

# СПОСОБНОСТ АДАПТАЦИЈЕ ВРСТЕ *Miscanthus x giganteus* НА КЛИМАТСКЕ ПРОМЕНЕ У СРБИЈИ

ИВАНА ШЕКЛЕР<sup>1</sup>

**Извод:** Очување здравља људи, животне средине, ресурса и биодиверзитета кроз борбу за ублажавање климатских промена, обележавају текући 21. век. Екстремне временске прилике широм света, проблеми са енергетским снабдевањем и загађењем само су неки од разлога који нас подстичу да више пажње посветимо обновљивим изворима енергије. Употреба биомасе у енергетици, грађевинарству и саобраћају допринела је смањењу емисије гасова са ефектом стаклене баште и даљем глобалном загревању планете Земље. *Miscanthus x giganteus*, биљна врста која је показала могућност адаптабилности на промене услова животне средине настале услед климатских промена у Србији, али и способност ублажавања истих, представља једну од перспективних биљних врста, које се могу ефикасно узгајати на различитим типовима земљишта. У раду су приказани резултати истраживања утицаја услова средине на количину приноса током 8 календарских година и вегетативних сезона.

**Кључне речи:** биомаса, приноси, нове перспективе биљне врсте, ублажавање

## ADAPTABILITY OF *Miscanthus x giganteus* TO CLIMATE CHANGE IN SERBIA

**Abstract:** Efforts to preserve human health, the environment, natural resources and biodiversity by mitigating the impact of climate change, have marked the current twenty-first century. Extreme weather events worldwide, problems with energy supply, and pollution are some of the reasons that encourage us to turn to renewable energy sources. The use of biomass for energy, construction and transport would help reduce greenhouse gas emissions and further global warming of the Earth. *Miscanthus x giganteus* is a species that can not only adapt to changes in environmental conditions caused by climate change in Serbia but also mitigate them. This makes miscanthus one of the most perspective plant species that can be effectively grown in different soil types. The paper presents the results of studying the effects of environmental conditions on biomass yield in eight years and growing seasons.

**Keywords:** biomass; yields; new species; mitigation.

## 1. УВОД

Климатски сценарији предвиђени за Србију до 2030. године, показују даљи раст температуре од 0,5 до 1,5 °C, док се максимални раст од 4,0 до čak 4,3 °C може очекивати током последњих година 21. века (Програм Уједињених нација у Србији, 2015). Климатски сценарији рађени за

<sup>1</sup> др Ивана Шеклер, доцент, Универзитет Метрополитан Београд Факултет за примењену екологију 'Футура'

Србију до 2030. године, показују предстојећи даљи раст температуре од 0,5 до 1,5 °С, док се максимални раст од 4,0 до чак 4,3 °С може очекивати током последњих година 21. века. Очекиване климатске промене обухватају пре-васходно промене у режиму падавина, као и све чешће екстремне временске прилике. Последице оваквих промена могу узроковати пораст осетљивости пољопривредне производње и утицати на услове гајења пољопривредних култура, као и почетка и завршетка сезоне раста пољопривредних и других биљних врста, чији број дана осцилира у зависности од локације. Поменуте промене даљи утицај имаће на организацију и временски распоред радова у пољима, што код неких врста може омогућити и две жетве годишње.

Мере адаптације и митигације климатских промена подразумевају и усвајање, прилагођавање и спровођење мера у политичком приступу климатским променама, едукацији пољопривредних произвођача и саветодаваца, одабиру отпорнијих врста, али и ефикасним мерама наводњавања уз прецизно моделовање предстојећих даљих промена. Додатним наводњавањем, одређене биљне врсте могу имати високе приносе, уколико би се мере прилагођавања спровеле правовремено. Према многим студијама, као последица климатских промена, могу се очекивати миграције термофилних инсеката и других животињских врста са југа ка северу и са нижих ка вишим надморским висинама. Због промена у режиму падавина, температуре и влажности земљишта, већина култура, постаће осетљивија на утицаје штеточина и паразита.

