

Uzgoj *Miscanthus x giganteus* Greef et Deu. u različitim agroekološkim uvjetima Hrvatske - četverogodišnje iskustvo

Josip LETO, Nikola BILANDŽIJA, Krešimir BOŠNJAK, Marina VRANIĆ, Iva STUBURIĆ

Sveučilište u Zagrebu, Agronomski fakultet, Svetošimunska cesta 25, 10000 Zagreb, Hrvatska, (e-mail: jleto@agr.hr)

Sažetak

Miscanthus x giganteus je višegodišnja C₄ trava s visokim potencijalom za proizvodnju biomase uz male zahtjeve za dušikom. Cilj istraživanja je bio utvrditi prinos ST biomase, visinu biljaka i broj izboja m⁻² vrste *Miscanthus x giganteus* na tri lokacije na kraju vegetacijske sezone kroz prve 4 godine uzgoja. Prinosi suhe tvari, visine biljke i broj izboja rasli su iz godine u godinu, unatoč različitom intenzitetu nedostatka oborina u prve 3 godine uzgoja i potpunom izostanku N gnojidbe. Najveći prosječni prinosi ST u 4-godišnjem razdoblju utvrđeni su na Medvednici i D. Bistri (21,4 t ha⁻¹), a najmanji u L. P. Selu (15,98 t ha⁻¹) (P<0,01). Najveća prosječna visina biljaka utvrđena u D. Bistri (3,10 m), dok između lokacija Medvednica i L. P. Selo nije bilo značajne razlike (prosječno 2,55 m). Utvrđena je značajna interakcija godina x lokacija za ovo svojstvo (P<0,01). U L. P. Selu utvrđen je značajno manji prosječni 4-godišnji broj izboja (28,17 m⁻²) u odnosu na ostale dvije lokacije (36,4 m⁻²) (P<0,01). *Miscanthus* u različitim agroekološkim uvjetima RH bez navodnjavanja i u sušnim godinama svojim prinosima ST konkurira ostvarenim prinosima na najpogodnijim južnoeuropskim staništima uz navodnjavanje.

Ključne riječi: *Miscanthus x giganteus*, prinos, visina biljke, broj izboja

Growing *Miscanthus x giganteus* Greef et Deu. in different environmental conditions of Croatia-four-year experience

Abstract

Miscanthus x giganteus is a perennial rhizomatous grass employing the C₄ photosynthetic pathway. It has been described as having high potential biomass production with a low nitrogen requirement. The aim of this study was to determine the biomass dry matter yield (DMY), plant height and number of shoots per m² of species *Miscanthus x giganteus* grown at 3 locations at the end of vegetation season in the first 4 growing years.

The highest average 4-year DMY was obtained at Medvednica and D. Bistra (21.4 t ha⁻¹) and the lowest in L. P. Selo (15.98 t ha⁻¹) (P<0.01). The highest average plant height was determined in D. Bistra (3.1 m) while there weren't differences between L. P. Selo and Medvednica (P>0.05). Average shoots number per m² determined in L. P. Selo (28.17 m⁻²) were lower than the average shoots number in Medvednica and D. Bistra (36.4 m⁻²) (P<0.01).

Miscanthus productivity in different environmental conditions of Croatia (no irrigation in dry years) competes favorable with the Southern European habitats (with irrigation).

Key words: *Miscanthus x giganteus*, yield, plant height, number of shoots

Uvod

Miscanthus×giganteus (miskantus) je dugotrajna (preko 20 g.) C₄ trava s visokim potencijalom za proizvodnju biomase uz male zahtjeve za dušikom. Trenutno se najviše koristi za izgaranje s ugljenom i izravnim izgaranjem za proizvodnju toplinske i električne energije. U 1993. g. počeo je projekt European Miscanthus Network (EMN) koji je uključivao poljske pokuse diljem Europe s ciljem utvrđivanja održivih prinosa miskantusa (Clifton-Brown i sur., 2007). Općenito se može reći da prinos miskantusa značajno raste u 2. godini uzgoja u odnosu na godinu sadnje, i dostiže svoj maksimum u 3.-5. g. U Grčkoj i na Siciliji uz navodnjavanje postignut je max. prinos >26 t ha⁻¹ već u 2. g. U Portugalu i Italiji (uz ograničeno navodnjavanje) max. prinos od 24 odnosno 18 t ha⁻¹ dobiven je poslije 3. g. U Njemačkoj i Irskoj maksimalan prinos dobiven je nakon 5 godina uzgoja i iznosio je 22 i 14 t ha⁻¹, respektivno. Obzirom da je miskantus nova kultura u RH, cilj istraživanja bio je utvrditi prinose biomase, visinu biljaka i broj izboja po jedinici površine u različitim agroekološkim uvjetima RH u početnom 4-godišnjem razdoblju uzgoja.

