

## PRETHODNO PRIOPĆENJE

**Utjecaj različitih agrotehničkih mjera na produktivnost trave miskantus**

Nikola Bilandžija, Katarina Gudeljić, Neven Voća, Mislav Kontek, Josip Lakić, Josip Leto  
 Sveučilište u Zagrebu Agronomski fakultet, Svetošimunska cesta 25, Zagreb, Hrvatska,  
 (nbilandzija@agr.hr)

**Sažetak**

Cilj rada je utvrditi postoji li utjecaj različitih agrotehničkih mjera (rok žetve, vrsta sadnog materijala i tretmani pepelom) na produktivnost (prinos suhe tvari, visinu biljke i broj izboja) energetske biljke miskantus. Rezultati istraživanja pokazali su da najveći utjecaj na prinos biomase miskantusa ima vrijeme žetve. U jesenskoj žetvi postignuti su veći prinosi, koji su u prosjeku iznosili  $34,0 \text{ t ha}^{-1}$  ST, dok su u proljetnoj žetvi zabilježen prinos od  $21,0 \text{ t ha}^{-1}$  ST.

**Ključne riječi:** *Miscanthus x giganteus*, biomasa, žetva, sadni materijal, pepeo

**Uvod**

Miskantus je biljka kod koje ukupan prinos suhe tvari najčešće iznosi  $10 - 25 \text{ t ha}^{-1}$ . Međutim, na njegovu produktivnost mogu utjecati brojni čimbenici, poput agroekoloških uvjeta lokacije uzgoja, mogućnosti navodnjavanja, starosti nasada, sadnog materijala i korištenja hranjiva (Brosse i sur., 2012.). Komercijalno dostupni sadni materijali koji se mogu koristiti za zasnivanje nasada miskantusa su reznice rizoma dobiveni mehaničkim putem te presadnice dobivene mikropropagacijom. Sadnja se najčešće provodi između ožujka i svibnja, uz sklop od  $10\ 000 - 15\ 000$  biljaka  $\text{ha}^{-1}$  (Caslin i sur., 2010.; Bilandžija, 2015.). Žetva miskantusa u kasnu zimu ili rano proljeće tradicionalno se provodi za toplinske i industrijske svrhe, dok jesenska žetva ima veći potencijal u proizvodnji bioplina i bioetanolu (Ruf i sur., 2017.). Pri izgaranju svake biomase, pa tako i miskantusa nastaje pepeo, koji se može koristiti kao poboljšivač tla u poljoprivrednoj proizvodnji. Recikliranjem pepela u tlo se smanjuje primjena komercijalnih gnojiva te se rješava problem njegovog zbrinjavanja (Perucci i sur., 2006.). U svijetu se sve više povećava broj elektrana na biomasu u kojima se stvara velika količina pepela, a problem nastaje prilikom njegovog zbrinjavanja (Zajac i sur., 2018.). Cilj rada je utvrditi postoji li utjecaj različitih agrotehničkih mjera (rok žetve, vrsta sadnog materijala i tretmani pepelom) na produktivnost (prinos suhe tvari, visinu biljke i broj izboja) energetske biljke miskantus.

**Materijali i metode**

Nasad miskantusa posađen je 2016. godine na Pokušalištu Agronomskog fakulteta u Šašincvu. Pokus je postavljen u proljeće 2019. godine po shemi split-split-plot ( $3 \times 3 \times 2$ ) u 3 ponavljanja. Osnovna parcelica kod rizoma bila je površine  $4 \times 10 \text{ m} = 40 \text{ m}^2$ , dok je kod presadnica površina iznosila  $2,4 \times 10 \text{ m} = 24 \text{ m}^2$ . Jedan blok su činile tri razine pepela: (I)  $0 \text{ t/ha} - P0$ ; (II)  $2 \text{ t/ha} - P2$  (III);  $5 \text{ t/ha} - P5$ . Pepeo s dna peći dobiven je iz biopostrojenja Lika Energo Eko d.o.o. iz Udbine. Količine teških metala u analiziranom pepelu bile su ispod maksimalno dopuštenih količina (MDK) prema Pravilniku o zaštiti poljoprivrednog zemljišta od onečišćenja (NN 71/2019). Sadni materijal je također podijeljen u tri skupine: (I) Rizomi podrijetlom iz Hrvatske, (II) Rizomi podrijetlom iz Engleske i (III) Presadnice proizvedene u Poljskoj. Prinosi biomase utvrđivani su u jesen (studeni, 2019.) i proljeće (ožujak, 2020.), žetvom obračunske parcelice. Nakon vaganja pokošene mase, uzimanjem

