

УНИВЕРЗИТЕТ У БЕОГРАДУ
ПОЉОПРИВРЕДНИ ФАКУЛТЕТ

Јелена С. Максимовић

**УТИЦАЈ ГУСТИНЕ САДЊЕ НА
ЗАКОРОВЉЕНОСТ ЗАСАДА И ПРИНОС
БИОМАСЕ МИСКАНТУСА
(*MISCANTHUS X GIGANTEUS* GREEF ET DEU.)**

Докторска дисертација

Београд, 2016.

UNIVERSITY OF BELGRADE

FACULTY OF AGRICULTURE

Jelena S. Maksimović

**EFFECT OF PLANTING DENSITY ON WEED
INFESTATION AND BIOMASS YIELD OF
MISCANTHUS**

(*MISCANTHUS X GIGANTEUS* GREEF ET DEU.)

Doctoral Disertation

Belgrade, 2016

УНИВЕРЗИТЕТ У БЕОГРАДУ
ПОЉОПРИВРЕДНИ ФАКУЛТЕТ

Ментор: Др Јасна Савић, ванредни професор, Пољопривредни факултет,
Универзитет у Београду (Посебно ратарство)

Чланови комисије:

Др Душан Ковачевић, редовни професор, Пољопривредни факултет, Универзитет
у Београду (Опште ратарство)

Др Љубиша Живановић, доцент, Пољопривредни факултет, Универзитет у
Београду (Посебно ратарство)

Др Жељко Целетовић, виши научни сарадник, Универзитет у Београду, ИНЕП,
Земун (Заштита животне средине)

Др Вељко Гавриловић, научни саветник, Институт за заштиту биља и животне
средине, Београд (Фитопатологија)

Датум одбране: _____

Захвалност

Захваљујем се мом ментору, проф. др Јасни Савић на указаном поверењу, труду при изради дисертације и вођењу менторства. Такође, велику захвалност дугујем проф. др Ђорђу Гламочлији, на инспирацији за рад у струци, за подстрек и подршку у свету науке и директан допринос за настанак ове тезе. Велико хвала др Жељку Целетовићу, вишем научном сараднику из Института за примену нуклеарне енергије, који је омогућио реализацију истраживања, корисним саветима и сугестијама значајно допринео побољшању квалитета ове дисертације. Хвала члану комисије и мом руководиоцу пројекта, др Вељку Гавриловићу, научном саветнику Института за заштиту биља, на несебичној помоћи и подстреку при изради дисертације. Захвалност дугујем проф. др Душану Ковачевићу и доценту др Љубиши Живановићу који су својим саветима ову тезу учинили бољом.

Велику захвалност дугујем колегама из Института за земљиште, др Радмили Пивић, научном саветнику, др Александри Станојковић-Себић, вишем научном сараднику и дипл. хем. Зорану Динићу, истраживачу сараднику, на сарадњи и свему што сам од њих научила. Колегама из Лабораторије за физику и хемију земљишта неизмерно хвала за помоћ приликом израде лабораторијских и пољских истраживања.

Мојој породици велико хвала на стрпљењу, разумевању, највећој и несебичној помоћи у сваком делу дисертације.

УТИЦАЈ ГУСТИНЕ САДЊЕ НА ЗАКОРОВЉЕНОСТ ЗАСАДА И ПРИНОС БИОМАСЕ МИСКАНТУСА (*MISCANTHUS X GIGANTEUS* GREEF ET DEU.)

РЕЗИМЕ

Мискантус (*Miscanthus x giganteus* Greef et Deu.) представља енергетски усев из групе ратарских биљака која годишњом продукцијом биомасе може да обезбеди задовољавајуће количине сировине за добијање биогорива. Истраживања о утицају густине садње на закоровљеност и принос биомасе мискантуса су изведена постављањем пољских микрогледа у периоду од 2011-2014. године, на земљишту типа бескарбонатни чернозем у Земуну и ритској црници у Грабовцу.

Резултати истраживања показали су да је густина садње имала статистички значајан утицај на закоровљеност засада мискантуса. На оба локалитета већа закоровљеност засада била је при мањој густини садње (2 ризома m^{-2}). Већа закоровљеност усева утврђена је на земљишту типа чернозем (локалитет Земун), док је већи број коровских врста детерминисан на земљишту типа ритска црница (локалитет Грабовца). Сува маса корова расла је од прве до треће оцене закоровљености у првој и другој години, док је мискантус у трећој години у фази метличења порастом висине стабла и бројем листова испољио одређену конкуренцију у односу на корове.

Коровске врсте нису показале исти интензитет конкуритивности у односу на мискантус. У Земуну су током трогодишњег периода у коровској заједници биле присутне *Lolium multiflorum* Lam., *Convolvulus arvensis* L. и *Sonchus oleraceus* (L.) Gou., док је изузетно конкурентна према мискантусу била *Lolium multiflorum* Lam. На локалитету Грабовац у све три године биле су присутне врсте *Convolvulus arvensis* L., *Polygonum aviculare* L., *Cirsium arvense* L., *Setaria glauca* L., *Ambrosia artemisifolia* L. и *Chenopodium album* L., али су најконкурентније за усев мискантуса биле *Setaria glauca* L. и *Ambrosia artemisifolia* L.

У трећој години на оба локалитета добијен је комерцијални принос на парцелама на којима су корови уклањани механичким путем. Највећи принос у Земуну био је у мањој густини садње ризома (2 ризома m^{-2}) - 18,60 t ha^{-1} , док је у Грабовцу највећи принос од 13,50 t ha^{-1} остварен са гушћом садњом (3 ризома m^{-2}). На закоровљеним површинама приноси су били мали у трећој години засада.

За заснивање засада мискантуса потребна су велика улагања и због тога је значајно да се уз што мање трошкове постигне оптимална густина садње. Ова истраживања показала су да се са два ризома по квадратном метру постиже оптимална густина засада која уз обавезне мере сузбијања корова од његовог заснивања, у трећој години даје комерцијални принос биомасе са минералним саставом који је чини погодном за сагоревање.

Кључне речи: мискантус, густина садње, коровске врсте, минерални састав, принос биомасе.

Научна област: Биотехничке науке

Ужа научна област: Посебно ратарство

УДК: 633.2 (Miscanthus x giganteus) : 632.51 (043.3)

EFFECT OF PLANTING DENSITY ON WEED INFESTATION AND BIOMASS YIELD OF MISCANTHUS

(*MISCANTHUS X GIGANTEUS* GREEF ET DEU.)

ABSTRACT

Miscanthus (*Miscanthus x giganteus* Greef et Deu.) is an energy crop from the group of arable crops which can provide sufficient quantity of raw material for biofuel. The study was carried out by setting up field microtrials at two growing sites Zemun and Grabovac (chernozem and humogley soil type, respectively).

The results of the study showed that the planting density had a significant effect on the weed infestation of miscanthus plantation. At both sites, the weed infestation of the plantation was increased at a lower planting density (2 rhizomes m⁻²). More intensive weed infestation was recorded in Zemun, while a larger number of weed species was determined in Grabovac. Weed dry weight was increasing from the first to third measurement of weed growth in the first and the second season, whilst miscanthus at tasseling growth stage became more competitive against weeds in the third year due to increased stem height and number of leaves per stem.

There was a differential intensity of competition between weed species and miscanthus. In Zemun, during the three-year period, in the floristic composition there were *Lolium multiflorum* Lam., *Convolvulus arvensis* L. and *Sonchus oleraceus* (L.) Gou., while *Lolium multiflorum* Lam. was extremely competitive towards miscanthus. Weed species *Convolvulus arvensis* L., *Polygonum aviculare* L., *Cirsium arvense* L., *Setaria glauca* L., *Ambrosia artemisifolia* L. and *Chenopodium album* L. were determined in Grabovac in three years, but the most competitive ones for miscanthus crop were *Setaria glauca* L. and *Ambrosia artemisifolia* L.

In the third year, a commercial yield was obtained at both sites on plots where weeds had been mechanically removed. The highest yield in Zemun was recorded at lower planting density (2 rhizomes m⁻²) - 18,60 t ha⁻¹. In Grabovac, the highest yield of 13,50 t ha⁻¹ was obtained at higher planting density (3 rhizomes m⁻²). Very low biomass yield was recorded in treatments with weed infestation, even in the third year when a commercial yield was expected.

Large investments are needed to establish miscanthus plantation, this is why it is important to achieve an adequate planting density with less costs. This study showed that planting with 2 rhizomes m⁻² can provide adequate planting density which along with weed management gives commercial yield of biomass with adequate mineral composition, suitable for combustion.

Key words: miscanthus, planting density, weed species, mineral composition, biomass yield.

Scientific area: Biotechnical Science

Specific scientific area: Special Crop Production

UDC: : 633.2 (Miscanthus x giganteus) : 632.51 (043.3)

САДРЖАЈ

1. Увод.....	1
2. Циљ истраживања	4
3. Радна хипотеза.....	5
4. Преглед литературе.....	6
4.1. Биомаса као обновљиви извор енергије	6
4.2. Значај и примена мискантуса	11
4.3. Ботанички опис мискантуса.....	17
4.4. Биолошке особине мискантуса.....	18
4.5. Услови успевања.....	21
4.6. Технологија гајења мисакнтуса.....	26
4.7. Берба мискантуса и складиштење биомасе.....	34
4.8. Принос биомасе мискантуса.....	37
4.9. Корови у усеву мискантуса и узроци њиховог ширења	40
5. Материјал и методе	42
6. Агроеколошки услови.....	46
6.1. Климатски услови.....	46
6.2. Метеоролошки подаци за период истраживања	46
6.2.1. Падавине.....	46
6.2.2. Топлотни услови.....	48
6.3. Земљиште	49
7. Резултати и дискусија	54

7.1. Утицај густине садње, локалитета и термина оцене на закоровљеност засада по фазама раста мискантуса.....	54
7.1.1. Прва година.....	54
7.1.2. Друга година.....	56
7.1.3. Трећа година.....	58
7.2. Флористички састав коровске заједнице у засадима мискантуса.....	61
7.3. Утицај густине садње, закоровљености и локалитета на висину стабла мискантуса и број листова по стаблу.....	76
7.4. Утицај густине садње и локалитета на минерални састав стабла мискантуса.....	84
7.5. Утицај густине садње, закоровљености и локалитета на принос суве биомасе мискантуса.....	90
7.5.1. Прва година.....	90
7.5.2. Друга година.....	91
8. Закључак.....	96
9. Литература.....	98
10. Прилози.....	124

1. УВОД

Род *Miscanthus* таксономски припада породици *Poaceae*, подпородици *Panicoidae*, секцији *Andropogoneae* и подсекцији *Saccharineae*. Назив рода потиче од грчких речи: $\mu\acute{\iota}\sigma\chi\omicron\varsigma$ (mischos) – стабло и $\acute{\alpha}\nu\theta\omicron\varsigma$ (antos) – цвет а односи се на главну цветну дршку или стабљику, а не на дршке индивидуалних цветова цвасте мискантуса (Brancourt-Hulmel et al., 2014). Таксономско изучавање рода *Miscanthus* започео је Андерсон 1856. године (Sun et al., 2010). Природно се јавља у релативно широком географском распону, од Источне Азије (Кореја, Кина, Јапан и суседни региони) јужно до Пацифичких острва, од око 50° северне географске ширине у Сибиру до 22° јужне географске ширине (Hodkinson et al., 1997; Hodkinson et al., 2002-a). Центри диверзификације мискантуса су у умереним северним географским ширинама, захваљујући толеранцији на ниске температуре што их битно разликује у односу на остале врсте из подсекције *Saccharineae* (Sacks et al., 2013). Као врсте погодне за производњу биоенергије издвојиле су се: *Miscanthus sinensis* Anderss., *Miscanthus sacchariflorus* (Maxim.) Franch. and *Miscanthus*×*giganteus* Greef & Deuter ex Hodkinson & Renvoize (Nagano et al., 2015).

Мискантус је вишегодишња врста, а животни век плантажа мискантуса је преко 20 година. Најстарија плантажа мискантуса у Великој Британији била је у пуној снази родности, без знакова пропадања састојина од 16 година (Finch et al., 2009), а у Данској састојина стара 18 година (Lewandowski et al., 2003a).

У Европи се испитивање и гајење највише заснива на врсти *Miscanthus*×*giganteus* Greef & Deuter ex Hodkinson & Renvoize (Greef and Deuter, 1993; Clifton-Brown et al., 2001). Расадничар Aksel Olsen пренео је мискантус из Јапана у Данску 1935. године, где је гајен као декоративна биљка (Linde-Laursen 1993; Jones and Walsh, 2001). Генотип је био познат под називом *Miscanthus sinensis giganteus* до 1993. године када га Greef. et Deu. класификује као *Miscanthus*×*giganteus* Greef et Deu. (Lewandowski, 1997). Од 1970. године започиње се са експерименталним

истраживањем биоенергетског потенцијала ове врсте као сировине за добијање различитих врста горива (Lewandowski, 1997). Као енергетски усев од 1982. године комерцијално се гаји у Данској, Холандији, Пољској, Швајцарској, Аустрији, Мађарској, Великој Британији, Немачкој и Француској, а површине под мискантусом значајно се повећавају из године у годину, а посебна експанзија последњих година овог века бележи се у Немачкој (Ji-Hoon and Do-Soon, 2012). Биомаса мискантуса је доброг квалитета за сагоревање. Поред тога, биомаса се може употребити за производњу биоразградивих производа, затим као еколошки грађевински материјал, за уређење урбаних простора и мелиорације земљишних површина (Dželetović i Glamočlija, 2011). Поред основне намене за сагоревање, Brosse et al. (2012) наводе, да низак садржај воде и пепела у биомаси пружају могућност да се она користи за добијање различитих врста течних горива, као и хемикалија поступком термохемијске конверзије.