Materijal i metode

Pokusna polja miskantusa (oko 2000 m²) postavljena su na 3 lokacije: Centar za travnjaštvo Agronomskog fakulteta na Medvednici (n.v. 650 m), Donja Bistra (n.v. 144 m) i Ličko Petrovo Selo (n.v. 352 m). Miskantus je posađen krajem travnja 2011. g. reznicama rizoma na razmak 1 m (između i unutar redova), poluautomatskom sadilicom. Nikakva gnojidba nije primjenjivana u 4 godine uzgoja. Na kraju vegetacijske sezone svake godine uzgoja (listopad-studen) praćena su slijedeća svojstva: visina biljke (od razine tla do visine razvijene plojke zadnjeg lista), broj izboja po m², prinos ST (ručnim odsjecanjem biljaka na 18 slučajno odabranih mjesta površine 10 m² na visinu 5 cm od tla, vaganjem požnjevene mase, sušenjem poduzoraka 1000 g sasjecane mase 48 sati na 60 °C, ponovnim vaganjem i preračunavanjem u t ha⁻¹). Pokus je postavljen po shemi potpuno slučajnog rasporeda. Rezultati su obrađeni u statističkom programu SAS (SAS Institut, 1999.) korištenjem MIXED procedure.

Rezultati i rasprava

Na svim pokusnim lokacijama vegetacijsko razdoblje 2011. godine bilo je toplije od prosjeka za 0,9-2,0°C ovisno o lokaciji, sa najvećim odstupanjem na Medvednici, a najmanjem u L. P. Selu. Količina oborina u vegetacijskom razdoblju je na svim lokacijama bila niža od višegodišnjeg prosjeka i to za 15,2% na Medvednici (568,8 mm), 22,4% u L. P. Selu (691,7 mm) i 33,6% u D. Bistri (445,3 mm). Vegetacijsko razdoblje 2012. godine, također, je bilo toplije od prosjeka za 0,8-2,2 °C ovisno o lokaciji, sa najvećim odstupanjem na Medvednici, a najmanjem u L. P. Selu. Količina oborina u istom razdoblju je na svim lokacijama bila niža od višegodišnjeg prosjeka i to za 5,6% u D. Bistri (657,4 mm), 10,1% na Medvednici (711,4 mm) i 1,6% u L. P. Selu (877,4 mm). Vegetacijsko razdoblje 2013. godine ponovno je bilo toplije od prosjeka za 1,4-3,1 °C ovisno o lokaciji, sa najvećim odstupanjem u L. P. Selu, a najmanjem na Medvednici. Količina oborine u vegetacijskom razdoblju je na svim lokacijama bila niža od višegodišnjeg prosjeka. Na Medvednici je u tom razdoblju palo 83,7% od višegodišnjeg prosjeka oborine (791,6 mm), u D. Bistri 93,8% (od 696,5 mm), a u L. P. Selu samo 64,2% (od 891,3 mm). Vegetacijsko razdoblje 2014. godine bilo je iznadprosječno vlažno i toplo. Na Medvednici je palo 46,4% više oborine (1159,1 mm) od višegodišnjeg prosjeka, a srednja temperatura tog razdoblja bila je 0,9°C viša od višegodišnjeg prosjeka. U D. Bistri je palo 30,1% više oborine, a srednja temperatura tog razdoblja je bila viša za 1,3°C. Najveće odstupanje u količini oborine bilo je u L. P. Selu, gdje je palo čak 69,2% više oborine od višegodišnjeg prosjeka za vegetacijsko razdoblje, dok je prosječna temperatura bila za 0,4 °C niža.