poduzorka od približno 1 kg sasjecane mase, sušenjem 48 h na 60 °C do konstantne mase te ponovnim vaganjem i preračunavanjem u t/ha dobiven je prinos suhe tvari. Visina biljaka i broj izboja utvrđivani su u jesen 2019., na 10 slučajno odabranih mjesta po osnovnoj parceli. Visina biljke mjerena je od razine tla do vrha metlice, a broj izboja je utvrđen prebrojavanjem stabljika na površini od 1 m<sup>2</sup>. Za statističke analize korišten je računalni paket R (R Development Core Team, 2008.), sučelje RStudio (RStudio, Inc., 2018.) te pridodani programski paketi "multcomp", "MASS" i "pwr". Razlike između aritmetičkih sredina pojedinih svojstava, za faktore i njihove interakcije gdje se njihov utjecaj pokazao signifikantnim, testirane su t-testom uz Bonferronijevu korekciju. Početni prag signifikantnosti bio je 5 % (0.05).

## Rezultati i rasprava

### Visina biljke i broj izboja

Visina biljke uz broj izboja predstavlja sastavnice prinosa miskantusa te zajedno čine ukupan prinos suhe tvar. U Tablici 1. prikazane su razlike u visini biljke i broja izboja u odnosu na sadni materijal i količinu tretmana pepela.

Tablica 1. Visine i broja izboja miskantusa u odnosu na sadni materijal i količinu pepela

Parametar	Visina miskantusa (m)
Rizomi Hrvatska	3,27 <sup>b</sup> ± 0,11
Rizomi Engleska	2,83 <sup>a</sup> ± 0,16
Presadnice Poljska	3,20 <sup>b</sup> ± 0,31
Signifikantnost	***
P <sub>0</sub>	3,12 <sup>ab</sup> ± 0,25
P <sub>1</sub>	2,96 <sup>a</sup> ± 0,18
P <sub>2</sub>	3,21 <sup>b</sup> ± 0,21
Signifikantnost	*
Parametar	Broj izboja/biljci
Rizomi Hrvatska	62,44 <sup>a</sup> ± 12,74
Rizomi Engleska	89,25 <sup>b</sup> ± 10,58
Presadnice Poljska	60,81 <sup>a</sup> ± 12,32
Signifikantnost	***

P<sub>0</sub> - 0 t pepela ha<sup>-1</sup>; P<sub>1</sub> - 2 t pepela ha<sup>-1</sup>; P<sub>2</sub> - 5 t pepela ha<sup>-1</sup>

a, b, c Različita mala slova ukazuju na signifikantne razlike između istraživanih parametara

Provedena analiza pokazuje statistički značajan utjecaj faktora vrsta sadnog materijala (P<0,001) i tretmana pepelom (P<0,05) na visinu izboja miskantusa. Utjecaj međusobne interakcije promatranih faktora nije zamijećen. Obzirom na broj izboja statistički značajan utjecaj pokazuje vrsta sadnog materijala (P<0,001), dok utjecaj tretmana pepelom te međusobne interakcije promatranih faktora nije zamijećen. Temeljem rezultata u tablici 1. vidi se da je visina rizoma iz Engleske (2,83 m) značajno niža u odnosu na rizome iz Hrvatske (3,27 m) i presadnice iz Poljske (3,20 m). Najmanja prosječna visina izboja utvrđena je kod primjene 2 t ha<sup>-1</sup> pepela, ali se statistički ne razlikuje značajno od prosječne visine biljaka utvrđene kod kontrolnog tretmana (0 t ha<sup>-1</sup> pepela). Prosječno najviše biljke su utvrđene kod primjene 5 t ha<sup>-1</sup> pepela te je vidljiva statistički značajna razlika u odnosu na aplikaciju 2 t ha<sup>-1</sup> pepela. Usporedno s dobivenim rezultatima, Bilandžija i sur. (2018.) u svojim istraživanju na četverogodišnjem usjevu miskantusa bilježe nešto veću visinu izboja, koja je u prosjeku iznosila 3,57 m. Najmanju visinu biljke u iznosu od 3,45 m autori bilježe pri kontrolnoj gnojidbi (0 kg ha<sup>-1</sup> N), a najveću (3,63 m) pri gnojidbi sa 100 kg ha<sup>-1</sup> N.