Применом Кјото протокола из 1997. и Париског споразума из 2015. године, подстиче се употреба обновљивих извора енергије у циљу смањења утицаја на климатске промене. У текућим стратегијама митигације глобалног загревања, у Европској унији обновљиви извори енергије имају значајну улогу (Matyuka, M., Kus, J., 2016). Даје се подстицај гајењу брзорастућих енергетских усева и повећава употреба биомасе, што даље доприноси остварењу разилчитих циљева поменутих стратегија (Matyuka, M., Kus, J., 2016). Важност добијања енергије из енергетских усева, као што је *Miscanthus x giganteus*, препознале су међународне организације и Владе држава (Robertson, A.D. et al., 2017). Према резултатима неколико објављених радова, сагоревањем бриткета мискантуса емитује се количина CO<sub>2</sub> која је скоро једнака количини асимилираног CO<sub>2</sub> током раста биљке, што се тумачи као тзв. CO<sub>2</sub> неутрална употреба мискантуса у енергетским сврхама (Lewandowski, I. et al., 1995; Felten, D. et al., 2013; Schweinle, J. et al., 2015)

С обзиром на способност очувања плодности тла, заштите вода од загађења, рециклажу азота, ремедијацију тла, ефикасне приносе једне плантаже мискантуса могуће је постићи уз минималну потрошњу воде, а без неопходне употребе минералних ђубрива, пестицида и хербицида (Marišová, E. et al., 2016). Мискантус се ефикасно може користити у процесима екоремедијације обрадивих и маргиналних земљишта, а затим као енергент друге генерације (Dražić, G. et al., 2015), али и у грађевинском сектору као некон-

струкциони изолациони материјал (Jelić, I. *et al.*, 2016) или као биобетон (Šekler, I. *et al.*, 2021). Плантаже мискантуса могу представљати и станишта за неке од дивљих животињских врста (Babović, N. *et al.*, 2012) што доприноси очувању биодиверзитета.

*Miscanthus x giganteus* (мискантус), брзорастућа вишегодишња трава (позната и под називима кинеска шаш или слонова трава), пореклом је из региона Источне Азије где се историјски користила као кровни материјал за помоћне објекте у којима су смештене животиње, а ретко и за њихову исхрану. Према Monti, A., Zatta, A., 2009; мискантус има веома плитак корен, са скоро 95% укупне коренске биомасе сконцентрисане на дубини од 0 до 35 cm земљишта. Иако је површински највише сконцентрисан, дубина до које долазе коренови мискантуса је и преко 2 метра (Neukirchen, D. *et al.*, 1999; Riche, A.B., Christian, D.G., 2001), па на тај начин може црпети влагу и током сушних периода вегетационе сезоне.

Мискантус се сади у пролеће, када температура земље буде око или мало изнад 10 °C, расте током лета, а највеће приносе даје у јесен (Farell, A.D. *et al.*, 2006; Dohleman, F.G. *et al.*, 2010). Хранљиве материје апсорбују се у ризосферу после јесени, што обезбеђује добар извор хранљивих материја и угљених хидрата за поновни раст биљака у пролеће и током следеће вегетације. Овакав природни ток нутријената омогућава оптималан раст мискантуса, без додатних потреба за ђубрењем, што су показали и многи претходно објављени радови у оквиру којих се види да је незнатна разлика у приносима са додатним третирањем вештачким ђубривима и без њега (Haines, S.A., 2011).

Након прве вегетативне сезоне, висина мискантуса достиже 1 до максималних 2 m, што га чини неисплативим за даљу комерцијалну употребу, али се може извршити жетва у циљу ослобађања простора за наредне вегетативне сезоне. Након друге године, висина стабљика мискантуса прелази 2 m, док се након треће и у наредним годинама висина мери преко 2,5 m, па и до 4 m. Након треће године, а процењено експлоатисање је и до 20 година, могућа је и препоручљива жетва и даља употреба биомасе.

## 2. МАТЕРИЈАЛИ И МЕТОД РАДА

### 2.1. Успостављање плантаже

Оснивање експерименталне плантаже *Miscanthus x giganteus* обухватило је припремне активности на терену, садњу и примену одређених агротехничких мера на огледној парцели Факултета за примењену екологију 'Футура' Београд, у селу Ноћај код Сремске Митровице.