U cjelokupnom istraživačkom razdoblju sva tri istraživana svojstva miskantusa značajno su varirali po godinama i lokacijama (P<0,01), dok je za visinu biljaka utvrđena značajna interakcija godina x lokacija (P<0,01). Usjev miskantusa zahtjeva 3-5 g. za postizanje maksimalnog prinosa. U zemljama južne Europe maksimalni prinos se postiže već nakon 2 godine, dok u sjevernim europskim zemljama treba proći 5 godina. Općenito, prinos miskantusa drastično raste u 2. godini u odnosu na godinu sadnje, dok u kasnijim godinama prinos raste postupno. Prinos ST u ovom istraživanju (tablica 1) rastao je iz godine u godinu na svim lokacijama istovjetno, na što upućuje nesignifikantna interakcija godina x lokacija (P>0,05). Prinosi ostvareni u 1. godini uzgoja, unatoč jakoj suši, bili su u granicama prinosa u različitim zemljama Europe (Dželetović, 2010, Clifton-Brown i Lewandowski, 2002, Schwarz, 1993, Schwarz i sur., 1994). U 2. godini prinos ST je sedmerostruko povećan u odnosu na godinu sadnje (tablica 2). Dželetović (2010) je utvrdio 4-16

puta veći prinos ST u 2. godini uzgoja u odnosu na godinu sadnje miskantusa. Prinosi biomase ostvareni u ovom istraživanju bili su u gornjoj granici prinosa dobivenih u Austriji 7,9-15,5 t ST ha⁻¹ (Schwarz, 1993). Clifton–Brown i sur. (2001) su istraživali karakteristike 15 genotipova *Miscanthus* sp. u 5 različitim zemalja i u 2. godini 4 genotipa *Miscanthus x giganteus* su imali prosječni prinos u t ST ha⁻¹: 4,97 u Engleskoj, 8,4 u Njemačkoj i 27,07 u Portugalu, uz navodnjavanje. Dakle, u Hrvatskoj je, bez navodnjavanja, u sušnijoj godini, moguće ostvariti visoke prinose biomase miskantusa. U 3. godini došlo je do daljeg rasta prinosa ST u odnosu na 2. godinu (za 60,2%), dok je u 4. godini prinos ST rastao po istoj stopi. Na Medvednici i u D. Bistri prosječni prinos ST četverogodišnjeg razdoblja bio je za 35,2% veći od prinosa ST u L. P. Selu (P<0,01). Ponovo je potvrđena jaka ovisnost prinosa ST o količini i rasporedu oborine tijekom vegetacijske sezone. U L. P. Selu je u vegetacijskom dijelu 3. godine istraživanja palo samo 64,2% od višegodišnjeg prosjeka oborine, a prosječne temperature vegetacijskog razdoblja bile su za 3,1 °C više od višegodišnjeg prosjeka, što je rezultiralo najnižim prinosom. Uspoređujući dobivene prinose sa zemljama u okružju jasno je da su najmanji prinosi iz L. P. Sela u rangu s maksimalnim prinosima ostvarenim u Austriji, Švicarskoj ili Njemačkoj. Maksimalni prinosi treće i kasnijih godina se kreću od 18-20 t ST ha⁻¹ na raznim lokacijama u Njemačkoj (Schwarz i sur., 1995), te oko 20 t ST ha⁻¹ u Austriji i Švicarskoj (Schwarz, 1993, Schwarz i sur., 1995). Clifton–Brown i sur. (2001) su utvrdili maksimalne prinose 3. godine uzgoja: 37,8 t ST ha⁻¹ u Portugalu (uz navodnjavanje), 29,1 t ST ha⁻¹ u Njemačkoj i 18,7 t ST ha⁻¹ u Engleskoj, dok su prosječni prinosi sva 4 genotipa *Miscanthus x giganteus* u 3. godini uzgoja iznosili: 16 t ST ha⁻¹ u Engleskoj, 25,5 t ST ha⁻¹ u Njemačkoj i 36,4 t ST ha⁻¹ u Portugalu. Dakle, evidentno je da se u Hrvatskoj, i bez navodnjavanja, u sušnijim godinama, mogu ostvariti visoki prinosi biomase miskantusa. Pravi potencijal rodnosti miskantusa je pokazao u iznadprosječno vlažnoj 4. godini uzgoja, kada su prinosi na dvije lokacije prelazili 40 t ST ha⁻¹, a čak je i najmanji zabilježeni prinos prelazio 30 t ST ha⁻¹.