Савремено људско друштво протеклих двадесетак година суочава се са све израженијим проблемима глобалног загревања. Потреба да се успори темпо климатских промена како би се избегао најгори могући сценарио на који упозоравају научници, циљ је којем се интензивно тежи последњих година. Посматрајући само део проблема, пољопривредна производња можда и највише осећа последице, смањењем квантитета и квалитета приноса основних биљних врста за исхрану људи и животиња, док се далеко веће последице могу осетити неповратним губитком у основним природним ресурсима (вода, земља, биљне и животињске врсте). Урбанизација, индустријализација, развој саобраћаја, евидентни раст броја становништва на Земљи и повећање животног стандарда, довели су до енормног повећања потрошње енергије, посебно у економски развијеним земљама (Kastori i Tešić, 2006). Више од 60 % емисије штетних гасова приписује се коришћењу фосилних горива (нафта, угаљ и природни гас) за добијање енергије (Dželetović i sar., 2014). С друге стране, Samardžija i sar. (2014) наводе да су традиционални извори енергије ограничени и ако се настави оваква стопа потрошње брзо ће бити комплетно исцрпљени.

Усвајањем Кјото протокола у Јапану 1997. године, постављени су циљеви за смањење емисије гасова са ефектом стакленика на међународном нивоу. Разумљиво је да су прописане обавезе најстрожије за индустријски најразвијеније земље имајући у виду да су оне и одговорне за високе нивое гасова које производе овај ефекат у атмосфери и доводе до глобалног загревања. У оквиру 21. конференције о климатским променама одржане у Паризу 2015. године, усвојен је нови глобални споразум, који има значајно амбициознији план у односу на претходни. На обавезно смањење гасова са ефектом стакленика, и дозвољеним растом температуре до 1,5°C почев од 2020. ступањем на снагу, обавезале су се 196 државе чланице, међу којима је и Република Србија. Обавеза наше земље је да до 2030. године смањи емисију за 9,8 % у односу на 1990. Према подацима Агенције за заштиту животне средине, у 2014. години у структури потрошње примарне енергије у Србији доминирају фосилна горива са близу 88 %. Од 2007. године Република Србија бележи благи али перманентни раст у погледу коришћења обновљивих извора енергије, и у претходној години је учествовала у укупној потрошњи са 12,94%. Највећи проценат искоришћења из обновљиве енергије у 2014. години, било је из биомасе (55,27 %) и хидропотенцијала (44,41 %), док је незнатно учешће геотермалне енергије (0,21 %) и биогаса (0,11 %) (Lekić i Jovanović, 2015). Као економски мање развијена држава, у односу на развијене европске, Србија значајно заостаје у погледу производње и примене чистих видова енергије, иако се не може оспорити чињеница да поседујемо природне ресурсе које би требало искористити у ту сврху. Због свега наведеног, мискантус представља врсту чијим би се гајењем на нашем подручју добиле значајне количине обновљивог извора енергије.

2. ЦИЉ ИСТРАЖИВАЊА

Основни циљеви ових истраживања били су: 1) да се утврди да ли густина садње, закоровљеност и локалитет на коме је заснован засад утичу на пораст, принос минерални састав биомасе мискантуса; 2) да се истражи да ли густина садње и агроколошки услови локалитета утичу на закоровљеност засада и да се проучи састав коровске заједнице.

Циљеви су реализовани извођењем пољског огледа на два локалитета са различитим типом земљишта. Будући да се мискантус гаји на великом међуредном растојању и да биљке у првој години имају успорен пораст, корови могу значајно да утичу на пораст биљака, што се одражава на принос биомасе у наредним годинама. Са циљем проучавања закоровљености засада мискантуса и флористичког састава коровске заједнице, током три године праћена је динамика појаве корова по фенофазама мискантуса и урађена је детерминација коровских врста.

3. РАДНА ХИПОТЕЗА

У овим истраживањима пошли смо од хипотезе да ће различите густине садње испољити утицај на пораст и принос биљака мискантуса, закоровљенст засада и минерални састав стабла. Претпоставили смо да ће у третману са већом густином садње бити смањен интензитет бокорења биљака и укупан принос биомасе, али и да ће у првој години лисном масом биљке брже покривати међуредни простор и тиме смањити пораст корова, што ће се одразити и на флористички састав коровске заједнице.

Када је реч о локалитетима, хипотеза је била да ће различити агроеколошки услови, на првом месту тип и плодност земљишта имати утицаја на принос мискантуса и флористички састав коровске заједнице.

4. ПРЕГЛЕД ЛИТЕРАТУРЕ

4.1. Биомаса као обновљиви извор енергије

Биомаса је најстарији извор енергије који је човек користио и представља општи појам за бројне, најразличитије производе биљног и животињског порекла (Oлјаћа i sar., 2007). Њихово коришћење у циљу добијања енергије захтева различито техничко и технолошко решење, па је у складу са могућностима, степена еколошке свести и расположиве количине биомасе различито у појединим земљама (Kastori i Тешић, 2006). У многим деловима света, биоенергија се сматра примарним извором енергије (Borkowska and Molas, 2013), а препорука Wright-a (2006) је да у земљама које имају велике површине неискоришћеног земљишта, главни извор обновљиве биоенергије буде биомаса. Термин биоенергија односи се на обновљиву енергију која потиче из биолошких извора и може се користити за грејање, за добијање електричне енергије или као гориво (López-Bellido et al., 2014).

Традиционално се у сврху добијања енергије из биомасе користи дрво, остаци из шумарства и дрвне индустрије, ратарски усеви и остаци пољопривредне производње. У погледу модерних енергетских извора, биоетанол, биодизел и биогаз су три главна биоенергетска производа (Yuane et al., 2008). Добијање енергије у овом облику подразумева гајење и прераду једногодишњих ратарских врста које одликује висок саджај угљених хидрата, скроба и уља као што су шећерна трска, шећерна репа, кукуруз, уљана репица, сунцокрет и соја. Главни проблем у производњи и потрошњи наведених биогорива је конкуренција производњи хране, јер врсте из којих се добијају истовремено служе и за исхрану људи и домаћих животиња. Остваривање високих приноса ових врста подразумева коришћење плодних земљишта, примену минералних ђубрива, средстава за заштиту и наводњавање. Поред тога, Crutzen et al. (2007) сматрају да употреба етанола добијеног из кукуруза или биодизела из уљане репице заправо утиче на климатске промене, ослобађањем оксида азота услед ђубрења, док Donner and Kucharik (2008) сугеришу да примена

велике количине азотних ђубрива смањује квалитет подземних вода. Неколико студија указује на то да је гајење и употреба поменутих усева који се користе за производњу прве генерације биогорива прескупа опција за редукцију гасова са ефектом стаклене баште, а њихова експлоатација може допринети деградацији животне средине (Bonin and Lal, 2012; Sims et al, 2008). Главни фактор који ће ограничити развој производње биогорива јесте доступност земљишта (Bessou et al., 2011), па се очекује да биоенергетски усеви друге генерације имају мање захтевну технологију производње која нема негативан утицај на животну средину. Високо приносни усеви познати као енергетски усеви дошли су у центар пажње као потенцијални извори биомасе (Meehan et al., 2011). Они представљају нову групу гајених усева, чија се употреба јавила као одговор на потребу смањења атмосферског CO₂ (Dželetović, 2012) и могу се поделити на зељасте и дрвенасте врсте. У групи зељастих врста најзначајније су вишегодишње врсте из породице трава: мискантус (*Miscanthus* spp.), преријско просо (*Panicum virgatum* L.), трстика (*Phalaris arundinacea* L.) и шпанска трска (*Arundo donax* L.), чија се берба врши на годишњем нивоу у периоду од 15-20 година трајања засада. Групи дрвенастих врста припадају густе засади врбе (*Salix* spp.) и тополе (*Populus* spp.), чија се берба врши на 3-5 година. Зато се с правом може рећи да се употреба ове енергије, која је обновљива, сматра корисном за околину, јер представља енергију из извора који се стално обнављају (Dželetović, 2012). У Табели 1 приказани су приноси биогорива остварени коришћењем усева прве генерације и планирани за усеве друге генерације, као и редукција гасова са ефектом стаклене баште њиховим коришћењем (Lemus and Parrish, 2009).

Вишегодишњи енергетски усеви не припадају групи биљака за производњу хране те као такви имају потенцијал за одрживу производњу биоенергије (Karr and Shield, 2008). Поред већих енергетских добитака, њиховим гајењем је значајно смањено и емитовање гасова са ефектом стаклене баште у односу на биогорива прве генерације (Adler et al, 2007), а побољшава се структура, плодност и биодиверзитет земљишта (Schrama et al, 2014). Специфично за ове усеве је да се уз минимално

уложена средства на маргиналним и деградираним земљиштима могу остварити високи приноси (Barney and DiTomaso, 2011).

Табела 1. Опсег пројектованих приноса биоетанола и смањења емисије гасова стаклене баште за изворе биогорива прве и друге генерације биогорива

Усев (компонента, генерација)	Принос биоетанола, l/ha/годишње	Смањење емисије,* %
Кукуруз (зрно, 1)	5200-5400	30-45
Мискантус (целулозна биомаса, 2)	7000-7393	35-75
Шећерна трска (шећерни сок, 1)	6797-8134	60-85
Слатки сирак (шећерни сок, 1)	2524-7012	25-35
Преријско просо (целулозна биомаса, 2)	3085-7573	35-75

Извор: (Lemus and Parrish, 2009)

*Представља могуће редукције концентрације CO₂ у атмосфери узимајући у обзир угљеник у биомаси (изнад и испод земље), смањење агротехничких улагања (орање, гориво, садња и прихрањивање) у поређењу са традиционалним гајењем усева

Особине које су пожељне за енергетски усев (Boléo, 2011; Cameron, 2014):

- висок и стабилан принос биомасе по јединици површине, са високим садржајем суве супстанце у време бербе,
- ефикасно претварање сунчеве светлости у биомасу,
- конкурентнији принос у односу на традиционалне усеве,
- одржив енергетски биланс, односно позитиван енергетски биланс у односу на однос (улаз/излаз), а посебно нето добит (излаз - улаз),
- ефикасна транслокација хранљивих материја - корен/изданак,
- ефикасно коришћење воде јер њен недостатак лимитира повећање површина под енергетским усевима у већем делу света,
- технологија производње у складу са концептом одрживе пољопривреде,
- толерантност на екстремне услове спољашње средине (суша, болести и штеточине),
- доступност садног материјала (семе, ризом, биљка),
- једноставна жетва, складиштење и транспорт,

- високи приноси на земљиштима на којима се не гаје усеви за производњу хране,
- погодност за конверзију у различите облике енергије
- не би требало да поседује инвазивни потенцијал.

Разумљиво, ни један од усева који се гаји у енергетске сврхе не испуњава све наведене захтеве, а Brandao et al. (2010) наводе да смањење гасова са ефектом стакленика зависи од избора усева и његовог начина коришћења као енергента. Према резултатима које наводе Lewandowski et al. (2003) вишегодишње траве имају потенцијал за производњу енергије захваљујући високом приносу биомасе, затим високом садржају лигнина и целулозе, као и позитивном утицају на животну средину у целини. Друго, лигнификовани усеви могу остати усправни при ниском садржају воде. Како њихова биомаса има низак садржај воде, она се може осушити "на стаблу", а уједно је могућа и касна берба којом се добија бољи квалитет сировине (Hartman, 2001). Предност гајења вишегодишњих трава огледа се у примени једноставне агротехнике и могућности гајења на мање квалитетним земљиштима (Bilandžija, 2014). У Табели 2. дат је преглед најзначајнијих енергетских врста гајених широм Европе, са основним потребама према условима средине и хранивима као и потенцијалом родности (Allenet al., 2014).

Поред напред наведених добрих особина, вишегодишње ризомске траве редукованом обрадом и малом употребом хемијских средстава, током вишегодишњег животног циклуса образују велику биомасу кореновог система који поспешује активност земљишне микрофауне, а надземна маса пружа уточиште великом броју птица, инсеката и дивљачи током већег дела године (Fernando et al., 2010), што све укупно повољно делује на биодиверзитет подручја гајења. Дуг период без обраде земљишта смањује ризик од појаве ерозије и повећава се садржај угљеника у земљишту (Kahle, 2000; Mehdi et al., 2000).

Табела 2. Преглед енергетских врста, принос, агроеколошки услови успевања и главне области гајења у Европи

Енергетски усеv	Принос	Услови успевања	Потребе за храњивима	Главне области гајења у Европи
Шпанска трска <i>Arundo donax</i> L.	6-7 t/ha	Углавном расте у топлим и суптропским климатским зонама, мада може успева и у областима са повременим хладним периодима. За гајење погодује влажно земљиште.	N 50-100 kg/ha	Медитеранско подручје
Мискантус <i>Miscanthus</i> spp.	5-13 t/ha на маргиналном земљишту; 7-44 t/ha на наводњаваном обрадивом земљишту; 13- 44 t/ha у топлим регионима	Прилагодив свим климатским зонама у Европи, осетљив на изузетно ниске температуре и дуготрајну сушу. Ефикасније се заснива на лакшим земљиштима, мада су бољи приноси на земљишту тежег механичког састава (бољи водни режим)	Висока ефикасност усвојених хранива, мале потребе	Велика Британија, Француска, Ирска, Немачка, Аустрија, Мађарска, Швајцарска, Холандија, Пољска
Третица <i>Phalaris arundinacea</i> L.	4-7 t/ha	Добро адаптирана на хладна климатска подручја, успешно презимљава и у Северној Скандинавији, расте на свим типовима земљишта, чак и лоше дренираним.		Финска, Шведска, Данска
Преријско просо <i>Panicum virgatum</i> L.	5-10 t/ha у топлим климатском подручју, плодно до средње плодно земљиште; 10,9 t/ha гајен као чист усеv 4,4 t/ha у смеши са другим усевима.	Прилагодљив различитим климатским условима, мање на северној географској ширини.	Потребно је унети хранива са заснивањем засада, касније има мале потребе, 0-70 kg/ha	Занемарљиво, осим Високих процена за Румунију
Топола <i>Populus</i> spp.	Углавном од 5-10 t/ha; 2,2-11,4 t/ha на терену бивше депоније у Белгији; 3,6 t/ha на месту некадашњег рудника.	Погодна за умерене регионе, захтева велику количину падавина/ наводњавање, гаји се на лошијим земљиштима.	Мале количине ђубрива	Италија, Немачка, Данска
Врба <i>Salix</i> spp.	5-10 t/ha (Ирска); 8-10 (Шведска); 8-20 (Велика Британија);	Углавном у континенталним климатским зонама, најбоље у Северној Европи, расте на широком дијапазону земљишних типова.	Шведска: ђубрење се не примењује се у 1. години заснивања; 45 kg/ha у 2. години, 100-150 kg/ha у 3. год.	Велика Британија, Пољска, Данска

Извор: Allen et al. (2014)

Земљишни ресурси су свакако ограничени, тако да се оно мора рационално користити за производњу хране, биоенергије и других сировина. Компромис се може постићи избором одговарајуће врсте. Одлука произвођача да производи енергенте уместо хране, зависи пре свега од њихове цене, односно остварене зараде, капацитета на пољопривредном имању и наравно субвенција државе за такву производњу (Олјаћа и сар., 2007). Поред економске користи, процењује се да ће производња енергије гајењем одговарајућих биоенергетских усева значајно допринети мултифункционалности пољопривреде (Dželetović et al., 2010), а главни мотив за будуће коришћење ових усева у Србији је могућност остваривања високог нивоа енергетске аутономије пољопривредних газдинастава (Dželetović i Mihajlović, 2011). Од средине 80. година прошлог века у САД и Европи расте интересовање за гајење вишегодишњих трава као обновљивих извора енергије (Lewandowski et al., 2003), а као најперспективнија врста из породице трава је интерспецијес хибрид *Miscanthus x giganteus* Greff et Deu. (Atkinson, 2009; Burner et al., 2009; Lewandowski et al., 2003).