На локалитету је претходно било растиње карактеристично за влажно станиште попут Засавице, која представља ширу област локалитета. Растине је уклоњено, а земљиште затим узорано крајем марта 2009. године, с обзиром да је у питању лако земљиште, које се може узорати у пролеће. Садња ризома извршена је на парцели површине 1 ha, ручно, у априлу 2009. године, када

је температура земљишта прелазила 10 °C. Ризоми који су коришћени били су димензија 6 x 6 cm, са густином садње 1 ризом по 1 m<sup>2</sup> и на дубини од 10 до 15 cm. Густину садње је могуће и повећати, али се у том случају може десити да због међусобне конкурентности принос у наредним годинама буде нешто нижи од просечног (Beale, C.V., Long, S.P., 1997). У првој години, након саме садње, извршено је сузбијање корова, средствима која се користе у производњи кукуруза, према претходним искуствима објављеним у раду (Consentino, S.L. et al., 2016). Уклањање корова је могуће спровести и механички, како би се омогућили идеални улови за раст и развој мискантуса, што је и реализовано спорадично у наредним вегетацијским сезонама на огледном пољу, а сходно чињеници да је мискантус растао брже од пратећих коровских биљака, па хемијска средства за сузбијање нису била потребна.

Додавање додатних ђубрива садницама мискантуса на огледном пољу, није вршено кренувши од претпоставке да је количина опалог лишћа током зиме обезбедила довољно нутријената.

Проширење плантаже у наредним годинама (које је до 2018. године достигло 10 ha), спроводило се садњом ризома добијених макропропагацијом (дељењем ризома) за коју су коришћене биљке старе 2-3 године. Метод дељења ризома је јефтинији у односу на микропропагацију, јер се користе постојећи ризоми који се у периоду зимског мировања раздвајају ротационим култиватором, а делови (одсечци) ризома морају имати најмање 2 до 3 пупољка. Добијени нови ризоми до садње се могу чувати у хладњачама испод 4° C како би сачували влажност, а највише једну годину (Hansen, J., Kristiansen, K., 1997). Ризоми које смо ми користили у проширењу засада коришћени су одмах, без чувања у хладњачи већ краткотрајно складиштени на пољу, тако што су одложени у гомиле и прекривени влажном земљом, а потом је садња вршена у рано пролеће, како би се искористиле предности влажног земљишта. Садња ризома у рано пролеће омогућава развој већих ризомских система, који су у наредним годинама толерантнији на сушу и смрзавање (Dražić, G. et al., 2014). Садњу је могуће вршити и уз помоћ механизације за садњу кртоластих култура, на пример кромпира, док је компанија „Hvidsted Energy“ из Данске, конструисала специјалну садилицу за мискантус чија се густина садње може калибрисати према потреби, а која сади ризома у отворене плитке бразде у 2 реда, који се затим прекривају земљом (Dražić, G. et al., 2014). Није препоручљиво садњу ризома вршити у фино обрађеној земљи где би након ваљања аутоматизацијом однос између ризома и земљишта био неадекватан, што би даље утицало на изложеност ризома сушењу и мањој ефикасности заснивања плантаже (Defra, 2007).

## 2.2. Праћење параметара раста

Параметри раста и развоја *Miscanthus x giganteus*-а праћени су након треће године од заснивања плантаже, с обзиром да су приноси биомасе у првој и другој години били минимални. Праћени параметри забележени су током вегетационих периода, од јуна до новембра месеца када је вршена

жетва, од периода од 2012. до 2018. године. Узорковање је вршено на произвољним парцелама, а праћени су следећи параметри: висина стабла, број листова, број зелених листова, број осушених листова, број листова који старе, дужина зеленог дела лиса, ширина листа, пречник стабла, број изданака, садржај воде у земљишту и рН-вредност земљишта.

Методологија праћења поменутих параметара обухватила је мерења:

- висине стабла – извајањем и мерењем највишег изданка у жбуну (слика 1);
- број листова – пребројавањем укупног броја листова на једном издвојеном изданку, од којих се посебно бележи број осушених и број зелених листова;
- број листова који старе – пребројавање листова који су у фази сушења/старења на издвојеној стабљивици;
- дужина зеленог дела листа – на извојеној стабљивици израчунава се просечна вредност дужине свих зелених листова те стабљике;
- ширина листа – просечна ширина најдужег листа на стабљивици;
- пречник стабла – просечна вредност пресечене издвојене највише стабљике;
- број изданака – пребројавање укупног броја изданака у једном жбуну мискантуса и израчунавање просечне вредности од 5 насумично одабраних жбунова мискантуса на парцели;
- садржај воде у земљишту – мерењем масе влажног узорка земљишта узетог са произвољне дубине на техничкој ваги, сушењем измереног узорка природним путем 7 дана, а затим поновним мерењем масе осушеног узорка, где је добијена разлика вредност влажности земљишта;
- рН-вредност земљишта – директно рН-метром, правећи водени раствор земљишта у који се урањају електроде рН-метра (коришћен уређај *Oakton 610*, -2-20 рН).