Tablica 1. Maksimalni prinos suhe tvari u t ha⁻¹ (kraj vegetacijske sezone 2011-2014. godine)

Godina/lokacija	Medvednica	D. Bistra	Ličko P. Selo	Prosjek
2011.	2,37	2,33	1,41	2,04 d
2012.	17,95	17,64	9,00	14,87 c
2013.	25,40	25,19	21,00	23,82 b
2014.	41,54	40,41	32,49	38,15a
Prosjek	21,82a	21,39a	15,98 b	
LSD _{god} (0,05)				3,11
LSD _{lok} (0,05)				2,69

Vrijednosti označene istim slovom nisu značajno različite

Stope rasta miskantusa ovise o agroekološkim uvjetima uzgoja: tipu tla, oborini, temperaturama, gnojidbi itd. Stabljike promjera 10 mm u Europi mogu doseći visinu nešto preko 2 m u 1. godini, pa do 4 m svake slijedeće godine (El Bassam, 1994.). Visina biljaka miskantusa rasla je iz godine u godinu (P<0,01), međutim nejednako na različitim lokacijama, na što upućuje signifikantna interakcija godina x lokacija (P<0,01). U 1. godini nije bilo značajnih razlika u visinama biljke miskantusa među lokacijama (P>0,05) (tablica 2). U 2. godini najveća visina biljaka utvrđena je u D. Bistri, a najmanja na Medvednici (P<0,01). U 3. godini ponovo je najveća visina biljke utvrđena u D. Bistri, dok između druge dvije lokacije nije bilo značajne razlike (P>0,05). U 4. godini istraživanja visina biljaka miskantusa na Medvednici bila je značajno manja od D. Bistre i L. P. Sela, među kojima nije bilo značajne razlike. Ponovo su uvjeti staništa bili presudni za dinamiku rasta miskantusa. U D. Bistri bilo je najmanje odstupanja u količini i rasporedu oborine u vegetacijskim sezonama što je rezultiralo najvećom prosječnom visinom biljke u 4-godišnjem razdoblju. Ako usporedimo visine biljaka ispodprosječno vlažnih 2. i 3. godine uzgoja s prosječnim visinama biljaka 3. godine uzgoja u različitim europskim zemljama (Clifton-Brown i sur., 2001) onda možemo zaključiti da prosječna visina biljke svih lokacija nadmašuje prosječne visine biljaka u Portugalu (uz navodnjavanje 3,0 m), Engleskoj (2,34 m) i Njemačkoj (2,74 m), dok iznadprosječno vlažna 2014. g. tek pokazuje pravi potencijal rasta miskantusa u našim krajevima (sve lokacije značajno iznad 3 m).

Broj stabljika (izboja) po jedinici površine raste u prvih nekoliko godine, a najmanji je u godini sadnje. U 2. godini uzgoja povećava se broj stabljika po posađenom rizomu ili po jedinici površine u odnosu na godinu sadnje za 2-5 puta (Dželetović, 2010).

Tablica 2. Visina biljke u m (kraj vegetacijske sezone 2011. – 2014. godine)

Godina/lokacija	Medvednica	D. Bistra	Ličko P. Selo	Prosjek
2011.	1,51	1,70	1,54	1,58 d
2012.	2,22	3,56	2,52	2,77 c
2013.	2,92	3,25	2,84	3,01 b
2014.	3,38	3,89	3,40	3,56a
Prosjek	2,51 b	3,10a	2,58 b	
LSD _{god} (0,05)				0,163
LSD _{lok} (0,05)				0,141
LSD _{god x lok} (0,05)				0,282

Vrijednosti označene istim slovom nisu značajno različite

Tablica 3. Broj izboja po m² (kraj vegetacijske sezone 2011-2014. godine)

Godina/lokacija	Medvednica	D. Bistra	Ličko P. Selo	Prosjek
2011.	11,87	13,67	9,00	11,51 d
2012.	29,77	29,63	22,67	27,36 c
2013.	44,13	49,20	33,00	42,11 b
2014.	54,53	62,38	48,00	54,97a
Prosjek	35,08a	37,72a	28,17 b	
LSD _{god} (0,05)				5,02
LSD _{lok} (0,05)				4,35