4.2. Значај и примена мискантуса

Основни број хромозома мискантуса је 19 (Adati and Shiotani, 1962; Greff et al., 1997). *Miscanthus x giganteus* ($2n = 3x = 57$) је интерспецијес хибрид, настао укрштањем диплоидне врсте *Miscanthus sinensis* ($2n = 2x = 38$) и алотетраплоидне *Miscanthus sacchariflorus* ($2n = 4x = 76$) (Hodkinson et al., 2002-б). Као последица своје триплоидности *Miscanthus x giganteus* је стерилан и не може образovati семе (Linde-Laursen, 1993). Како наводе Greff et al. (1997) позитивна страна добијеног триплоида је ефикасна продуктивност биомасе као резултат ефекта хетерозиса која се обично јавља у насталим хибридима. Осим тога, немогућност размножавања семеном смањује ризик од појаве инвазивности и неконтролисаног ширења врсте *Miscanthus x giganteus* са плантажа на околне површине. Cichorz et al. (2014) наводе да све ово указује на ограничену генетску варијабилност док Zub and Brancourt-Hulmel (2010) истичу да се по свој прилици гајење овог биоенергетског усева у Европи и

Северној Америци заснива на основу само једног клона. За успешно развијање мискантуса неопходна је шира генетска основа са више варијетета адаптираних на различите услове средине и као превенција ширењу болести и штеточина (Lewandowski et al., 2003-a). Практично не постоји званична колекција генетског материјала мискантус врста осим појединих декоративних варијетета и локалних популација у склопу ботаничких башти, научних института и приватних компанија (Jakob et al., 2009). Да би побољшали продуктивност биомасе и производне особине обећавајућег кандидата за производњу биоенергије, Brancourt-Hulmel et al. (2014) напомињу да је неопходно да се спроведе детаљно истраживање базе генетских ресурса врста *Miscanthus* рода и њихових блиских сродника. Оплемељивачки програми генетичког унапређења мискантуса фокусирани су углавном на продуктивност и састав биомасе заједно са особинама које ограничавају инвазивност, као што су ширење ризома и стерилитет семена, и повећана толеранција према стресним условима изазваним дејством абиотичких и биотичких фактора (Clifton-Brown et al., 2008; Zub and Brancourt-Hulmel, 2010). Европски пројекат OPTIMISC (Оптимизација Производње Биомасе Мискантуса) са партнерима из Европе, Кине и Русије, Француски пројекат BFF (Биомаса За Будућност) и слични широм света започети су претходних година и имају за циљ испитивање потенцијала нових *Miscanthus* генотипова, њихову толерантност на водни дефицит, салинитет, ниске температуре и способност конверзије биомасе у горива високе вредности (Brancourt-Hulmel, 2010).

Биомаса мискантуса нуди широк спектар крајњих производа и начина коришћења у зависности од процеса трансформације (Nsanganwimana et al., 2014). Иновативне технологије омогућавају трансформацију лигноцелулозне биомасе у биогорива, топлотну и електричну енергију (Brosse et al., 2012). Комерцијална употреба мискантуса првенствено је намењена за ко-сагоревање угља у термоелектранама (Wagenaar and Van den Heuvel, 1997) што подразумева коришћење класичних котлова или модификацију за ефикаснију искоришћеност потенцијала мискантуса. Различитим технологијама сабијања, биомаса мискантуса дорађује се у

чврста биогорива (брикет, пелет, бала) за ефикасније коришћење у производњи електричне енергије и топлоте (De Vries et al., 2010; Jeguirium et al., 2010). Babović i sar. (2012) истичу да се у Европи највећи проценат биомасе мискантуса користи за сагоревање у облику бала и то на два начина: у биоелектранама које за спаљивање користе чисту сламу, чија је инфраструктура још у фази развоја и зависи од субвенција (нпр. Elean биоелектрана - Ели, Велика Британија) и за ко-сагоревање у котловима за спрашени угаљ, као далеко развијенији начин примене (Drax - Јоркшир и Abertaw - Јужни Велс).

Биомаса мискантуса се користи за сагоревање захваљући погодном хемијском саставу. У биомаси мискантуса просечна количина С износи 47 % с. м.; Н-5,9 % с.м; и О-42,4 % с.м. и он не зависи претерано од локације и времена бербе, док у поређењу са другим лигноцелулозним усевима садржи мање воде, Cl, К, N, S и мање количине пепела (Lewandowski and Kicherer, 1997; Lewandowski and Heinz, 2003ц). Садржај Cl, К, N и S има значајан утицај на квалитет сагоревања, посебно повећан садржај Cl и К, може смањити тачку топљења пепела и узроковати корозију (Brosse et al., 2012). Одложеном пролећном бербом побољшава се квалитет сагоревања мискантуса услед релативно нижег садржаја Cl, К и N (Lewandowski et al., 2003ц). Топлотна вредност сламе мискантуса тесно повезана је и зависи од елементарног састава ћелијског зида и пепела и креће се од 17 MJ kg⁻¹ до 20 MJ kg⁻¹ (Brosse et al., 2012). На квалитет сагоревања, посебно топлотну вредност утиче минерални састав пепела (20-40 % SiO₂, 20-25 % K₂O, 5 % P₂O₅, 5 % CaO и 5 % MgO) и у директној је вези са садржајем праха и глине у земљишту, а ниска тачка топљења пепела доводи до повећаног садржаја згуре (Moilanen et al., 1996; Acaroglu and Aksoy, 1998).

Енергија биомасе мискантуса са једног хектара, од око 20 t суве биомасе, одговара енергетској вредности 12 t каменог угља (Lewandowski et al., 1995). Исти аутори истичу да се за сваки GJ каменог угља, у току припреме и сагоревања, у атмосферу емитује 96,6 kg CO₂ за разлику од мискантуса чијим се сагоревањем може сачувати 90% емисија CO₂. El-Bassam et al. (1996) наводе да је 30 t суве супстанце

мискантуса еквивалент 12.000 литара лож уља. Сагоревањем мискантуса у атмосфери се испушта она количина CO₂ коју су биљке током године процесом фотосинтезе уградиле у органску супстанцу, док се сагоревањем угља извлаче нове количине из дубине земље и повећавају укупне количине у атмосфери. Оно што га такође препоручује за гајење је енергетски принос по хектару, који је знатно већи у односу на друге усеве: мискантус 590 GJ ha⁻¹, тритикале 281 GJ ha⁻¹, трстика 129 GJ ha⁻¹, тако да Lewandowski and Schmidt (2006) као најбољи начин за повећање ефикасности коришћења ресурса у производњи биоенергетског горива, препоручују гајење мискантуса у рејонима погодним за ову врсту.

Захваљујући високом приносу биомасе и високом садржају целулозе мискантус се користити за производњу биоетанола. За разбијање лигноцелулозне структуре неходно је применити одређени хемијски, физичко-хемијски и биолошки предтретман (Brosse et al., 2012). Поступак предтретмана је и даље један од најскупљих корака, због чега је и производња биоетанола из лигноцелулозног материјала технолошки захтевнија и знатно скупља. Избор технологије за предтретман одређене биомасе зависи од њеног састава и нуспродуката насталих као резултат предтретмана (Babović i sar., 2012). Dželetović (2012) истиче да се последњих година интензивно истражују пиролизне течности добијене од мискантуса и њихова рафинација. Пиролизне течности, обично називане "биоуљима", састоје се од микроемулзије производа прелазне деградације полимера биљних ћелијских зидова: целулозе, хемицелулозе и лигнина (Bridgwater, 2007). Према студији Nexant-a (2007) трошкови производње био-уља из биомасе још увек представљају препреку, а кључним факторима сматра се локација прераде, набавка сировина, финансијских подстицаја и комерцијализација технологије ових материјала у течна горива.

Осим у сврхе добијања енергије мискантус се показао као изузетно цењен материјал за широк опсег производа. Веома је интересантан сировински материјал за производњу папирне пулпе, због високог приноса, малих трошкова одржавања и високих садржаја целулозе и хемицелулозе (Dželetović i Glamočlija, 2011). Главна

сировина за добијање папира у Кини је варијетет *Miscanthus sacchariflorus* док је индустријска производња папира добијеног од врсте *Miscanthus x giganteus* још у фази истраживања (Babović i sar., 2012). Стабла мискантуса се у Источној Азији користе у сврху израде традиционалних кровова (Ji-Hoon and Do-Soon, 2012). У новије време, постаје предмет интересовања као извор влакана у производњи грађевинског материјала. Употребом влакана биљног порекла смањује се осетљивост и уједно повећава пластичност материјала. Ово својство материјала повећава капацитет апсорпције енергије, а стога и отпорност на земљотрес и друге елементарне непогоде како истичу Agoryan and John (1992). Такође се може користити у производњи бетона и блокова (ValBiom, 2009). Објекти изграђени блоковима са влакнима мискантуса служе као одлична изолација од буке (Nsanganwimana et al., 2014). У свом истраживању Asikel (2011) је коришћењем млевеног мискантуса као адитива, добио бетон повољних особина: повећаване чврстоћа на притисак (за 4-28 %), на сабијање (за 9-25 %) и савијање (за 4-9 %), а као јефтин и лако доступан извор материјала препоручују га за даље испитивање и комерцијално коришћење. Мискантус се добро показао као грађевински материјал за производњу столарије у виду компресованих плоча од чистих влакана мискантуса или у комбинацији са дрветом (Velasquez et al., 2003; Park et al., 2012). Harvey and Hutchens (1995) су у истраживању производње медијапана од мискантуса констатовали погодност влакна мискантуса, чији се квалитет може упоредити са медијапаном добијеног од комада дрвета. Dželetović i Glamočlija (2011) истичу да мискантус представља све популарнију декоративну траву, која се прилагођава различитим условима гајења и начинима примене у дизајнирању урбаних зелених површина и окућница. Добро подноси аерозагађивање и засенченост, а уз мало труда током периода расађивања, представља идеално пејзажно решење током вишегодишњег периода.

Слама мискантуса може бити добар избор за малчирање земљишта (Fowler et al., 2003; Dželetović i Glamočlija, 2011; In der Beeck et al., 2006). Простирка од мискантуса ефикасно спречава раст корова, пружа одличну заштиту биљкама у

екстремним температурним периодима године, ублажава дејство еолске и ерозије водом, а такође има врло високу стопу задржавања воде и ограничава испаравање у топлом периоду. Овај малч је изузетно издржљив у поређењу са обичним, а за његово ефикасно деловање потребне су мање количине у односу на друге материјале намењене малчирању (Ikanović i sar., 2015). Као биоразградив материјал одличан је извор храњивих материја земљишту, светле је боје па све укупно естетски и еколошки доприноси таквим површинама. Слама мискантуса користи се као простирка за живину, говеда и коње (Caslin et al., 2011). Комбинација коњског стајњака са сламом мискантуса у Швајцарској користи се за добијање квалитетног органског ђубрива (ValBiom, 2009). Биочађ добијен процесом пиролизе мискантуса може се користити за поправку физичко-хемијских особина и повећање плодности земљишта (Melligan et al., 2012). Обећавајући је кандидат за фиторемедијацију тешких метала у земљишту (Hartley et al., 2009) док га (Jones et al., 2006) предлажу за ремедијацију земљишних процедурних вода. Wanat et al. (2013) наглашавају да *Miscanthus* × *giganteus* може да расте на високо загађеним земљиштима вршећи краткотрајну улогу њихове фитостабилизације без допунских улагања у мелиоративну поправку. Како истичу Dželetović et al. (2013) мискантус се може гајити на одлагалишту пепела и шљаке (у непосредном окружењу рударско и електроенергетских постројења) на техногеној подлози која се сматра веома подложном ерозионим утицајима и која је екстремно неповољна за пораст других биљака. Усев мискантуса, формиран на таквим земљиштима, успешно и ефикасно врши фитостабилизацију површине. На земљишту контаминираном тешким металима, неподесним за гајење усева за производњу хране, Chauvat et al. (2014) су установили потенцијал раста биоенергетских усева а аналогно томе позитиван утицај на диверзитет земљишне фауне. Просечан број врста земљишне фауне у огледу са мискантусом била је 30 % већа у односу на оглед са преријским просом и 424 % већа у односу на земљиште под усевом пшенице.