**Слика 1.** Мерење висине издвојене стабљике мискантуса  
**Figure 1** Measuring the height of the selected miscanthus stem

Измерени параметри поређени су са климатским карактеристикама за дату локацију, а које су подразумевале праћење карактеристика које утичу на раст и развој вегетације:

- средња годишња и месечна температура ваздуха ( $y$  °C),
- сума падавина на годишњем и месечном нивоу ( $y$  mm),
- влажност ваздуха на годишњем и месечном нивоу (%),
- број облачних дана у току године и појединачних месеци,
- број сати инсолације на локацији у току године и појединих месеци.

Наведене вредности климатских карактеристика прикупљене су из Метеоролошких годишњака Републичкох хидрометеоролошког завода Србије за мерну станицу Сремска Митровица, чијој општини припада село Ноћај у ком је постављено огледно поље.

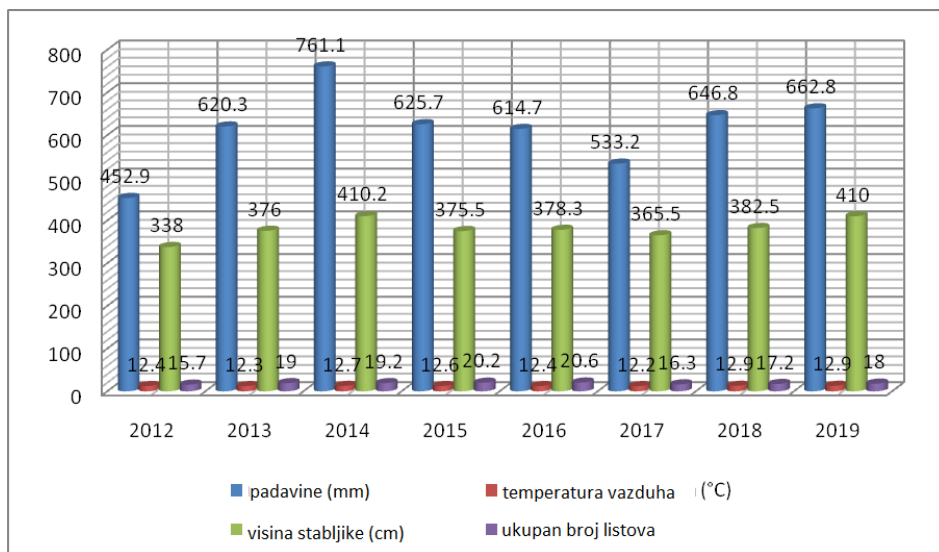
### 3. РЕЗУЛТАТИ ИСТРАЖИВАЊА И ДИСКУСИЈА

У раду су приказане просечне годишње вредности посматраних климатских параметара (табела 1) за временски период од 3. вегетацијске сезоне (2012. година) до 2019. године: просечна температура ваздуха (°C), просечна релативна влажност ваздуха (%), укупан број сунчаних сати годишње (h), просечна количина падавина (mm) и укупан број облачних дана.

**Табела 1.** Сумирани климатски параметри на локацији огледног поља  
**Table 1** Summary of the climate parameters for the experimental field location

Posmatrani klimatski parametric / Climate parameters	2012.	2013.	2014.	2015.	2016.	2017.	2018.	2019.
Просечна температура ваздуха / Average air temperature (°C)	12,4	12,3	12,7	12,6	12,1	12,2	12,9	12,9
Просечна релативна влажност ваздуха / Average relative air humidity (%)	69	75	79	76	78	75	76	73
Укупан број сунчаних сати годишње / Total number of sunny hours (h)	2387,1	2088,8	2007,7	2153,8	2019,8	2262,1	2118,6	2155,5
Просечна количина падавина / Average precipitation (mm)	452,9	620,3	761,1	625,7	614,7	533,2	646,8	662,8
Укупан број облачних дана / Total number of cloudy days	84	108	98	102	96	82	101	96

Најзначајнији климатски параметри који утичу на раст биљака, количина падавина и температура вазуха, упоређени су са просечном висином стабљике и бројем листова у датим годинама (слика 2).



