

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

I'm With Nature



## UPOTREBA ČELIČANSKE ELEKTROPEĆNE TROSKE KAO DODATAK U ISHRANI BILJA

Ivan Brnardić<sup>1</sup>, Milan Poljak<sup>2</sup>, Boris Lazarević<sup>2</sup>, Tahir Sofilić<sup>1</sup>, Tea Čavrak<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Sveučilište u Zagrebu, Metalurški fakultet, Aleja narodnih heroja 3, 44010 Sisak, Hrvatska  
[brnardic@simet.hr](mailto:brnardic@simet.hr), [sofilic@simet.hr](mailto:sofilic@simet.hr)

<sup>2</sup>Sveučilište u Zagrebu, Agronomski fakultet, Svetošimunska cesta 25, 10000 Zagreb, Hrvatska  
[mpoljak@agr.hr](mailto:mpoljak@agr.hr), [blazarevic@agro.hr](mailto: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<sup>-1</sup> 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, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, K<sub>2</sub>O, 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 % Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, 13,09 % MgO, 10,86 % SiO<sub>2</sub>, 6,18 % MnO, 1,66 % Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, 0,06 % K<sub>2</sub>O i 0,02 % Na<sub>2</sub>O 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, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, K<sub>2</sub>O, 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 dm<sup>3</sup> 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<sup>-1</sup> tla što preračunato na tone po površini tla iznosi 1, 5, 3, 6, 9, 18 i 27 t ha<sup>-1</sup>. 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/m<sup>2</sup> PAR (eng. *photosynthetically active radiation*). Praćen je utjecaj čeličanske troske na rast (visina i broj listova) i sadržaj N, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, K<sub>2</sub>O, 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 HNO<sub>3</sub> i HClO<sub>4</sub> (ETHOS 1 MICROWAVE)
  - spektrofotometrija (EVOLUTION 60S UV-VISIBLE), AOAC, 1995,
3. Ukupni kalij (%/ST)
  - digestija koncentriranom HNO<sub>3</sub> i HClO<sub>4</sub> (ETHOS 1 MICROWAVE)
  - plamenfotometrija (JANWEY PFP 7), AOAC, 1995,
4. Ukupni kalcij i magnezij (%/ST)
  - digestija koncentriranom HNO<sub>3</sub> i HClO<sub>4</sub> (ETHOS 1 MICROWAVE)
  - atomska apsorpcijska spektrometrija (AAS SOLAR THERMO SCIENTIFIC), AOAC, 1995.

## 3. REZULTATI I DISKUSIJA

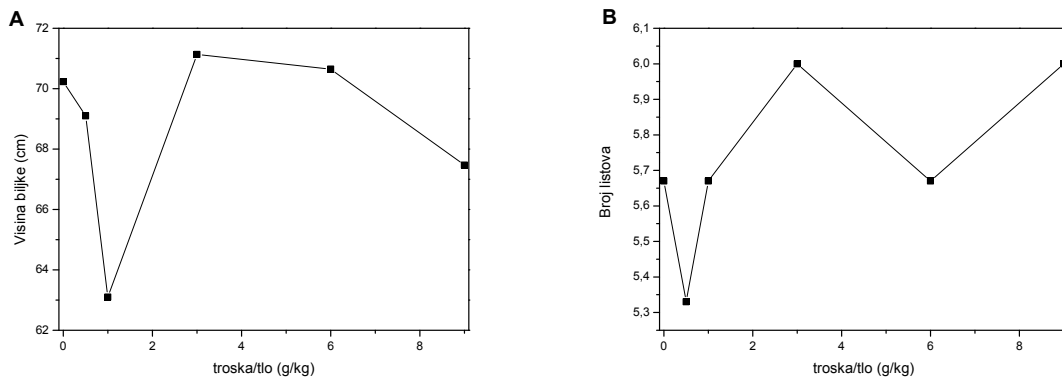
Na slici 1 su prikazane biljke kukuruza u komorama nakon 5 tjedana rasta u kontroliranim uvjetima rasta komorama rasta.