4.3. Ботанички опис мискантуса

Мискантус има жиличаст коренов систем максималне дубине продирања до 2,5 m (Glamočlija i sar., 2012). У орничном слоју земљишта (0-30 cm) развија се 28% масе корена, док је скоро половина коренова присутна у земљишним слојевима испод 90 cm дубине (Neukirchen et al., 1999). Густина коренова мискантуса у површинском слоју земљишта нижа је него код једногодишњих усева и она опада са повећањем удаљености од центра биљака (Neukirchen et al., 1999). Концентрација минералних материја у корену опада са повећањем дубине, а значајно је већи садржај азота и калијума, него фосфора (Neukirchen et al., 1999). Дубље укорјењавање омогућава усвајање минералних соли и воде из дубоких слојева земљишта, тако да биљке имају интензиван пораст и на земљиштима мање плодности ораничног слоја (Glamočlija i sar., 2012). Мискантус развија вишегодишња подземна стабла ризома (Glamočlija i sar., 2012) чијом је деобом најлакши и најраширенији начин размножавања. Род *Miscanthus* развија два основна типа ризома. *Miscanthus sacchariflorus* образује широке, дебеле и пузајуће ризомае, док *Miscanthus sinensis* развија тађе ризомае у форми бусена. *Miscanthus × giganteus* као њихов хибрид, образује интермедијални тип ризома (Lewandowski et al., 2003a). Кључну улогу у економисању хранивима у мискантусу играју ризоми (Dželetović, 2012). Ефикасно коришћење азота одлика је транслоцирања азота из ризома ка надземном делу у пролеће а потом ка ризомима на крају вегетационе сезоне (Beale and Long, 1997). Од укупне подземне биомасе жиличастом корену припада око 30 % укупне масе (Neukirchen et al., 1999) при чему, маса ризома у пуној фази пораста достиже 23,8 t h⁻¹ (Dohleman et al., 2012). На број образованих стабала из једног ризома утиче његова маса приликом садње (Glamočlija i sar., 2008). Аутори истичу да је у години садње, из ризома масе <45 g израсло просечно 7 стабала мискантуса, садњом ризома масе од 45-65 g израсло је просечно 11 стабала, а садњом ризома >65 g просечан број израслих стабала незнатно се повећава (просечно 11,3 стабала). Надземна једногодишња стабла су усправна, чврста, и не полежу (Glamočlija i sar., 2012). У години садње достижу просечну висину 1-2 m и пречника стабла од 10 mm (MAFF,

2001). Од друге и у наредним годинама раста, стабла мискантуса достижу висину од 2,0 до 3,5 m пред крај вегетације (Dželetović, 2012). Стабла мискантуса веома су слична бамбусовим штаповима (MAFF, 2001). Обично се не гранају а унутрашњост им је испуњена паренхимом који образује чврсто језгро (Dželetović, 2012). Листови су једноставне грађе. Лиске су ширине 0,5-1,8 cm, тврде, рапаве, са задебљалим главним нервом (Glamočlija i sar., 2012). Избијају из коленаца на стаблима у другој половини априла и појављују се сукцесивно са порастом стабла (Glamočlija i sar., 2012). На почетку интензивног пораста у висину растојање између листова износи 2-5 cm, док у каснијим фазама, са издуживањем стабла износи 6-25 cm (Dželetović i sar., 2011). Старењем листови губе мекоћу и еластичност и постају крути и оштри.

Мискантус развија метличасте цвасти, али су цветови у њима стерилни. (Glamočlija i sar., 2012). Лепезастог су облика, дужине до 30 cm (El Bassam, 2010). Цветање траје од септембра до новембра (El Bassam, 2010). Мискантус не цвета сваке године. У агроколошким условима шире околине Београда, од средине септембра, па све до краја октобра, на највишим стаблима мискантуса образују се метлице, дужине 25-35 cm (Dželetović, 2012). Према Dželetovićу (2010) метлице су се образовале на парцелама без примене минералних ђубрива, док је код третмана са ђубрењем развој метлица изостајао. Метлице обично опстају на стаблу и током зимских месеци, па се неретко могу наћи и у обраној биомаси (Voight et al., 2012).

4.4. Биолошке особине мискантуса

Животни циклус мискантуса започиње садњом ризома или микропропагираних биљака. Након садње у години оснивања или после бербе у наредним годинама, пролећни пораст надземних стабала започиње у априлу, када температура земљишта пређе преко 10 °C (Farrell et al., 2006). У повољним условима, ницање отпочиње 7-10 дана након садње ризома (Dželetović i sar., 2011). Без обзира на униформност сађења, ницање и почетни раст у години садње нису равномерни

(Dželetović, 2012), а примена минералних ђубрива нема утицај на ницање и почетни пораст (Dželetović, 2010). Након ницања, број продуктивних надземних делова по биљци повећава се током маја, јуна и јула а укупан број израслих стабала по једној биљци *M. giganteus* иде и до 40 у огледима спроведеним у Британији (Bullard et al., 1997). У првој години из једног посађеног ризома најчешће прво ничу 1-2 изданака, док се током вегетације крајем пролећа и с почетком лета појављују нови изданци. У наредним годинама ницање је знатно униформније и образује се већи број изданака по ризому (Dželetović, 2012). Caslin et al., (2010) истичу да у години заснивања из једног ризома ниче 1-2 изданка, у другој 15 а у трећој и до 50 изданака. Честа је појава да одређен број продуктивних стабала током вегетације пропадне, и у бокору остане 25 стабала (Zub and Brancourt-Hulmel, 2010). Најчешће страдају најмлађи изданци, док старији настављају интензиван раст у висину и током августа, септембра и октобра, у зависности од климе и времена протеклог између ницања и цветања (Zub and Brancourt-Hulmel, 2010). Ова појава, како истичу Christian et al. (2008) везује се за старењем састојине, где је са просечном густином од 32,2 стабала по биљци у другој години гајења, са мањим одступањем, број стабала опао на 9,2 у десетој години гајења.

Miguez et al. (2008) истичу да на стопе раста мискантуса утичу агроколошки услови (тип земљишта, падавине и температура) и технологија гајења (густина садње и примена минералних ђубрива). El Bassam (1994) истиче да у Европским условима, у години садње, чврста усправна стабла порасту до 2 m висине, док се у наредним сезонама бележи пораст и до 4 m. Стопа раста мискантуса током прве две године раста интензивна је до јуна и износи $3 \text{ cm}^{-\text{dan}}$, када усев достиже висину од 170 cm. Након средине јуна усев наставља раст, али са нижим стопама од $0,5 \text{ cm}^{-\text{dan}}$ у првој години и $1,0 \text{ cm}^{-\text{dan}}$ у другој години гајења до коначних 233 cm у висину на крају прве, односно 323 cm на крају друге године гајења (Danalatos et al., 2007). На бољу стопу пораста у другој години утицали су повољнији климатски услови и дужа вегетациона сезона, док ђубрење и густина садње нису имали утицаја (Danalatos et al., 2007). У агроколошким условима шире околине Београда, у периоду интензивног

раста у висину, просечне стопе раста мискантуса износе од 1,81 до 2,17 cm^{-dan} (Dželetović, 2012) при условима оптималне обезбеђености водом, независно од количине употребљених ђубрива.

Развој прва два листа започиње одмах по ницању, из меристемског ткива на вршном делу неозелењеног изданка (Dželetović, 2012). Растом у висину, старији листови даље се развијају померањем у страну, а нови израстају из вршног дела стабла (Dželetović, 2012). Достицањем максималне висине стабала престаје и развој нових листова (Dželetović, 2012). Вредност индекса лисне површине расте током вегетационог периода, а максимум достиже у фази цветања, након чега усев почиње да стари (Cosentino et al., 2007). Време потребно да се постигне максимални индекс лисне површине опада са старошћу састојине (Cosentino et al., 2007). Према резултатима Cosentino et al. (2007) у првој години заснивања, максимални индекс лисне површине постигнут је у септембру, а наредних сезона раста средином јула. У складу са тим и вредност индекса лисне површине расте са годинама гајења, тако је максимална вредност од 7–8 m² m⁻² добијена трогодишњем усеvu мискантуса (Strullu et al., 2011). Према резултатима Clifton-Brown et al. (2000) зрео усев мискантуса, при вредности индекса лисне површине од 3,0 ефикасно хвата око 90 % корисне фотосинтетске радијације. Захваљујући C₄ типу фотосинтезе и вишегодишњем ризомском систему, *M. giganteus* показује прилично добру комбинацију ефикасног коришћења радијације, воде и азота за производњу биомасе (Lewandowski and Clifton-Brown, 2000; Lewandowski and Schmidt, 2006). За разлику од C₃ биљака, C₄ биљке имају 40 % већи потенцијал конверзије светлосне енергије у енергију биомасе (Monteith, 1978), а прилагођеност *M. giganteus* на раличита климатска подручја омогућава му високу продукцију биомасе јер и у умереном подручју Велике Британије постиже 37 % већу ефикасност конверзије у односу на алохтоне C₃ биљке (Beale and Long, 1995). Способност да развија фотосинтетски активне листове и при температурама од 6°C, што је испод минимума за кукуруз, и високу продуктивност на 52° северне географске ширине, чини га продуктивнијим и од C₃ усева прилагођеним таквим поднебљима (Wang et al., 2008).

Доњи, најстарији листови почињу са сушењем и одумирањем крајем јула (Glamočlija i sar., 2012). Појавом 10-12 листа, започиње процес сушења, најнижег, првог листа, а са појавом сваког следећег листа у врху стабла, сушењу подлеже најнижи (Dželetović, 2012). Значајније снижавање процента озелењености мискануса гајеног у агроеколошким условима Србије започиње током летњих месеци, појавом веома високих температура праћених ниском релативном влажношћу ваздуха (Dželetović, 2012). Крај периода раста поклапа се са падом температуре а потпуно сазревање и сушење почиње са првим мразом (Christian and Naase, 2001). Интезивнијом минералном исхраном биљака продужава се вегетативни пораст до половине новембра, а у условима без допунске исхране завршава се средином октобра (Glamočlija i sar., 2012). Тада се хранива и продукти фотосинтезе транслоцирају из надземног дела у ризоме (Brancourt-Hulmel 2010; Glamočlija i sar., 2012). Током зиме са зрелих стабала опадају суви листови и образују лисну стељу, а преостали на стаблу се суше измрзавањем (Glamočlija i sar., 2012). До бербе у фебруару, стабла се суше под утицајем мраза, тако да садржај воде у њима опада на око 30 % (Glamočlija i sar., 2012; Dželetović, 2012). Након бербе, нови вегетативни развој почиње сваког пролећа, при повољним температурама ваздуха и земљишта.

4.5. Услови успевања

На принос мискантуса велики утицај имају услови спољне средине, и то осунчаност, температура ваздуха, и количине и распоред падавина (MAFF, 2001). Познато је да C_4 биљне врсте ефикасније користе воду због елиминисања процеса фотореспирације, те им је за производњу исте количине биомасе потребно много мање воде него C_3 биљкама (Sage and Monson, 1998). Иако је искоршћеност воде већа него код већине усева, пораст је често ограничен у условима неповољног водног режима (Glamočlija, 2012). Добра обезбеђеност водом предуслов је за успешно заснивање усева и високе приносе биомасе (Zub and Brancourt-Humel, 2010). Земљишни услови у години заснивања су критични када је количина падавина током

лета ниска (Davies et al, 2011). Мискантус не толерише дуготрајне сушне периоде, у супротном долази до убрзаног сушења надземног дела, опадања листова и раста корена на рачун ризома (Lewandowski et al, 2000). За укупан развој биљака најповољнија су превлажена земљишта (Glamočlija, 2012). Коефицијент искришћења воде у наводњаваним усевима износи $9,1 \text{ g kg}^{-1}$, док је у усевима који се водом обезбеђују искључиво од падавина ефикасност искоришћења износила $9,5 \text{ g kg}^{-1}$ (Beale et al, 1999). Међутим, у условима суше, мискантус би у првој години требало наводњавати како би се убрзало растење биљака и повећао интезитет бокорења што све укупно побољшава степен заснивања усева (Dželetović i sar., 2006; Lewandowski et al., 2000). У супротном, на земљишту исушеног површинског слоја у години заснивања, изостаје интензивнији пораст стабала и бокорење биљака, што погодује и доприноси развоју корова (Glamočlija i sar., 2012). Резултати експеримента у контролисаним условима (клима коморе) показали су да надземна стабла мискантуса пропадају након 30 дана без воде, али и раст нових изданака након заливања, док заливањем након 60 дана без воде није примећен пораст нових изданака (Hastings et al., 2009). У умереним климатским подручјима, за постизање високих приноса мискантуса довољна је количина падавина од 800 mm (Schwarz, 1993), док Ikanović i sar. (2015) истичу да је добро распоређених 600 mm падавина у периоду вегетације пожељна количина. Dželetović et al. (2013) истичу да поједини региони у Србији припадају степским областима, са количином падавина испод 600 mm (делови североисточне, централне и југоисточне Србије) па би закључак био да поједини локалитети имају ограничен потенцијал за гајење мискантуса због лошег режима падавина током вегетационе сезоне. Добро заснован засад мискантуса одолева екстремним метеоролошким условима: јаким и дуготрајним зимским мразевима, дуготрајној суши и топлотним ударима током лета, оштећењима узрокованим градом и изложеност дуготрајном превлаживању и поплавама (Dželetović i sar., 2014). Када вода није ограничавајући чинилац мискантус боље расте у топлим подручјима (Christian and Haase, 2001).

За оптималан развој биљака мискантуса велики значај има топлотни режим током вегетационог периода (Glamočlija i sar., 2012). Иако продуктивнији и ефикаснији у коришћењу ресурса, C₄ усеви заахтевају топлије услове за почетни пролећни раст за разлику од C₃ врста (Long, 1983). У поређењу са другим C₄ врстама (као што је кукуруз) сматра се толерантном према хладноћи и издржљивом у умереним климатским областима Европе, сматрају Qingwu et al. (2013). *M. × giganteus* расте из дормантног зимског ризома када температуре земљишта пређу 10-12 °C (Clifton-Brown, 1997). Лисна експанзија јавља се на температурама од 5-10 °C (Clifton-Brown and Jones, 1997).