Слика 2. Графички приказ односа климатских параметара и параметара раста мискантуса (висине стабљике и броја листова)

Figure 2 Relationship between climatic parameters and miscanthus height parameters (stem height and number of leaves)

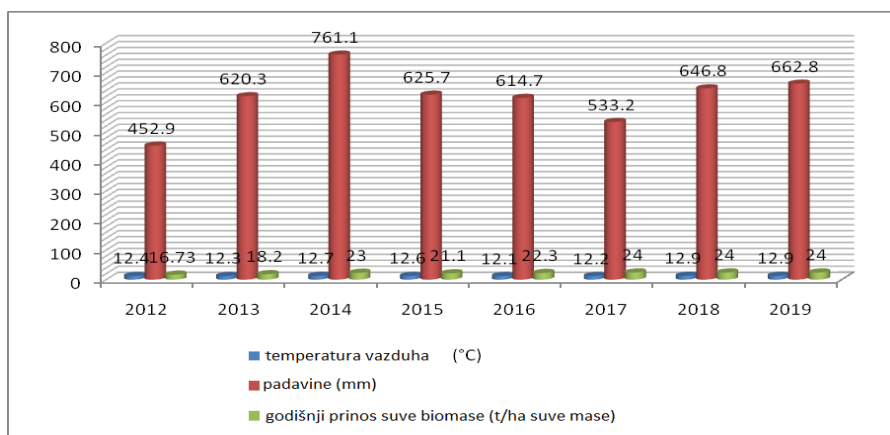
Просечна вредност температуре ваздуха на годишњем нивоу за период од 2012. до 2019. године на мерној станици Сремска Митровица износила је 12,2 – 12,9 °С, што указује да промене у температури ваздуха нису имале значајнији утицај на раст мискантуса. За разлику оф температуре ваздуха, евидентан утицај на висину раста стабљика мискантуса бележи количина падавина. Поређењем временских прилика (количине падавина и температуре) са морфолошким параметрима мискантуса (висином стабљике и бројем листова), приказаним на слици 2, може се закључити да је забележена највиша висина стабљика мискантуса на огледном пољу у 2014. години, а затим у 2019. години, када су забележене и највише количине падавина. Сходно податку да је “нулти клон” чије су саднице засађене на огледном пољу у првој (2009.) години достигао максималну висину од 380 cm, остварена висина у 2014. години од 410 cm показује могућност напредовања ове врсте и изнад очекиваних вредности. Насупрот расту из 2014. године, 2012. и 2017. година означене су као изразито сушна и сушна година, током којих стабљике мискантуса показују нешто нижи раст, али који се није значајније одразио на укупне годишње приносе, па је у складу са тим подацима, евидентна способност адаптације ове врсте на климатске промене. Способност адаптације

на недостатак воде показују приноси биомасе (табела 2) који се остварују у годинама са мањом количином падавина и без додатних наводњавања.

**Табела 2.** Сумиране просечне вредности посматраних параметара раста мискантуса, климатских карактеристика и приноса биомасе на огледном пољу  
**Table 2** Summary of the average values of the observed miscanthus height parameters, climate conditions, and biomass yield in the experimental plot

Параметар / Parameter	2012.	2013.	2014.	2015.	2016.	2017.	2018.	2019.
Висина стабла (cm) / Stem height (cm)	338	376	410,2	375,5	378,3	365,5	382,5	410
Укупан број листова / Total number of leaves	15,7	19	19,2	20,2	20,6	16,3	17,2	18
Температура ваздуха (°C) / Air temperature (°C)	12,4	12,3	12,7	12,6	12,1	12,2	12,9	12,9
Падавине (mm) / Precipitation (mm)	452,9	620,3	761,1	625,7	614,7	533,2	646,8	662,8
Годишњи приноси суве биомасе (t/ha) / Annual yield of dry biomass (t/ha)	16,73	18,2	23	21,1	22,3	24	24	24

Вредност годишњих приноса биомасе нешто је виша у кишовитијим годинама, што се доводи у везу са већом доступношћу воде за коренов систем мискантуса, коме погодује висок ниво подземних вода. То се евидентно примећује у 2014. години, где је принос био 23 t/ha, што је за 4,8 t/ha више у односу на претходну 2013. годину и 1,9 t/ha више у односу на наредну 2015. годину са просечном количином падавина (слика 3).