Christian i sur. (2008.) na sadnicama miskantusa proizvedenim mikropropagacijom, tijekom desete godine uzgoja utvrđuju prosječnu visinu u iznosu od 3,52 m. Xue i sur (2017.) u četvrtoj godini uzgoja, kod miskantusa koji je razmnožen *in vitro* navode nižu visinu stabljike (1,80 m), u odnosu na genotipove koji su bili razmnoženi rizomima (> 2,00 m). Borkowska i Molas (2013.) na četverogodišnjem usjevu miskantusa razmnoženog rizomima utvrđuju prosječnu visinu od 2,56 m. Obzirom na broj izboja vidljivo je kako se rizomi iz Engleske (89,3 izboja) signifikantno razlikuju te je utvrđen veći broj izboja u odnosu na rizome iz Hrvatske (62,4 izboja) i presadnice iz Poljske (60,8 izboja). Lewandowski (1998.) navodi kako biljke razmnožavane rizomima formiraju manji broj izboja, u odnosu na biljke razmnožene mikropropagacijom, što nije bio slučaj u ovom istraživanju. Bilandžija i sur. (2018.) u usporedbi s prikazanim rezultatima u ovome istraživanju, u četvrtoj godini uzgoja miskantusa navode manji broj izboja, odnosno u prosjeku 53,2 izboja po m<sup>2</sup>. Borkowska i Molas (2013.) kod miskantusa razmnoženog rizomima utvrđuju prosječni broj izboja od 55,3 po m<sup>2</sup>.

### Prinos suhe tvari

U Tablici 2. prikazane su razlike u prinosu suhe tvari biomase miskantusa u odnosu na provedene rokove žetve i korištene sadne materijale.

Tablica 2. Prinos biomasa u odnosu na rok žetve i sadni materijal

Parametar	Prinos biomase (t ST ha <sup>-1</sup> )
Žetva jesen	34,01 <sup>a</sup> ± 10,71
Žetva proljeće	21,02 <sup>b</sup> ± 5,63
Signifikantnost	***
Rizomi Hrvatska	26,85 <sup>ab</sup> ± 8,61
Rizomi Engleska	32,28 <sup>b</sup> ± 12,24
Presadnice Poljska	23,43 <sup>a</sup> ± 9,40
Signifikantnost	**

a, b, c Različuta mala slova ukazuju na signifikantne razlike između istraživanih parametara

Rezultati statističke analize pokazuju značajan utjecaj vremena žetve ( $P < 0,001$ ) te vrste sadnog materijala ( $P < 0,01$ ) na prinos biomase miskantusa. Tretman pepelom kao i međusobna interakcija istraživanih faktora ne pokazuje značajne razlike. Navedeni rezultat ukazuje da prinos biomase miskantusa ovisi prvenstveno o vremenu žetve te zatim o sadnom materijalu. Iz rezultata prikazanih u tablici 2. vidljivo je kako je prosječan prinos biomase u jesenskom roku žetve iznosio 34,0 t ha<sup>-1</sup> ST, dok je u proljetnom roku žetve utvrđen prinos od 21,0 t ha<sup>-1</sup> ST. Temeljem navedenog može se zaključiti da je odgađanje žetve s jeseni na proljeće rezultiralo gubitkom prinosa biomase od 38,2 %, što je posljedica sušenja usjeva, kao i opadanja lišća i metlica. Obzirom na sadni materijal, vidljivo je kako je najveći prosječni prinos biomase zabilježen kod rizoma iz Engleske (32,28 t ha<sup>-1</sup> ST), ali nije bio značajno veći od prinosa postignutog sadnjom rizoma iz Hrvatske (26,85 t ha<sup>-1</sup> ST). Ujedno, nije utvrđena statistički značajna razlika između prinosa kod rizoma iz Hrvatske i presadnica iz Poljske (23,43 t ha<sup>-1</sup> ST). Sadnjom rizoma iz Hrvatske zabilježen je prosječni prinos biomase u iznosu od 26,9 t ha<sup>-1</sup> ST, dok je kod presadnica iz Poljske iznosio 23,4 t ha<sup>-1</sup> ST. Zub i sur. (2011.) navode slične rezultate u svojim istraživanjima te utvrđuju prinos ST u jesenskoj žetvi od 32,5 t ha<sup>-1</sup>, u odnosu na zimsku žetvu (19,0 t ha<sup>-1</sup>), što je uzrokovalo gubitak od 42 %. Lewandowski i Kicherer, (1997.) navode prinose od 16,2 do 16,5 t ha<sup>-1</sup> ST kod nasada oformljenog korištenjem presadnica, dok je korištenjem rizoma ostvaren prinos od 12,7 do 14,4 t ha<sup>-1</sup> ST.