Главно ограничење дугој сезони раста мискантуса је појава касних пролећних мразева, који могу уништити тек поникле листове и смањити трајање сезоне раста. Zub et al. (2012) су у контролисаним условима испитивали толерантност неколико врста мискантуса, где се као толерантнији према мразу показао варијетет *M. sinensis* за разлику од варијетета *M. giganteus*. Исти аутори наводе да је значајно оштећења од мраза претрпео мискантус у фази 6-7 образованих листова, што је у природним условима редак догађај, обзиром да су у том периоду узраста биљака појаве касних пролећних мразова мала вероватноћа. Додатно и аклиматизација биљака у фази од 3-5 листова на 6-8°C повећава толеранцију у каснијем периоду раста (Zub et al., 2012). Појава ниских температура може бити проблематична у земљама северне Европе, па се при избору датума садње мора водити рачуна јер свако оштећење од мраза може утицати на принос у наредним годинама гајења (Zub et al., 2012). Примарни проблем у производњи мискантуса је слабо презимљавање ризома у првој зими након садње (Dželetović, 2012). Lewandowski et al., (2000) истичу да је у земљама северне Европе висок ризик од зимских губитака ограничавајући чинилац гајења *M. × giganteus*. Ризоми страдају ако се температура земљишта на дубини од 5 cm спусти испод -3,5°C (Clifton-Brown and Lewandowski, 2000). Да би се повећао степен презимљавања засада, садњу ризома треба обавити на већу дубину, са већим ризомским одсечцима а као допунску меру малчирати површину сламом или листовима мискантуса (Glamočlija i sar., 2012). У другој и наредним сезонама гајења биљке су толерантније

према зимским мразевима а проблеми презимљавања (измрзавања) ризома мискантуса нису забележени (Dželetović, 2010). У заснованом усеу, развијен ризомски систем на дубини испод 5 cm има већи број клица које могу образовати изданак иако дође до измрзавања (Hastings et al., 2009). Проблем презимљавања ризома током прве зиме после садње мискантуса гајеног у Србији, у мањем степену забележио је Dželetović (2012). Исти аутор наводи да температурне прилике за шире подручје Београда указују на потенцијални ризик измрзавања ризома осетљивих према мразу, а снежни покривач, који у Србији може да потраје и до 40 дана, као термички изолатор ефикасно их штити током зиме.

Мискантус може да расте на већем броју типова земљишта укључујући и маргинална. С обзиром на дубок коренов систем, услов за образовање велике количине биомасе и континуитета у снабдевању влаге у току вегетације, може се обезбедити на земљишту добрих производних способности (дубоког профила), средње тешког механичког састава, као што су иловаче, глиновите иловаче, песковито глиновите иловаче или иловасте глине. Оснивање након садње боље је на песковитим земљиштима, углавном због ниже конкуренције са коровима, док се посматрано на дужи рок већи приноси остварују на земљиштима тежег механичког састава са побољшаним капацитетом воде (Schwarz et al., 1995).

Добар водни капацитет је најважнија одлика земљишта када је реч о гајењу мискантуса (Lewandowski et al., 2003-a). Највећи приноси добијају се на земљиштима са повољним водним режимом (Dželetović, 2012). Може се гајити у широком распону рН вредности земљишта, а оптимум је између 5,5 и 7,5 рН (Glamočlija i sar., 2012). Дубоко укоренење вишегодишње траве препоручују се за гајење на заслањеним земљиштима (Lewandowski et al., 2003-a). У том смислу *M. x giganteus* показује средњу отпорност према повећаном садржају NaCl у земљишту, (Quinn et al., 2015) док су врсте *Miscanthus sacchariflorus* и *Miscanthus floridulus* високо толерантне па их препоручују као генетички материјал за стварање будућих отпорних хибрида (Zong et al., 2013; Hsu, 1990). Wicke et al. (2011) наводе да се гајењем толерантних

биоенергетских усева на заслањеним земљиштима може побољшати њихов квалитет, обезбедити приход од нископродуктивних или непродуктивних земљишта и везати земљишни угљеник. Према Dale et al. (2011) мискантус као вишегодишња ризомска трава омогућава одрживо коришћење земљишних површина које су еколошки маргиналне за гајење једногодишњих усева за производњу хране. Захваљујући својој способности да акумулира елементе у траговима у корену, ограничи њихов трансфер у надземне изданаке, промовише деградацију органских ксенобиотика, и поправља квалитет земљишта на контаминираним локацијама, мискантус је погодан усев за производњу биомасе и еколошку обнову контаминираног и маргиналног земљишта (Nsanganwimana et al., 2014). Србија има 5.113.307 ha пољопривредног земљишта што је око 66 % од укупне површине територије (Vidojević and Manojlović, 2007). На подручју централне Србије и у брдско-планинским областима највећи утицај на деградацију земљишта има ерозија водом, док је 85 % најплоднијег пољопривредног земљишта Војводине под утицајем ерозије ветром са губитком од око 0,9 t ha⁻¹ годишње (Vidojević and Manojlović, 2007). Подаци истраживања Evers et al., (2013) показују да је гајењем мискантуса у областима са израженом еолском ерозијом земљиште мање подложно дејству ветра а стабилност и величина структурних агрегата већа, што се може приписати континуираној униформности површинског слоја и специфичности његовог кореновог система. Квалитет земљишта у близини наших највећих индустријских комплекса (Бор, Панчево, Нови Сад, Смедерево, Београд, Обреновац и Костолац) угрожен је неконтролисаним и неадекватним одлагањем отпада и разним загађивачима из индустријских постројења (Vidojević and Manojlović, 2007). Такође у околини термоенергетских система налази се око 2 000 ha површина под депонијама пепела и шљаке. Kisić i sar. (2013) наглашавају да је неопходна континуирана примена одговарајућих мера заштите негативног утицаја депонија и могућих еколошких проблема на људску популацију и животну средину а све то изискује велика финансијска средства. Ова енергетска трава може као хипер акумулатор успешно извести фиторемедијацију контаминираних површина и уједно спречити да се заузимају плодна пољопривредна земљишта на рачун усева за производњу хране. Arandelović i sar. (2013) истичу да се гајењем мискантуса на

деградираним површинама (депоније јаловине) могу постићи слични резултати у поређењу са гајењем мискантуса на плодним земљиштима. Успешно заснивање мискантуса и фитостабилизација одлагалишта пепела и шљаке, техногене подлоге изузетно неповољне за раста биљака, овом врстом, потврђују и резултати Dželetović et al. (2013). Pogrzeba et al. (2013) наводе да количина тешких метала у биљној маси мискантуса гајеног на контаминираним земљишту показује да мискантус има потенцијал фитостабилизације Pb и Zn. Сагоревање биомасе добијене са контаминираних површина требало би спровести у посебним електранама које поседују системе за инактивацију како би се спречила емисија оксида метала у атмосферу (Pogrzeba et al., 2013). Коначно, заснивање огледа и комерцијално гајење мискантуса на загађеном земљишту може допринети редукацији дисперзије загађења у ваздух и испирање загађујућих материја у дубље земљишне слојеве и подземне воде, а уједно се на овај начин спречава ерозија земљишта и побољшава визуелни ефекат локалитета (Babović i sar., 2012).

4.6. Технологија гајења мисакнтуса

Мискантус као вишегодишња биљна врста, гаји се ван плодореда на засебним површинама које често и не припадају пољопривредном земљишту подесним за гајење њивских усева (Glamočlija i sar., 2012). Имајући у виду чињеницу да се ради о вишегодишњем усеву који на истом станишту расте од 15-20 година, то свакако подразумева потребу да се припремне операције приликом заснивања усева спроведу на беспрекоран начин. Све радне операције, почев од основне обраде, припреме земљишта и садње ризома, преко мера неге и заштите усева, па до бербе стабала, могу бити изведене класичном пољопривредном механизацијом (Dželetović i sar., 2006). Најбољи предусеви су разоране природне травне површине, једногодишње или вишегодишње махунарке и сви остали усеви који остављају земљиште повољних физичко-хемијских особина, односно усеви после којих се може одрадити добра

припрема земљишта, може се гајити и на местима некадашњих вишегодишњих засада као и на земљиштима која су у рекултивацији (Glamočlija i sar., 2012).

Избор система обраде земљишта прилагођава се потребама мискантуса и усева који је претходно гајен на одређеној парцели. Класична обрада на дубину од 20-30 cm уз заоравање органских ђубрива (стајњака или компоста) или сидерата се сматра оптималним решењем (Glamočlija i sar., 2012; Lewandowski et al., 2000). Уколико се мискантус гаји после вишегодишњих трава или травно-легуминозних смеша основну обраду најбоље је извести плуговима са претпљужњацима, како би се што боље заорала травна површина (Glamočlija i sar., 2012). У пролеће непосредно пред садњу, треба обавити фину предсетвену обраду која ће уз претходно изведено дубоко орање допринети дубоком укореењавању усева (Dželetović i sar., 2006). У зависности од расположиве механизације предсетвена припрема може бити изведена проходом дрљаче, ротокултиватора или сетвоспремачем. У зависности од специфичности земљишта и производне праксе, обрада се може и редуковати на више начина. Glamočlija i sar. (2012) истичу да је у том случају довољно припремити редове садње раоничним или чизел плуговима а површински слој уситнити ротофрезама. Јесење дубоко орање, са потпуним окретањем пластике, има низ предности, између осталог и додатно уститњавање мразом током зиме. Међутим, Dželetović (2012) истиче да је на песковитим земљиштима рано пролећно орање погодније у односу на јесење.

На основу природне плодности земљишта и потребе биљака за основним елементима исхране одређују се количине које ће се употребити приликом расађивања ризома или непосредно пред расађивање. Будући да мискантус не реагује на ђубрење азотом, у више делова Европе показано је да је ђубрење азотом неопходно само на земљиштима са ниским садржајем азота (Lewandowski et al., 2003a). Тако Schwarz et al. (1994) препоручују заоравање 25-30 t ha⁻¹ стајњака, на јако сиромашном земљишту и површинама у рекултивацији. Glamočlija i sar. (2012) наводе да за повећање плодности земљишта у случају када није могућа примена

стајњака, може пострно да се гаји нека од врста погодна за зеленишно ђубрење и заорава се када биљке имају највећу биомасу. Овом мером се поправља и структура земљишта, водно-ваздушни режим и микробиолошка активност. С обзиром на то да усев мискантуса гаји дуги низ година и остварује високу продукцију биомасе, исхрана биљака има велики значај за његово гајење. Приликом заснивања усева, уколико за тим постоји потреба, органска и/или минерална ђубрива уносе се заоравањем (Dželetović, 2012) или после ницања биљака (Glamočlija i sar., 2012). У наредним сезонама производње, не препоручује се заоравање због плитко позиционираних ризома, већ се прихрана врши разбацавањем минералних хранива по површини земљишта у време појаве надземних стабала (Dželetović, 2012). Резултати Danalatos et al. (2007), Christian and Riche (1998) и Christian et al. (2008) показали су да ђубрење не утиче на раст и продуктивност биомасе усева. Miguez et al. (2008) су закључили да се могу остварити веома велики приноси са врло мало азотног ђубрива, јер је разлика у реакцији на азотно ђубриво између 0 и 100 kg ha⁻¹ била мала у поређењу са уобичајеним реакцијама других усева. Огледи са мискантусом у Аустрији, Немачкој и Грчкој показују да нема значајнијег одговора *M. x giganteus* на ђубрење азотом друге, треће године гајења и на даље (Lewandowski and Kahnt, 1993; Himken et al., 1997). Овај феномен изостанка реакције на ђубрење азотом Lewandowski and Kicherer (1997) и Christian et al. (2008) објашњавају као резултат заједничког деловања неколико карактеристика: типа земљишта, претходног начина коришћења земљишта, С₄ фотосинтетског пута и транслокација хранива из стабала и листова у ризоме пред крај вегетације. После бербе мискантуса на њиви остаје 0,7 до 3,1 t ha⁻¹ суве биомасе отпалих листова (Kahle et al., 2001). Ова лисна биомаса се током зиме минерализује у асимилативе које ће биљке наредне године користити за следећи вегетативни циклус. Вероватно је најзначајнија ефикасна транслокација јер судећи по резултатима Himken et al. (1997) из надземних делова у ризоме транслоцира се 21-46 % N, 36-50 % P, 14-30 % K и 27 % Mg. У пролеће се ове резерве мобилишу и услед повратка у нове надземне делове, чине мискантус делимично независним од стварне обезбеђености азотом у земљишту (Christian et al., 1997). Захваљујући мобилности хранива материјал за сагоревање садржи ниску

концентрацију азота, што је веома пожељна особина због смањења загађења животне средине (Dželetović, 2012).

Изношење хранива жетвом зависи од приноса и од времена бербе мискантуса. Каснијом бербом повећава се транслокација хранива у подземне органе (Lewandowski et al., 2003c). Када се берба изводи у јесен, не долази до ремобилизације хранива из надземног дела усева у ризоме те је неопходно поспешити ницање и пролећни интензиван раст усева прихрањивањем (Dželetović, 2012). Каснијим роковима бербе, крајем зиме, део хранива је враћен у ризоме што му омогућава несметано ницање, а прихрањивање је идеално извести 1-2 месеца након ницања (Dželetović, 2012). Исти аутор наводи да је то у пракси неизводљиво због интензивног пораста стабла у висину и отежаног проласка стандардне механизације, те је прихрањивање потребно извести у фази ницања или након ницања. Резултати огледа у којима је примењен ^{15}N изотоп, показали су да је да при примени 60 kg ha^{-1} азотног ђубрива биљке усвоје само 38%, од чега је више од половине акумулирано у ризомима (Christian et al., 1997). Највећи део азота акумулиран у биљци не потиче од ђубрива, него из земљишта, што указује да је ђубрење азотом потребно вршити углавном на земљиштима са ниским садржајем азота (Lewandowski et al., 2003c). На локацијама са довољном минерализацијом азота у земљишту, запажено је да ђубрење азотом нема утицаја на принос, те се може избећи или ограничити на $50\text{--}70 \text{ kg N ha}^{-1}$ годишње (Lewandowski et al., 2003-c). У Литванији, ђубрење азотом утиче на висину приноса и садржај лигнина који је највиши при количини од 120 kg ha^{-1} (117 g kg^{-1} с.м.) док на садржај целулозе ($413\text{--}456 \text{ g kg}^{-1}$ с.м.) и хемицелулозе ($204\text{--}236 \text{ g kg}^{-1}$ с.м.) нема утицаја (Kadžiulienė et al., 2014). Укупне потребе у хранивима износе око $2\text{--}5 \text{ kg N t}^{-1}$ с.м., $0,3\text{--}1,1 \text{ kg P t}^{-1}$ с.м. и $0,8\text{--}1,0 \text{ kg Ca t}^{-1}$ с.м. (Clifton-Brown and Lewandowski, 2001) и $0,8\text{--}1,2 \text{ kg K t}^{-1}$ с.м. (Lewandowski, 2000b). Cadoux et al. (2012) истичу да се од треће године бербом изнесе $4,9 \text{ g N kg}^{-1}$ с.м, $0,45 \text{ g P kg}^{-1}$ с.м и $7,0 \text{ g K kg}^{-1}$ с.м, и да би ово требало да буду максималне количине које треба унети ђубрењем. Потребе у биљним асимилативима у току следећих сезона подмирују се из

разложених лисних остатака, природне плодности земљишта, резерви хранива у ризомима и атмосферског таложења (Dželetović, 2012).