**Слика 3.** Графички приказ односа температуре ваздуха, падавина и укупног приноса суве биомасе по хектару огледног поља у периоду од 2012. до 2019. године

**Figure 3** Ratio of air temperature, precipitation and total yield of dry biomass per hectare in the observed period 2012 – 2019



Осим тога, након 2014. године (шесте године од успостављања плантаже), густина раста може се описати као “непроходност проласка између усева” унутар самог поља (слика 4).



**Слика 4.** Немогућност проласка кроз усева мискантуса након шесте вегетационе сезоне

**Figure 4** Impassable miscanthus crops after the sixth growing season

Наредне године опсервираног периода показују приносе преко 22 t/ha са достизањем максималних и стабилних вредности приноса суве биомасе од 24 t/ha које су добијене од 2017. године, што указује на способност адаптације мискантуса на промене спољашњих фактора. Достигнуте вредности приноса (Dražić, G. *et al.*, 2014; Ji-Hoon, Chung, Do Soon, Kim, 2012) могу се поредити са приностима оствареним у медитеранским земљама у којима се мискантус узгаја (Шпанија, Португалија, Италија, Грчка).

У циљу испитивања способности адаптације, током 2017. године, жетва је извршена два пута у току вегетационог периода, и то у јулу месецу и у децембру месецу. Висина стабљика у децембру месецу достигла је исту висину као у јулу месецу, док је укупна сума пожњевене биомасе у јулу и децембру била једнака количини биомасе након једне годишње жетве. То као закључак намеће могућност двоструке жетве мискантуса уколико је то, н пример, потребно спровести за употребу мискантуса у биогасним постројењима.

Презимљавање делова непожњевеног мискантуса показало је способност регенерације и усправљања сушених јесењих стабљика које би зимски снег савио, а које би се у рано пролеће, након мразева и снежих дана, поново исправљале и биле спремне за жетву у циљу коришћења или једноставно уклањања са поља.

Мискантус је осетљив на штеточине и обољења која су присутна на локалитетима одакле је и његово природно порекло (Азија), док у Европским земљама није било сличних података, што је показало и наше искуство.

У почетној фази раста, мискантус користи складиштене резерве хранљивих материја из ризома, док у каснијем, зрелом периоду биљке, према литературним наводима из земљишта по тони приноса годишње извуче 2 kg азота, 0,1 kg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, 3,5 kg K<sub>2</sub>O и 0,1 kg MgO (Dražić, G. *et al.*, 2014). Сходно тим подацима, на огледном пољу није коришћено додатно ђубриво.

#### 4. ЗАКЉУЧАК

Испитивањима спроведеним у Србији, али и кроз искуства истраживача других земаља, доказан је значај гајења биљне врсте *Miscanthus x giganteus*, која би могла имати важну улогу у смањењу гасова са ефектом стаклене баште, а тиме и у борби за адаптацију и митигацију климатских промена.

Праћењем параметара раста мискантуса на огледном пољу Факултета, евидентно је да се врло једноставно адаптира на климатске услове наших простора, као и климатске промене које су свеизраженихе и на нашим локалитетима. Његовом расту више погодује висок ниво доступне воде доприносећи на тај начин максималним приносима оствареним на локалитету, што не значи да су се у време сушних година приноси значајније смањили. То представља још један показатељ способности адаптације мискантуса условима средине.

Користи које би се добиле узгајањем мискантуса су вишеструке. Осим што не захтева велика улагања и посебан третман у току свог раста, једном успостављену плантажу могуће је експлоатисати дужи низ година (процењује се до 20). Садња мискантуса на контаминираним локалитетима може омогућити ремедијацију тла фитоекстракцијом полутаната, спречити даље разношење загађивача ветром, водом или ерозијом тла, а уз то се могу остварити и додатне користи које се огледају кроз обезбеђење додатних станишта за неке дивље животиње, естетско уређење локалитета, али и као бафер зона смањењем сливања и продирања вода богатих нитратима (након ђубрења пољопривредних површина) у подземне воде. Могућност касније употребе уклоњене биомасе огледа се кроз примену:

- у енергетици: производњом биогорива (због свог лигноцелулозног састава), брикета и пелета;
- у грађевини (као састав биобетона или изолационих материјала);
- за исхрану домаћих животиња (вишим деловима стабљика и листова).