## Zaključak

Na visinu miskantusa statistički opravdan utjecaj pokazala je vrsta sadnog materijala kao i tretmani pepelom, dok je na broj izboja statistički opravdan utjecaj pokazala vrsta sadnog materijala. Na prinos biomase miskantusa najveći utjecaj je imalo vrijeme žetve, ali u manjoj mjeri prinos je ovisio i o sadnom materijalu. Aplikacija pepela nije pokazala utjecaj na produktivnost biomase.

## Zahvala

Ovo istraživanje financirao je Europski fond za regionalni razvoj putem K.K.01.1.1.04.0091 projekta "Dizajn naprednih biokompozita iz energetski održivih izvora – BOKOMPOZITI" i Hrvatska zaklada za znanost, u okviru projekta br. IP-2018-01-7472, "Zbrinjavanje mulja kroz proizvodnju energetskih kultura".

## Literatura

- Bilandžija N. (2015). Potencijal vrste *Miscanthus x giganteus* kao energetske kulture u različitim tehnološkim i agroekološkim uvjetima. Doktorski rad. Agronomski fakultet Sveučilišta u Zagrebu, Zagreb, Hrvatska.
- Bilandžija N., Voća N., Leto J., Jurišić, V., Grubor M., Matin, A., Geršić A., Krička, T. (2018). Yield and Biomass Composition of *Miscanthus x Giganteus* in the Mountain Area of Croatia. *Transactions of FAMENA*. 42 (SI-1), 51-60.
- Borkowska H. i Molas R. (2013). Yield comparison of four lignocellulosic perennial energy crop species. *Biomass and Bioenergy*. 51, 145-153.
- Brosse N., Dufour A., Meng X., Sun Q., Ragauskas A. (2012). *Miscanthus*: a fast-growing crop for biofuels and chemicals production. *Biofuels, Bioproducts and Biorefining*, 6(5), 580-598.
- Caslin B., Finnan J., McCracken A. (2010). *Miscanthus Best Practices Guidelines*. Teagasc and the Agri-Food and Bioscience Institute.
- Christian D. G., Riche A. B., Yates N. E. (2008). Growth, yield and mineral content of *Miscanthus x giganteus* grown as a biofuel for 14 successive harvests. *Industrial crops and products*. 28(3), 320-327.
- Lewandowski I. (1998). Propagation method as an important factor in the growth and development of *Miscanthus x giganteus*. *Industrial Crops and Products*. 8(3), 229-245.
- Lewandowski I. i Kicherer A. (1997). Combustion quality of biomass: practical relevance and experiments to modify the biomass quality of *Miscanthus x giganteus*. *European Journal of Agronomy*. 6(3-4), 163-177.
- Piero Perucci, Elga Monaci, Cristiano Casucci, Costantino Vischetti (2006). Effect of recycling wood ash on microbiological and biochemical properties of soils. *Agronomy for Sustainable Development*. 26(3), 157-165.
- Ruf T., Schmidt A., Delfosse P., Emmerling C. (2017). Harvest date of *Miscanthus x giganteus* affects nutrient cycling, biomass development and soil quality. *Biomass and Bioenergy*. 100, 62-73.
- Xue S., Lewandowski I., Kalinina O. (2017). *Miscanthus* establishment and management on permanent grassland in southwest Germany. *Industrial Crops and Products*. 108, 572-582.
- Zajac G., Szyszlak-Bargłowicz J., Gołębowski W. i Szczepanik M. (2018). Chemical characteristics of biomass ashes. *Energies*. 11(11), 2885.
- Zub H. W., Arnoult, S., Brancourt-Hulmel M. (2011). Key traits for biomass production identified in different *Miscanthus* species at two harvest dates. *Biomass and Bioenergy*. 35(1), 637-651.

## **The influence of different agrotechnical measures on *Miscanthus* grass productivity**

### **Summary**

This study aims to determine if there has been an impact of different agrotechnical measures (harvest date, type of planting material and ash treatments) on productivity (dry matter yield, plant height, and number of shoots) of miscanthus energy plant. The results of the research showed that the greatest influence on the biomass yield of miscanthus has the time of harvest. In the autumn harvest, higher yields were achieved, which averaged 34,0 t ha<sup>-1</sup> of dry matter, while in the spring harvest the average yields were 21,0 t ha<sup>-1</sup> of dry matter.

**Keywords:** *Miscanthus x giganteus*, biomass, harvest, plant material, ash