Стерилни хибрид *M. giganteus* размножава се вегетативно ризомима (макро-пропагација) или културом ткива (микро-пропагација) (Dželetović, 2010). Као садни материјал користе се делови ризома и мале биљке размножене микропропагацијом у култури ткива (Lewandowski et al., 2000). Од биљка старих 2-3 године може да се добије 50-150 биљака из ризома годишње (Lewandowski et al., 2000). Према речима Kim et al. (2012) ова врста пропагације је скупа и захтева доста времена. Метода за механичку поделу ризома у пољу, тзв. макропропагација прво је развијена у Данској (Jorgensen, 1995). Поступак се изводи тако што се парцеле за производњу расада после друге или треће године обраде ротационом копачицом, да би се ризоми раскидали на делове од 20-100 g. Затим се делови ризома прикупљају вадилицом за кромпир или вадилицом луковичастиг цвећа. За сечење и дељење ризома у земљишту може се користити и дрљача са дисковима, коју прати прикупљање одсецака са аутоматском вадилицом (Wilkins and Redstone, 1996). Ризоми који су извађени из земље подложни су сушењу и пропадању (Dželetović, 2012), те је неопходно да се у најкраћем временском року прикупе и посаде (Schwarz et al., 1998) или да се у складишним условима чувају до њихове садње. Свакако да идеални складишни услови не постоје, или бар до сад нису дефинисани, али су према резултатима Pyter et al. (2010) највиталнији ризоми чувани на температури +3 °C, за разлику од ризома складиштених под амбијенталним условима без влажења. Препорука је да се ризоми чувају 4 месеца на температури од 4 °C у супстрату од влажног песка (Heaton et al., 2010). Huisman and Kortleve (1994) истичу да се након скалиштења виталност ризома смањује до 50 %, док Anderson et al. (2011) као праг виталности и влажности неопходних за оптималне стопе садње складиштених ризома наводи садржај од 50 % и више. У погледу стопа ницања, ризоми посађени одмах након одвајања од мајчинских биљака имају стопу од 70 до 95 %, док је проценат ницања за ризоми који су пре садње чувани одређени период 50-60 % (Huisman and Kortleve, 1994). Микропропагација је обећавајућа опција размножавања *M. x giganteus* због

могућности производње великог броја биљчица у релативно кратком временском периоду (Anderson et al., 2011).

Са садњом се започиње у пролеће када прође опасност од појаве позних мразева, што је свакако карактеристика одређеног подручја. Треба избегавати касније термине садње и суво земљиште (Dželetović, 2012). За агроколошке услове околине Београда оптимално време садње је од марта до априла (Dželetović, 2010). Исти аутор истиче да се ранијом садњом током пролећа користе предности влажног земљишта и продужује прва сезона раста која омогућава образовање робуснијих ризомских система, отпорних према суши и измрзавању током наредних сезона раста. Садња се обавља постојећим садилицама за кромпир, или коришћењем разбацивача стајњака, уз прилагођавање садном материјалу који је на располагању. Посебно дизајнираним садилицама за мискантус, ефикаснији је начин садње али у извесној мери поскупљује процес производње. Пре почетка садње, неопходно је разврстати ризоме, уклонити велике ризомске одсечке који неће проћи кроз цев садилице, и одсечке који немају развијена минимално 2-3 окца (Dželetović i sar., 2006). Растојање између биљака подешава се брзином кретања (MAFF, 2001). Након уношења ризома у бразде и загртања земље преко ризома, пожељно је површину поваљати како би се потпомогло збијање површинског слоја и успоставио контакт ризома са земљиштем (Dželetović, 2012). Радни учинак садилице за кромпир нижи је него коришћењем разбацивача стајњака, мада је могућа контрола дубине и размака између биљака и остварују се ефикасније стопе заснивања (MAFF, 2001; Dželetović i sar., 2006). Посебно конструисана садилица за мискантус, сади ризоме у два реда, у бразде отворене раоницима. Када се земљом прекрију ризоми неопходно је као и код претходних начина површину поваљати. Има повољан радни учинак, могућност калибрације на жељену густину садње и просечну ефикасност заснивања од 92 % (MAFF, 2001). Специјализована машина за садњу мискантуса може понети и до 5 t садног материјала (Schwarz et al., 1998), а уз ангажовање само једног радника и учинка од 0,3-0,5 ha h⁻¹ очекује се да додатно смањи трошкове оснивања засада (Lewandowski et al., 2000). Jorgensen (2001) истиче да се коришћењем специјалне

машине за мискантус дневно може засадити око 4 ha, и сам процес садње протиче без већих потешкоћа. Оно што је представљало проблем при заснивању је често ломљење раоника на скелетоидном земљишту због лоше одрађене припреме парцеле, и лоше затварање бразди након садње на парцелама са изразито глиновитим текстурним саставом, те су због лошег контакта ризома са земљом у таквим условима ниске стопе заснивања. Ризоми се обично саде на дубину од 5-10 cm (Dželetović, 2012). Дубином садње регулишу се развијеност кореновог система и надземних стабала, али и отпорност биљака на измрзавање (Glamočlija i sar., 2012). Плитко посађени ризоми могу страдати од суше, о чему такође треба водити рачуна. Према истраживању у Немачкој, за добре стопе заснивања потребно је да ризомски одсечци дужине 20 cm буду посађени на дубину од 20 cm (Christian and Naase, 2001). Густина садње варира, а при одређивању треба узети у обзир ширење биљака у току животног века усева (Dželetović, 2012). Pyter et al., (2009) као оптималну густину препоручују садњу 10.000-12.000 ризомских одсечака ha⁻¹. Ако се користе мали ризомски одсечци количину треба повећати на 20.000-25.000 ha⁻¹ како би се надокнадиле лоше стопе ницања (Heaton et al., 2010). Густине садње у раличитим огледима биле су од 1 до 4 биљке по m⁻² (Lewandowski et al., 2000). Исти аутори истичу да гушћа садња има предност само у почетним годинама раста али не и кад се биљке довољно избокове. Трошкови гушће садње не могу се надокнадити првобитно вишим приносом. Универзитет у Илиноису (Urbana-Champaign) за садњу површине од 1 ha користи око 17, 200 ризома (приближно 76 cm између реда и 76 cm између ризома у реду) што је према њиховој пољопривредној механизацији оптимална густина, а већи размак оставља довољно простора за ширење биљака (Lee et al., 2014). Очекује се да ће се корист од веће густине смањити чим усев достигне зрелост, а максимална производња суве биомасе биће иста без обзира на почетну густину садње (Clifton-Brown and Lewandowski, 2002). Осим тога, огледи у Италији (Foti et al., 1996) и у Грчкој (Danalatos et al., 1998) показали су да при великој густини садње (4 биљке m⁻²) велики број изданака пропада услед оштре конкуренције када је реч о хранљивим материјама и светлости. Ово истиче значај одабира оптималне густине садње и са економске и агрономске тачке гледишта. Густину садње од 2 ризома m⁻²,

Lewandowski et al. (2000) и Miguez et al. (2008) сматрају оптималном за производњу мискантуса.

Потребе за наводњавањем углавном зависе од временских услова и особина земљишта, и значајно повећавају трошкове гајења (Milovanović et al., 2011). Наводњавање у првој години вегетације побољшава стопе заснивања (Lewandowski et al., 2000). Glamočlija i sar. (2012) истичу да је наводњавање важна мера неге, посебно у периоду дуготрајне суше, а уједно се биљке могу и прихранити азотом уколико се процени да је почетни пораст успорен. Price et al. (2004) су у својим огледима приметили сезонске варијације у приносима биомасе и оне су углавном последица водног стреса. Потенцијални недостатак потребних количина воде у земљишту може се надоместити коришћењем различитих мобилних система за наводњавање. Поред енергетске ефикасности самог система морају се задовољити и технички параметри, будући да висина усева у време када се испољава недовољна обезбеђеност водом, може ограничити равномерно натапање усева и снизити ефикасно коришћење неких система за наводњавање (Dželetović et al., 2013). Уколико се мискантус гаји на маргиналним земљишним површинама или техногеној подлози каква је депонија пепела, због својства површинског слоја пепела наводњавање се врши свакодневно, осим у данима са кишом (Milovanović et al., 2011). Иако наводњавање није оправдано због трошкова и тренутне тржишне вредности добијене биомасе, треба имати у виду да се на густој биомаси мискантуса задржава 20-30 % падавина које потом испаравају, те мања количина доспе у земљиште (Milovanović et al., 2011). Такође, мискантус остаје на њиви и током периода јесен-зима што може да проузрокује смањену акумулацију падавина у земљиште током зимског периода (Triana et al., 2011) и тако смањи потенцијалну резерву воде за наредну годину.

4.7. Берба мискантуса и складиштење биомасе

Берба мискантуса изводи се једном годишње, између новембра и априла, у зависности од локалних услова и временских прилика (Dželetović, 2010). Након прве сезоне раста мали приноси биомасе од 1-2 t ha⁻¹ не захтевају класичну бербу, али је потребно уклонити стабла до почетка следеће вегетационе сезоне (Dželetović i sar., 2009). Исти аутори истичу да је у моменту највећег приноса биомасе, усев зелен и садржи велики удео воде. Одлагањем бербе, смањује се садржај воде и нежељених једињења у биомаси што је пожељно (Lewandowski et al., 2000-a), на рачун приноса, који се опадањем лишћа, сушењем и полагањем стабала током зиме, значајно смањује (Lewandowski and Kicherer, 1997). Clifton-Brown and Lewandowski (2001) истичу да се померањем бербе од јесени на крај зиме снижава принос биомасе али добија квалитет сагоревања, ниског садржаја воде, пепела, хлора и азота у свим врстама *Miscanthus* рода. Одлука о термину бербе представља компромис између максималног приноса и његовог квалитета за сагоревање (Dželetović i sar., 2014a). Brancourt-Hulmel et al. (2014) предност дају берби крајем зиме у односу на јесењу, због комплетне ремобилизације хранива из надземне биомасе у ризоме и бољој секвестрацији угљеника у земљиште. Међутим, боље карактеристике сагоревања не значе обавезно и добар квалитет биогорива, јер стабала у том периоду могу имати смањен садржај целулозе и хемицелулозе, што би захтевало одговарајуће предтретмане за добијање биогорива (Brancourt-Hulmel et al., 2014). Le Ngoc Huyen et al. (2010) истичу да је ранија берба боља за производњу био-етанола, због већег садржаја лигноцелулозног шећера у том периоду. Бербом у фебруару, на широј територији Београда, како истичу Dželetović i sar. (2014-б) изгуби се у просеку од 33-38 % од максимално оствареног приноса у октобру. Како наводе аутори, квалитет биомасе за сагоревање, са ниским садржајем воде и непожељних компоненти, остварује се већ у децембру, а за квалитетно изведену бербу потребно је свега неколико дана без падавина и снежног покривача. У већем делу Европе пракса је да се мискантус бере у рано пролеће, чиме се добија добар квалитет сагоревања. Удео воде смањује се због сушења стабала у току зиме, а део нежељених компоненти у

биомаси, попут N, K, S и Cl, се транслоцирају у ризоме (Greef, 1995; Neukirchen, 1995). Такође их падавине испирају из водно-растворивих једињења која се налазе у измрзлим деловима биљака (Lewandowski and Kicherer, 1997). У Немачкој и Холандији садржај воде се смањује са 70 % у новембру на 20 % и мање у марту или априлу (Huisman and Kortleve, 1994), док су Heaton et al. (2009) у Илиноису, бербом у октобру од 50 % воде у биомаси, смањили на ниво од око 10 % у фебруару. Greenhalf et al. (2013) су у свом истраживању, које је обухватило три различита термина бербе *M. giganteus*, рану (септембар), конвенционалну (април) и касну (јун) добили нижи принос био-уља за око 11 % касном бербом, док је највећи принос гаса за око 18,03 % виши, добијен конвенционалном бербом. У њиховом истраживању одлагањем бербе приметили су да је однос O:C редукован, а количина продуката сагоревања смањена за око 18 %.