Према Стратегији развоја енергетике РС до 2015. године са пројекцијама до 2030. године, Зеленој Агенди за Западни Балкан, Споразуму из Глазгова и свим осталим обавезама Србије у процесу приступања Европској унији, циљ који је поставила Србија јесте да се повећа употреба обновљивих извора енергије и смањи емисија гасова са ефектом стаклене баште, чему би употреба мискантуса могла допринети.

## ЛИТЕРАТУРА

- Babović, N., Dražić, G., Đorđević, A. (2012): Mogućnosti korišćenja biomase poreklom od brzorastuće trske *Miscanthus x giganteus*. Hem. Ind. br. 66 (2), str. 223–233.
- Beale, C.V., Long, S.P. (1997): Seasonal dynamics of nutrient accumulation and partitioning in the perennial C4-grasses *Miscanthus giganteus* and *Spartina cynosuroides*. Biomass and Bioenergy, Vol. 12, No. 6: 419–428
- Consentino, S.L., Patane, C., Sanzone, E., Copani, V., Foti, S. (2007): Effects of soil water content and nitrogen supply on the productivity of *Miscanthus x giganteus* Greef et Deu. Mediterranean environment. Industrial Crops and Products, Vol. 25, No. 1: 75–88.
- Defra (2007): Planting and growing *Miscanthus*. Best Practice Guidelines (for applicants to Defra's Energy Crops Scheme): 18.
- Dohleman, F.G., Heaton, E.A., Long, S.P. (2010): Perennial grasses as second-generation sustainable feedstocks without conflict with food production. Handbook of Bioenergy Economics and Policy, Vol. 3:27–37
- Dražić, G., Arandelović, M., Popović, V., Ikanović, J. (2015). Ecoremediation – the concept of sustainable management of natural resources in agriculture. XXIII International Conference “Ecological Truth”, ECOIST 15: 486–491, 17–20 June 2015.
- Dražić, G., Petrović, N., Arandelović, M., Vitas, A., Radojević, U., Spasić, S. (2014): Ekoremedijacija degradiranih prostora plantažiranjem miskantusa. Urednik Milovanović J. Fakultet za primenjenu ekologiju, Univerzitet Singidunum, Beograd, Srbija, ISBN 978-86-86859-30-3.
- Farrell, A.D., Clifton-Brown, J.C., Lewandowski, I., Jones, M.B. (2006): Genotypic variation in cold tolerance influences the yield of *Miscanthus*. Annals of Applied Biology, Vol. 149: 337–345.
- Felten, D., Fröba, N., Fries, J., Emmerling, C. (2013): Energy balances and greenhouse gas-mitigation potentials of bioenergy cropping systems (*Miscanthus*, rapeseed, and maize) based on farming conditions in Western Germany. Renew. Energy, Vol. 55: 160–174
- Haines, S.A. (2011): Nitrogen and Phosphorus Fertilizer Effects on Establishment of *Miscanthus X giganteus* in North Carolina. Ph.D. thesis. North Carolina State University, North Carolina, USA
- Hansen, J., Kristiansen, K. (1997): Short-term in vitro storage of *Miscanthus x ogiformis* Honda 'Giganteus' as affected by medium composition, temperature, and photon flux density. Plant Cell, Tissue and Organ Culture, Vol. 49, No. 3: 161–169.
- Jelić, I., Antonijević, D., Dražić, G., Aleksić, J., Petrić, I. (2016): Utilization of *Miscanthus x giganteus* as thermal insulation material. XXIV International Conference „Ecological Truth“ Eco-ist 16: 507–514, Vrnjačka banja, Serbia 12–15 June 2016.
- Ji-Hoon, Chung., Do-Soon, Kim. (2012): *Miscanthus* as a Potential Bioenergy Crop in East Asia. J. Crop Sci. Biotech. Vol. 15, No. 2: 65–77, DOI No. 10.1007/s12892-012-0023-0.
- Lewandowski, I., Kicherer, A., Vonier, P. (1995): CO<sub>2</sub> - balance for the cultivation and combustion of *Miscanthus*. Biomass Bioenergy, Vol. 8: 81–90
- Marišova, E., Milovanović, J., Jureková, Z., Dražić, G., Hauptvogel, M., Prčík, M., Mariš, M., Kotrla, M., Fandel, P., Ilková, Z., Gaduš, J., Popović, V., Ikanović, J., Živanović, Lj., Đorđević-Milošević, S., Radojević, U., Kováčik, M., Mandalová, K. (2016): *Agro-energy for sustainable agriculture and rural development*. Good practices from Slovakia-Serbia bilateral cooperation. ISBN 978-86-86859-53-2.
- Matyka, M., Kuś J. (2016): Influence of Soil Quality for Yielding and Biometric Features of *Miscanthus x Giganteus*. Pol. J. Environ. Stud. Vol. 25. No. 1: 213–219, DOI: 10.15244/pjoes/60108
- Monti, A., Zatta, A. (2009): Root distribution and soil moisture retrieval in perennial and annual energy crops in Northern Italy. Agriculture, Ecosystems and Environment Vol.132, No. 3–4: 252–259.