Vrijednosti označene istim slovom nisu značajno različite

Broj izboja po jedinici površine rastao je istovjetno na svim lokacijama iz godine u godinu ($P < 0,01$) (tablica 3). Na kraju vegetacijske sezone 2. godine uzgoja broj izboja bio je 137,7% veći od broja izboja na kraju vegetacijske sezone godine sadnje. U 3. godini došlo je daljnjeg rasta broja izboja i to za 55,3% u odnosu na prethodnu godinu. U 4. godini nastavljeno je zgušnjavanje usjeva miskantusa, tako da je broj izboja bio veći za 30,5% u odnosu na prethodnu godinu. Značajne razlike u prosječnom broju izboja postojale su i između lokacija ($P < 0,01$). Najmanji prosječni broj izboja utvrđen je u L. P. Selu, dok se Medvednica i D. Bistra nisu značajno razlikovale u ovom svojstvu. Na kraju 3. godine istraživanja zabilježen je manji broj izboja po m² u odnosu na europska iskustva jer je gustoća sadnje bila 1 biljka m⁻², dok je u istraživanju Clifton-Brown i sur., (2001), koji su na kraju 3. godine uzgoja utvrdili: 85 izboja m⁻² u Portugalu, 68,75 m⁻² u Njemačkoj, te 54,5 u Engleskoj (prosjek 4 genotipa *Miscanthus x giganteus*), gustoća sadnje bila 2 presadnice m⁻². Ponovno se potvrdila činjenica da na to svojstvo prvenstveno utječe gustoća sadnje rizoma i vrsta sadnog materijala (presadnice ili dijelovi rizoma) (Dalantos i sur., 1998, Christian i sur., 2008).

Zaključci

Prinosi suhe tvari, visine biljke i broj izboja rasli su iz godine u godinu, unatoč različitom intenzitetu nedostatka oborina u prve 3 godine uzgoja i potpunom izostanku N gnojidbe.

U usporedbi s europskim iskustvima može se zaključiti da *Miscanthus x giganteus* u različitim agroekološkim uvjetima RH bez navodnjavanja, u sušnim godinama i bez N gnojidbe svojim prinosima ST konkurira ostvarenim prinosima na najpogodnijim južnoeuropskim staništima uz navodnjavanje.

Literatura

- Clifton-Brown J. C., Lewandowski I. i sur. (2001). Performance of 15 *Miscanthus* genotypes at five sites in Europe. *Agronomy Journal* 93: 1013-1019.
- Clifton-Brown J. C., Long S. P., Jørgensen U. (2007). *Miscanthus* productivity. Objavljeno u *Miscanthus for energy and fibre*, Jones, M. B. i Walsh, M. (eds.), 46-67. London, UK: Eartscan.
- 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(1): 320-327.

- Clifton-Brown J. C., Lewandowski I. (2002). Screening *Miscanthus* genotypes in field trials to optimise biomass yield and quality in southern Germany. *European Journal of Agronomy* 16 (2): 97–110.
- Danalatos N. G., Dalianis C., Kyristis S. (1998). Influence of fertilisation and irrigation on the growth and biomass productivity of *Miscanthus sinensis* × *giganteus* under Greek conditions. Objavljeno u *Sustainable Agriculture for Food, Energy and Industry*, El Bassam, N., Behl, R.K. i Prochnow, B.(eds.), 319–323. London, UK: James & James, Science Publishers.
- Dželetović Ž. (2010). Utjecaj azota i gustine zasada na morfološke osobine i prinos vrste *Miscanthus* × *giganteus* Greef et Deu. Doktorska disertacija. Univerzitet u Beogradu. Poljoprivredni fakultet Zemun.
- El Bassam N. (1994). *Miscanthus* - Stand und Perspektiven in Europa. *Forum for Zukunfts-energien e. V. - Energetische Nutzung von Biomasse im Konsenz mit Osteuropa*. International Meeting, Jena: 201-212.
- SAS Institute (1999). The SAS System for Windows. Version 8. SAS Inst. Cary. NC.
- Schwarz H. (1993). *Miscanthus sinensis* 'giganteus' production on several sites in Austria. *Biomass and Bioenergy* 5(6): 413-419.
- Schwarz H., Liebhard P., Ehrendorfer K., Ruckenbauer P. (1994). The effect of fertilization on yield and quality of *Miscanthus sinensis* 'Giganteus'. *Industrial Crops and Products* 2: 153-159.
- Schwarz K.-U., Greef J. M., Schnug E. (1995). Untersuchungen zur etablierung und biomassebildung von *Miscanthus giganteus* unter verschiedenen umweltbedingungen. *Landbauforschung Volkenrode Sonderheft*: 155.

sa2016_po505