Мискантус који се гаји за производњу грађевинског материјала, као енергент и за производњу папирне пулпе бере се механизацијом за кошење и балирање (Dželetović i sar., 2014-a). У земљама Западне Европе користи се специјализована механизација за бербу целих стабала и везивање у снопове, ако се она користе као грађевински материјал или у индустрији папира и геотекстила (Glamočlija i sar., 2012). Да би се ефикасно обрале веће површине, механизацију треба прилагодити висини (2,0-3,5 m) и крутости стабала мискантуса (Venturi and Huisman, 1998). Вишефазна берба подразумева: кошење, окретање откоса, скупљање и балирање, са или без збијања бала. Ова метода дозвољава сушење усева у откосима, које је брже од сушења усправног стабла (Lewandowski et al., 2000-a). Усев се прво сече косачицом. Кошењем се пресецају чврста стабла што омогућава убрзан губитак влаге, и касније лакше балирање (Dželetović i sar., 2009). Једнофазном бербом скраћен је процес рада и губици који настају код сакупљања и паковања, а цео процес се обави једном машином (Lewandowski et al., 2000-a). Балирање се врши различитим типовима уређаја за балирање, а добијене бале прилагођене су захтевима сагоревања у котловима. Правоугаоне бале погодније су за транспорт и складиштење док округле упијају мање воде (Mathanker and Hansen, 2014). Округле бале су обично

густине суве материје око 130 kg m^{-3} , а правоугаоне бале око 150 kg m^{-3} (Venturi et al., 1998). У Немачкој је развијен прототип "Compactroller", који постиже веће густине од $300\text{-}350 \text{ kg m}^{-3}$ (Lewandowski et al., 2000-a). Кошење може бити изведено и силажним комбајнима (Dželetović i sar., 2009). Након бербе на њиви остаје око 3 t ha^{-1} лисне масе, која може послужити као заштита против измрзавања ризома и корова или се њеним сакупљањем и процесом компостирања добија органско ђубриво (Glamočlija i sar., 2012). За производњу пелета и брикета, усев се сече а затим се биомаса обрађује директно на терену или се транспортује у погоне за обраду где се високим компресовањем преводи у пелете или брикете.

Како се од овог усева очекује производња чврстих и течних биогорива током целе године неопходно је сачувати биомасу на одговарајући начин (Chaoui and Eckhoff, 2014). За адекватно и дуготрајно складиштење без губитка у приносу и квалитету биомасе, препоручује се чување у надкривеном простору, са кровном конструкцијом или сличном импровизацијом крова (цираде, пластични материјали). Да би се спречило влажење бала и кварење материјала, бале остављане на пољу морају бити покривене заштитним, непромочивим материјалом (Nolan et al., 2008), у супротном долази до појаве плесни и гљива што је штетно за процес конверзије (Chaoui and Eckhoff, 2014). За ефикасно складиштење великих бала садржај воде мора бити до 25 % (Jorgensen and Kjeldsen, 1992). Сушење великих бала (густине суве масе од 300 kg m^{-3}) тешко је изводљиво тако да је препоручиво да садржај воде при балирању буде до 18 % (Huisman and Kortleve, 1994). Под одговарајућим складишним условима бале се могу чувати до 3 године без опасности од губитка квалитета или појаве штеточина (Heaton et al., 2014). Мискантус може бити ускладиштен и у форми силаже, под анаеробним условима (Lewandowski et al., 2000a). Процес производње силаже сличан је као код кукуруза. За силажу мискантуса најбоље би било уклонити вишак ваздуха, уколико је могуће, збијањем пре прекривања новим количинама, нпр. преласком трактора преко њега. Поред чувања у ринфузном облику, биомаса мискантуса се употребом различитих технологија пресовања дорађује у чврста биогорива, брикете и пелете (Bilandžija, 2014). Процент воде од 10-12 % након бербе

сврстава мискантус у добар материјал за брикетирање и пелетирање (Daraban et al., 2015). Густина суве масе брикета и пелета мискантуса је 750-850 kg m⁻³ (Daraban et al., 2015), чиме се смањује потребан простор за смештај сировина седам до дванаест пута (Brkić i sar., 2012). Олакшан је сам поступак складиштења и транспорта, а додатна предност је могућност паковања у вреће чиме се смањују губици сировине током складиштења и транспортовања (Brkić i sar., 2012). Крајњем кориснику је олакшана употреба чврстог горива (Daraban et al., 2015), јер како наводе Brkić i sar. (2012) пелетирана биомаса има најповољнији облик и димензије за аутоматско пуњење котлова и ложишта.

4.8. Принос биомасе мискантуса

У првој години укупни принос надземне биомасе је мали и нема комерцијалну вредност (Glamočlija i sar., 2012). Christian (1994) сматра да су приноси у години заснивања ниски због кратког периода раста. Пуна заснованост усева постиже се од друге до пете године, у зависности од климатских услова (Dželetović i sar., 2014a). Преглед литературних извора који се односе на принос мискантуса дат је у Табели 3. Clifton-Brown and Lewandowski (2000) истичу да се на подручју јужне Европе, максимални приноси остварују раније, од друге године, док се на подручју северне Европе, пун принос достиже до пете године. Принос свакако зависи од времена бербе (Beale and Long, 1995). Бербом крајем зиме, опало лишће и врхови стабла смањују принос, а Dželetović (2012) наводи да се значајни губици дешавају и услед полагања и ломљења стабала под теретом обилног снежног покривача. Висина приноса зависи од низа фактора: генотипа, типа земљишта, ђубрења, старости усева, климатских карактеристика подручја и временских прилика током вегетације (Brosse et al., 2012). У поређењу са другим генотиповима, *Miscanthus x giganteus* има највећи потенцијал биомасе, а није инвазивна врста (Brosse et al., 2012). Принос мискантуса креће се у распону од 5 до 55 t ha⁻¹, што га чини једном од најприноснијих гајених врста у умереним климатским условима (Heaton et al. 2010). Виши приноси добијају се у

топлијим климатским подручјима у односу на хладније климатске услове, нарочито када вода није ограничавајући чинилац (Zub et al., 2009). У јужној Европи, са наводњавањем и са високом годишњом глобалном радијацијом и високим температурама (пример за јужни Португал: 6200 MJ m⁻² и 15,4°C) приноси се крећу преко 30 t ha⁻¹ с.м., (Lewandowski et al., 2003a). У централној и северној Европи (од Аустрије до Данске) где су глобална радијација (3500-3900 MJ/m²) и просечне температуре (7,3-8,0°C) ниже, приноси без наводњавања крећу се од 10 до 25 t ha⁻¹ суве масе (Lewandowski et al., 2000-a). Clifton-Brown et al. (2007) су у вишегодишњем истраживању у Ирској установили да се са годинама старости усева, принос мења. У фази формирања приноса, током прве четири сезоне раста принос биомасе повећава се до 16 t ha⁻¹, потом следи стабилна фаза (од 5 до 11 године) са просечним приносом биомасе од 17 t ha⁻¹ и фаза опадања приноса (од 12-15 године) са нижим приносима биомасе од 11,5 t ha⁻¹. У агроеколошким условима шире околине Београда, уз примену одговарајуће агротехнике може се достићи већ после треће године гајења веома висока продуктивност, тј. мискантус може дати преко 20 тона приноса суве надземне биомасе годишње (Dželetović, 2012). Bilandžija (2014) истиче да се од пре пар година испитује могућност гајења мискантуса на подручју Републике Хрватске, а према започетим истраживањима евидентан је високи потенцијал гајења, о чему сведочи и принос биомасе добијен већ у другој сезони раста од 16,84 t ha⁻¹ (Медведница) и 20,08 t ha⁻¹ (Доња Бистрица).

Табела 3. Приноси врсте *Miscanthus x giganteus*, t ha⁻¹ суве масе

Локација	Старост усева	Време бербе	Принос (годишње)	Извор података
Енглеска	3	јесен	13,8-18,7	(Lewandowski et al., 2003-с)
	3	зима	9,2-12,7	
Данска			5-15	(Lewandowski et al., 2003-а)
Швајцарска	1-2		13-19	(Lewandowski et al., 2003-а)
Аустрија	3		22	(Lewandowski et al., 2003-а)
Немачка	3	јесен	22,8-29,1	(Lewandowski et al., 2003-с)
	3	зима	17,5-20,7	
Португал	3	јесен	34,7-37,8	(Lewandowski et al., 2003-с)
	3	зима	19,6-26,4	
Северозападна Шпанија	4		14-34	(Bao Iglesias et al., 1996)
Северна Грчка	2	јесен	44	(Danalatos et al., 1996)
Централна Грчка	2-3	јесен	26	(Christou et al., 1998)
Западна Турска	3		28	(Acaroglu and Aksoy, 1998)
Јужна Италија	2-3	пролеће	30-32	(Foti et al., 1996)
Илиноис	2-4		24-44	(Pyter et al., 2007)
Северни Илиноис	3-5	јесен	31,2	(Heaton et al., 2008)
		зима	20,9	
Централни Илиноис	3-5	јесен	45,5	(Heaton et al., 2008)
		зима	33,4	
Централни Илиноис	3-4	јесен	29,9	(Dohleman et al., 2009)
		зима	17,9	
Јужни Илиноис	3-5	јесен	42,3	(Heaton et al., 2008)
		зима	34,6	
Канада	1	пролеће	10-11	(Scurlock, 1998)
Северноисточни Канзас (Троу)	1	зима	4	(Clifton-Brown et al., 2002)
	2	зима	13,7	
Северноисточни Канзас (Manhattan)	1	зима	2,7	(Clifton-Brown et al., 2002)
	2	зима	11,8	
Пољска (Lublin)	1-4		16,5	(Borkowska and Molas, 2013)

Извор: Brosse et al. (2012); Lewandowski et al. (2003-с)

4.9. Корови у усеву мискантуса и узроци њиховог ширења

Високи потенцијал приноса биомасе мискантуса може бити редукован присуством корова у засаду. Због успореног раста и продуженог периода заснивања усева, мискантус се слабо конкуритиван у односу на корове у периоду након садње (Christian, 1994; Dželetović i sar., 2014a). Поред тога, мале густине садње дају велики празан простор што погодује развоју коровских биљака (Finnan and Caslin, 2008; Smeets et al., 2009). У таквим условима, коровске врсте користе биљне асимилативе, воду, светлост и простор те се рапидно шире на рачун недовољно развијених биљака мискантуса. Већом густином садње може се ублажити проблем закоровљености, али она повећава трошкове заснивања засада и неповољно утиче на бокорење у нередним годинама (Jeżowski, 2008; Angelini et al., 2009; Atkinson, 2009; Kahle et al., 2001; Dželetović, 2011).

У усеву мискантуса већи је број коровских врста него на земљишту под трстиком и њивским усевима (Semere and Slater, 2007). За разлику од екстремних временских појава (суша, мраз, град) које се појављују у појединим годинама, штете од корова могу да делују перманентно, уколико се не предузму одговарајуће мере, а у појединим случајевима могу и уништити новозасновани усев мискантуса (Dželetović i sar., 2014a). Употреба маргиналних земљишта за гајење биенергетских усева представља добро решење за производњу биогорива, при чему би се избегао проблем употребе хране као сировине за гориво (Bandaru et al., 2013). Земљишта мале природне плодности, лоших физичких особина, често су исушена или превлажена, тешка за обраду и извођење мелиоративних мера, не обрађују се, што погодује развоју корова и образовању богате резерве семена коровских врста (Lesur, 2012). Dželetović i sar. (2014-a) истичу да на запарложеним земљиштима или у систему рекултивације преовлађују вишегодишњи травни корови са јако регенеративним ризомским системима. Такве површине захтевају посебну припрему пре заснивања нарочито у погледу мера контроле корова (Lesur, 2012) што може утицати на економичност гајења мискантуса. Такође, до економских губитака долази кроз

директно смањење приноса и његовог квалитета, као и повећаних трошкова за сузбијање корова (Buhler et al., 1998). Sekutowski and Badowski (2007) истичу да техника заснивања усева више не представља произвођачима толики проблем, колико појава коровских врста и њихово сузбијање. Lesur (2012) такође наводи да је произвођачима у пракси, за разлику од литературних података добијених у огледима, закоровљеност главни фактор који смањује принос мискантуса, посебно на маргиналним земљиштима. Мере сузбијања корова у прве две године по садњи мискантуса неопходне су за успешно заснивање и постизање високих приноса (Sekutowski and Badowski, 2007; Anderson, 2010; Lewandowski et al., 2003-a; Christian, and Naase, 2001). У супротном, степен закоровљености увећава се у наредним сезонама раста мискантуса, што продужује период сазревања и стасавања ове врсте. Milovanović et al. (2011) и Christian et al. (2003) истичу да на успешно заснивање усева мискантуса поред зимских губитака подједнако утиче конкуренција са коровима. Након друге године гајења по образовању биљног покривача, усев мискантуса добро покрива површину и засењује земљиште, те је раст корова значајно смањен (Dželetović i sar., 2014a). У таквим условима без светлости у приземним деловима усева, проблем могу правити врсте које на засењеним и полусеновитим местима могу бити озбиљни конкуренти мискантусу (Caslin et al., 2011). Одмицањем вегетације, наступа фаза сушења стабала мискантуса и опадања лисне масе када се стварају повољни услови за раст јесењих и зимско-пролећних коровских врста (Caslin et al., 2011). Диверзитет коровских врста који се може очекивати зависи од начина коришћења парцеле пре заснивања усева, климатских и земљишних услова, резерви семена у земљишту на коме се гаји усев али и на суседним површинама (Sekutowski et al., 2009). Тип земљишта на ком се одвија производња мискантуса свакако ће имати утицај на развој коровске популације. Према резултатима Feledyn-Szewczyk et al. (2014) коровска заједница мискантуса гајеног на земљишту тежег механичког састава разноврснија је у поређењу са мискантусом гајеним на лакшем типу земљишта.

5. МАТЕРИЈАЛ И МЕТОДЕ

5.1. Биљни материјал

За садни материјал коришћени су витални делови ризома интерспецијес хибрида *Miscanthus x giganteus*, дужине 10-20 cm. Ризомски материјал коришћен у истраживањима узет је из засада мискантуса заснованог ранијих година на огледном пољу ИНЕП-а, за шта су коришћени ризоми увезени од регистрованог произвођача из Аустрије (Johanes Furtlehner, Hofamt Priel).

5.2. Пољски оглед

Истраживања утицаја густине садње на закоровљеност засада и принос биомасе мискантуса изведена су у периоду од 2011-2014. године на два локалитета:

- Земун, на огледном пољу ИНЕП-а, тип земљишта бескарбонатни чернозем (44°51' СГШ, 20°22' ИГД)
- Грабовац, на огледном пољу у близини Обреновца, тип земљишта ритска црница-хумоглеј (44°37' СГШ, 20°6' ИГД).

