod primjene troske od $9,0 \text{ g kg}^{-1}$ tla,
- najveći porast za Ca od 16% je dobiven pri dozi od 6 g kg^{-1} tla,
- rezultati za rast i broj listova kukuruza su u korelaciji s porastom količina hranjivih tvari prilikom primjene troske u tlu.

5. LITERATURA

- [1] Strategija o gospodarenju otpadom (NN 178/04).
- [2] Sofilić, T., Barišić, D., Sofilić, U. (2011), *Natural Radioactivity in Steel Slag Aggregate*, Archives of metallurgy and materials, 56, p 628-634.
- [3] Sofilić, T., Barišić, D., Rastovčan Mioč, A., Sofilić, U (2010), *Radionuclides in Steel Slag Intended for Road Construction*, Journal of Radioanalytical and Nuclear Chemistry, 284, p 73-77.
- [4] Sofilić, T., Merle, V., Rastovčan-Mioč, A., Ćosić, M., Sofilić, U. (2010) *Steel Slag Instead Natural Aggregate in Asphalt Mixture*, Archives of metallurgy and materials, 55, p 657-668.
- [5] Sofilić, T., Poljak, M., Brnardić, I., Lazarević, B., Rađenović, A. (2015), *Čeličanska troska kao poboljšivač tla i sredstvo za popravak kiselosti poljoprivrednog tla*, Treći naučno-stručni skup sa međunarodnim učešćem "5. juni - Svjetski dan zaštite okoliša", J. Ibrahimpašić, H. Makić, A. Bećiraj, A. Džaferović, M. Talić (ur.). Bihać, BiH: Univerzitet u Bihaću, Biotehnički fakultet, p 15-24.
- [6] Brnardić, I., Poljak, M., Sofilić T., Palčić, I., Lučić, D., Rađenović, A. (2016), *Istraživanje mogućnosti popravka kiselog poljoprivrednog tla čeličanskom troskom*, Četvrti naučno-stručni skup sa međunarodnim učešćem "5. juni - Svjetski dan zaštite okoliša", Bihać, BiH: Univerzitet u Bihaću, Biotehnički fakultet, u postupku objavljivanja.
- [7] *Pravilnik o zaštiti poljoprivrednog zemljišta od onečišćenja* (NN br. 9/14).