# 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.

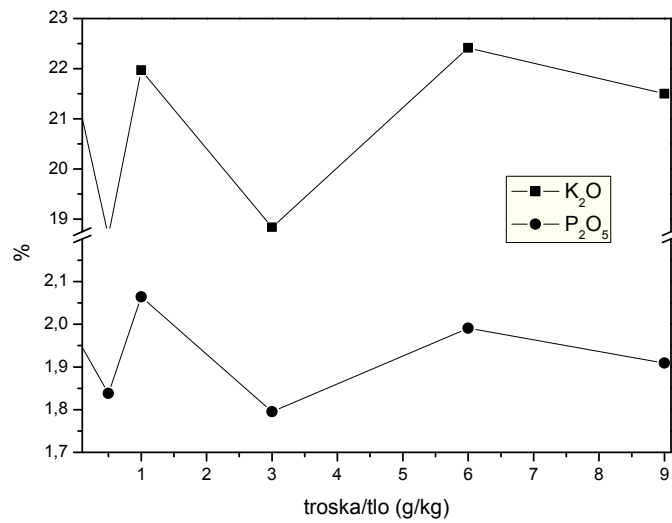


Slika 2. A) visina, B) broj listova

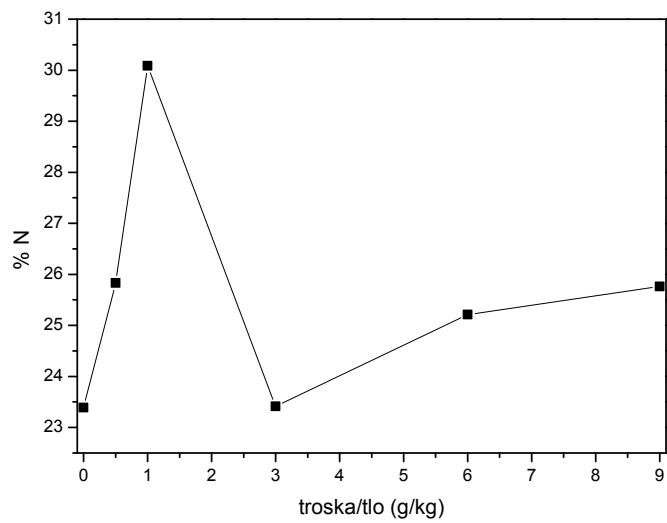
Iz rezultata rasta i broja listova je vidljivo da je kukuruz uzgojen pri koncentracije troske od 3  $\text{g kg}^{-1}$  u tlu u odnosu s uzgojenim u ne tretiranom tlu najveći, dolazi do porasta s 70,23 na 71,13 cm i povećanje broja listova s 5,67 na 6. Međutim, mora se napomenuti da razlike u pokazateljima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

Nadalje, na slikama 3, 4 i 5 su prikazani rezultati usvajanja hranjiva u kukuruzu  $\text{P}_2\text{O}_5$  i  $\text{K}_2\text{O}$  (slika 3), N (slika 4) te Ca i Mg (slika 5).

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

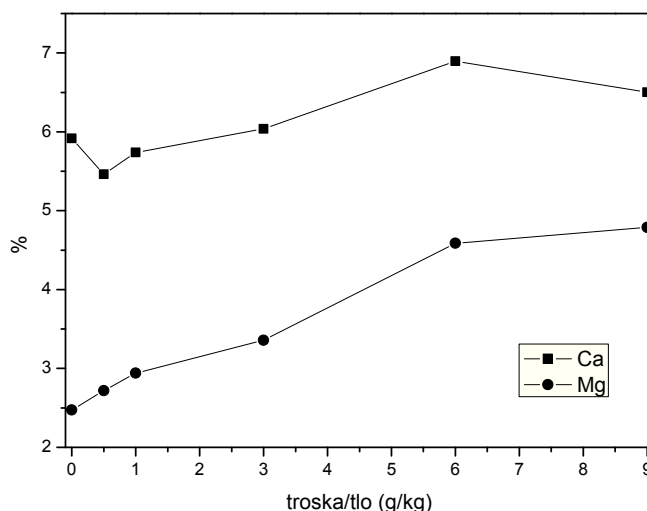


Slika 3. Utjecaj primijenjene količine troske na akumulaciju P i K u biljci kukuruza nakon 5 tjedana vegetacije



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  $1\text{ g kg}^{-1}$  tla dolazi do prvog većeg skoka, odnosno do povećanja udjela usvajanja N,  $\text{P}_2\text{O}_5$  i  $\text{K}_2\text{O}$  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  $\text{P}_2\text{O}_5$  postižu svoj maksimum dok za  $\text{K}_2\text{O}$  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  $9\text{ g kg}^{-1}$  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,  $\text{P}_2\text{O}_5$ ,  $\text{K}_2\text{O}$ , Ca i Mg kod kukuruza (*Zea mays* L.) te je utvrđeno slijedeće:

- kod koncentracije troske od  $3\text{ g kg}^{-1}$  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  $1\text{ g kg}^{-1}$  tla dolazi do povećanja udjela usvajanja N,  $\text{P}_2\text{O}_5$  i  $\text{K}_2\text{O}$  gdje vrijednosti za N i  $\text{P}_2\text{O}_5$  postižu svoj maksimum, a maksimum usvajanja  $\text{K}_2\text{O}$  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  $6 \text{ g kg}^{-1}$  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).