- Neukirchen, D., Himke, M., Lammel, J., Czypionka-Krause, U., Olf, H.-W. (1999): Spatial and temporal distribution of the root system and root nutrient content of an established *Miscanthus* crop. *European Journal of Agronomy*, Vol. 11, No.3-4: 301-309.
- Program Ujedinjenih nacija za razvoj u Srbiji. Uticaj promene klime na srpsku poljoprivredu. Zagrevanje useva – kako odgovoriti? 2015. ISBN: 978-86-7728-231-8
- Riche, A.B., Christian, D.G. (2001): Estimates of rhizome weight of *Miscanthus* with time and rooting depth compared to switchgrass. *Biomass and energy crops II. Aspects of Applied Biology conference*, York, Great Britain, 18-21 December 2001. Vol. 65:147-152. (Eds. Bullard MJ, Christian DG, Knight JD, Lainsbury MA and Parker SR)
- Robertson, A.D., Whitaker, J., Morrison, R., Davies, C.A., Smith, P., Mcnamara, N. (2017): A *Miscanthus* plantation can be carbon neutral without increasing soil carbon stocks. *Global Change Biology Bioenergy*, Vol. 9: 645-661, doi: 10.1111/gcbb.12397
- Schweinle, J., Rödl, A., Börjesson, P., Neary, D.G., Langeveld, J.W., Berndes, G., Cowie, A., Ahlgren, S., Margni, M., Gaudreault, C. (2015): Assessing the environmental performance of biomass supply chains: methods, results, challenges and limitations. *IEA Bioenergy*. 2015 ([https://www.fs.fed.us/rm/pubs\\_journals/2015/rmrs\\_2015\\_schweinle\\_j001.pdf](https://www.fs.fed.us/rm/pubs_journals/2015/rmrs_2015_schweinle_j001.pdf) 28.2.2022.)
- Šekler, I., Vještica, S., Janković, V., Stefanović, S., Ristić, V. (2021): *Miscanthus x giganteus* as a building material - lightweight concrete. *HemInd*. 75(3): 147-154, DOI: <https://doi.org/10.2298/HEMIND201116013S>

### **ADAPTABILITY OF *Miscanthus x giganteus* TO CLIMATE CHANGE IN SERBIA**

*Ivana Šekler*

#### Summary

Efforts to preserve human health, the environment, natural resources and biodiversity by mitigating the impact of climate change, have marked the current twenty-first century. Extreme weather events worldwide, problems with energy supply, and pollution are some of the reasons that encourage us to turn to renewable energy sources. The use of biomass for energy, construction and transport would help reduce greenhouse gas emissions and further global warming of the Earth. *Miscanthus x giganteus* is a species that can not only adapt to changes in environmental conditions caused by climate change in Serbia but also mitigate them. This makes miscanthus one of the most perspective plant species that can be effectively grown in different soil types. The paper presents the results of studying the effects of environmental conditions on biomass yield in eight years and growing seasons. The results show that miscanthus adapts to changing regimes of water availability, sunshine and temperature, which are key climatic factors for plant growth which due to climate change in our region change significantly from year to year.