Пре постављања огледа, поља су у вишегодишњем периоду била у систему двопољног плодореда, кукуруз-пшеница. Земљиште за садњу је припремљено стандардним агротехничким мерама. У години заснивања засада, на оба локалитета је пре садње и у наредне три вегетационе сезоне пред почетак ницања примењено по 50 kg ha⁻¹ N, P₂O₅ и K₂O у облику NPK минералног ђубрива формулације 15:15:15. Ризоми су пре садње влажени потапањем у воду. На оба локалитета ручна садња изведена је на дубину од 10 cm, средином априла 2011. године.

Парцеле су биле површине 20 m² (5 m x 4 m), са међуредним растојањем између парцела од 1,5 m. Оглед је постављен по плану случајног блок система у три понављања.

У делу истраживања која се односе на закоровљеност засада, током три године праћен је утицај три фактора:

Локалитет:

- Земун
- Грабовац

Густина садње:

- два ризома по m^2 (растојање између ризома у реду било је 0,5 m са међуредним растојањем од 1 m)
- три ризома по m^2 (растојање између ризома у реду је било 0,33 m са међуредним растојањем од 1 m).

Време оцене закоровљености:

- прва оцена закоровљености
- друга оцена закоровљености
- трећа оцена закоровљености

Утицај закоровљености на принос суве биомасе, висину биљака и број листова мискантуса проучаван је са утицајем три фактора: локалитет, густина садње и два нивоа закоровљености – закоровљен усев (контрола) и третман са механичким уклањањем корова. У фази метличења мискантуса мерена је висина стабла (од основе до метлице) и број листова на стаблу на узорку од десет биљака. Ручна берба стабала вршена је средином фебруара сваке године, односно у периоду кад су стабла имала најмањи садржај воде. Након досушивања у сноповима мерен је принос суве биомасе.

Минерални састав биомасе мискантуса одређен је у третману са уклањањем корова јер су у контроли остварени врло мали приноси који нису економски значајни.

5.3. Оцена закоровљености и детерминација коровских врста

Узорковање коровских врста извођено је по фазама растења мискантуса. Прва оцена закоровљености била је у фази пораста стабла (месец мај), друга у фази интензивног пораста стабла (почетак јула) и трећа почетком метличења (средина августа). Узорци су узимани са површине од једног квадратног метра, по случајном плану, са сваке елементарне парцеле. Након брања корова, урађена је ботаничка детерминација коровских врста, потом су сушени до ваздушно сувог стања на собној температури и измерена је њихова маса. Детерминација коровских врста изведена је помоћу следећих литературних извора (Josifović, ed. 1971-1977; Kojić et al., 1996; Janjić and Kojić, 2000). Животне форме коровских биљака дефинисане су према Raunkiaer-у (1934), који као основни критеријум за груписање користи начин прилагођавања на неповољан вегетациони период, односно према положају и заштити органа за обнављање (пупољака) у неповољном, хладном или сушном периоду године. Категоризација коровских врста према месту налажења, вршена је према методологији Kojić and Janjić (1994).

5.4. Аналитичке методе

Хемијске анализе биљног материјала мискантуса урађене су у Лабораторији Института за земљиште с циљем да се утврди употребна вредност биомасе за њено коришћење као енергента. За одређивање концентрација К, Р, Са и Mg, након сушења на 105°C, разарано је по 1g биљног материјала. Након сувог спаљивања на 500°C, додавана је HNO₃ и HCl (Helrich, 1990). Из добијеног филтрата одређивана је количина Р (спектофотометријски), К (пламенофотометријски). Одређивање Са и Mg урађено је на атомском апсорпционом спектрофотометру. Садржај укупних форми С, N и S у биљном материјалу мискантуса одређен је елементарном анализом инструментом CNS analyzer Vario EL III (Nelson and Sommers, 1996).

5.5. Статистичка анализа

За испитивање утицаја локалитета, густине садње и термина оцене закоровљености на закоровљеност коришћен је модел трофакторијалне анализе варијансе. С обзиром на то да је ефекат интеракције другог реда значајан, за даљу анализу урађене су двофакторијалне анализе варијансе за свака два фактора, уз фиксиран ниво трећег фактора.

За испитивање утицаја локалитета, густине садње и закоровљености на принос биомасе мискантуса, висину стабала и број листова по стаблу коришћен је модел трофакторијалне анализе варијансе. За појединачна поређења у оквиру испитиваних фактора коришћен је Duncan-ov тест на нивоу $P \leq 0,05$.

6. АГРОЕКОЛОШКИ УСЛОВИ

6.1. Климатски услови

Подаци о средњим месечним температурама ваздуха и количинама падавина за локалитете Земун и Грабовац, преузети су од Републичког хидрометеоролошког завода Србије. Како се оба локалитета налазе у непосредној близини Београда, коришћени су подаци са једне метеоролошке станице, а то је шире подручје града Београда. На овој територији преовлађује умерено континентална клима. Кишовито пролеће нагло прелази у лето у којем у појединим годинама, тропски период са температурама изнад 30 °C може да потраје и преко тридесет дана. Јесен је дужа и топлија од пролећа, са релативно мало падавина. У овом подручју врло значајан утицај на локалну климу има југоисточни ветар, који се најчешће јавља током јесени и раног пролећа.

6.2. Метеоролошки подаци за период истраживања

Током четворогодишњих истраживања за локалитете Земун и Грабовац, временски услови су се значајно разликовали по годинама. Прве три године биле су изразито сушне, док је у четвртој годишња сума падавина била готово два пута већа од просека.

6.2.1. Падавине

У погледу режима падавина, на оба локалитета забележене су велике количине падавина у мају (Табела 4). У односу на вишегодишњи просек у 2011. години било је 38,45 % мање укупних падавина, у 2012. години 22,47 % и у 2013. години 13,78 %. Сличне разлике су забележене и за вегетациони период мискантуса, од априла до октобра. Годишња количина падавина у 2014. години била је већа за 58,48 % од вишегодишњег просека за ово подручје, док је током вегетационог периода забележено 20,1 % више падавина. То је, уједно била и година са највећом

сумом падавина током истраживања. Како повољан водни режим за мискантус представља годишња сума од 600 mm падавина, може се закључити да су само трећа и четврта година имале повољан режим. Анализа месечених сума падавина по годинама показала је да су оне по годинама биле веома неравномерно распоређене, што је уједно и одлика климе овог подручја где се често јављају изразити сушни периоди.

У 2011. години години забележени су сушни периоди у априлу (време садње мискантуса), јуну и августу. У 2012. години, највећи сушни периоди забележени су у марту, јуну и августу. За разлику од првог дела вегетационог периода мискантуса у 2013. години, током летњих месеци било је мање падавина од условно-оптималних количина за пораст мискантуса. Режим падавина у 2014. години може се окарактерисати као врло повољан за пораст мискантуса, посебно током летњих месеци који су обилovali падавинама. Иако се вода задржавала на парцелама на оба локалитета услед обилних падавина, то није значајније утицало на њихов пораст.

Табела 4. Падавине (mm) за Београд у периоду 2011-2014. године

Месец	Година				Просек
	2011	2012	2013	2014	1981-2014
Јануар	47,8	87,2	76,9	24,1	48,3
Фебруар	55,6	61,5	53,4	19,9	40,9
Март	27,9	2,4	95,4	48,7	48,6
Април	14,1	66,9	21,3	85,3	55,0
Мај	66,8	127,9	104,4	280,4	68,2
Јун	41,1	16,0	50,1	60,3	94,2
Јул	95,0	39,0	2,9	250,6	67,0
Август	14,0	4,5	44,3	63,5	55,2
Септембар	47,7	30,7	58,7	126,0	56,5
Октобар	36,1	44,9	52,0	61,2	50,0
Новембар	5,0	28,1	40,0	8,8	51,0
Децембар	48,0	55,1	7,9	66,3	55,9
Вегетациони период (IV-X)	314,8	329,9	333,7	927,3	446,2
Укупно	499,1	564,2	607,3	1,095,1	691,0

6.2.2. Топлотни услови

Просечна годишња температура ваздуха током свих година истраживања била је већа у односу на вишегодишњи просек (Табела 5). Просечна температура ваздуха током вегетационог периода у односу на вишегодишњи период, такође је била виша за све четири године за 0,1 °C у 2014. до 2,5 °C у 2012. години. Месечне анализе топлотних услова у овом периоду, показале су да сви месеци у целини били топлији у односу на вишегодишњи период. Најхладнији месец у току истраживања био је фебруар 2012. године, када је средња месечна температура била -3,0 °C. То је једини месец са негативним вредностима температуре. Како је у овом периоду био формиран високи снежни покривач, ризоми у земљишту били су заштићени од измрзавања. Отапањем снега почетком марта значајно се поправио водни режим земљишта будући да је овај месец био готово без падавина. Летњи период у прве три године одликовао се високим месечним температурама ваздуха, значајно већим од просека и честим и дуготрајним сушним периодима. У целини, такви временски услови, неповољно су утицали на растење и развиће мискантуса, како у години садње тако и у почетним годинама формирања засада. С друге стране топлотни услови у 2014. години у интеракцији са месечним количинама падавина били су врло повољни будући да је ова биљка пореклом из субтропских и влажних подручја. Након периода релативно неповољних метеоролошких услова у почетним годинама живота биљака, временске прилике у четвртој години омогућиле су оптималан наставак формирања засада мискантуса.

Табела 5. Просечне месечне температуре ваздуха (°C) за Београд у периоду 2011-2014. године

Месец	Година				Просек 1981-2014
	2011	2012	2013	2014	
Јануар	1,6	2,1	3,5	5,3	1,6
Фебруар	1,0	-3,0	4,6	7,8	3,0
Март	8,0	10,1	6,6	10,8	7,8
Април	14,4	14,5	15,0	13,7	13,1
Мај	17,5	17,9	19,1	17,2	18,1
Јун	22,2	24,9	21,4	21,4	21,2
Јул	24,0	27,0	24,5	23,0	23,2
Август	24,7	26,3	25,3	22,5	22,9
Септембар	22,6	21,5	17,2	18,3	18,2
Октобар	12,1	14,7	15,3	14,1	13,0
Новембар	4,4	10,5	10,1	9,6	7,3
Децембар	5,5	2,0	3,2	4,6	2,8
Вегетациони период (IV-X)	19,6	21,0	19,7	18,6	18,5
Просек	13,2	14,0	13,8	14,1	12,6

6.3. Земљиште

Огледи су изведени на два типа земљишта која се разликују по хемијским и физичким особинама, тако да су пре постављања огледа, изведене агрохемијске и физичке анализе (табеле 6 и 7).

Узорковање земљишта у циљу утврђивања потребних количина минералних ђубрива изведено је пре заснивања огледа. Узорци су узети у поремећеном стању, агрохемијском сондом, са три дубине (0-30 cm, 30-60 cm и 60-90 cm). Репрезентативан узорак састојао се од неколико, добро хомогенизованих појединачних узорака. Након узорковања, земљиште је сушено до ваздушно сувог стања, уситњено у млину и просејано кроз сита величине отвора од 2 mm. Применом акредитованих метода SRPS ISO у Лабораторији Института за земљиште урађене су следеће лабораторијске анализе и приказане у табели 6:

- рН реакција земљишта (рН у H_2O и рН у 1М КСl-у, v/v - земљиште: $H_2O=1:5$, земљиште:1М КСl=1:5) анализирана је потенциометријски (SRPS ISO 10390:2007);
- садржај укупних форми угљеника, азота и сумпора одређен је елементарном анализом инструментом CNS analyzer Vario EL III (Nelson and Sommers, 1996);
- садржај $CaCO_3$ одређен је волуметријски, стандардном методом (SRPS ISO 10693:2005);
- садржај лакоприступачних P_2O_5 и K_2O , AL-методом по Egner-Riehm (Riehm, 1958);
- садржај разменљивог Ca и Mg (екстракцијом са 1 М амонијум ацетатом, рН 7,00 и читавањем садржаја на атомском апсорпционом спектрофотометру);

Количина органске супстанце (SOM) у земљишту одређена је на основу количине укупног угљеника добијеног елементарном анализом. Количина укупног угљеника у земљишту може се упрошћено представити као збир количина неорганског угљеника, израчунатог из садржаја калцијум карбоната и органског угљеника. Из ове једначине се израчунава количина органског угљеника (SOC), уз предходно одређивање садржаја калцијум карбоната и укупног угљеника (елементарна анализа). Добијен садржај SOC је помножен са коефицијентом 1,72 и добијен је садржај органске супстанце у узорцима земљишта.

Посматрајући реакцију земљишта у 1М КСl-у бескарбонатни чернозем има киселу до слабо киселу реакцију земљишта (табела 6). Према садржају азота земљиште је средње до недовољно обезбеђено. Лакориступачним фосфором средње до ниско обезбеђено, док је лакоприступачним калијумом средње обезбеђено. Приступачним калцијумом и магнезијумом је високо обезбеђено. Садржај карбоната је испод границе детекције методе, док је органском материјом средње обезбеђено.

Ритска црница има неутралну реакцију земљишта у 1М КСl-у (табела 6). Средње обезбеђен садржај азота. Садржај лакопрступачног фосфора је висок до врло низак. Средње обезбеђен лакопрступачним калијумом. Садржај прступачног калцијума и магнезијума је висок, слабо је карбонатно, и има низак садржај органске материје.

Механички састав земљишта одређен је по модификованој интернационалној "В" методи, припремом узорака са Na пиропосфатом (sodium pyrophosphate) (JDPZ, 1997). На основу учешћа фракција праха, песка и глине, одређена је текстурна класа земљишта помоћу троугла FERE – а (табела 7).

На основу резултата анализе механичког састава може се закључити да је бескарбонатни чернозем земљиште повољних водно физичких и механичких особина, погодно за гајење свих усева. Ритска црница - хумоглеј, потенцијално плодно земљиште које због тежег механичког састава (повећано учешће фракције глине) има ограничење при обради и евентуално захтева примену мелиоративних мера у циљу постизања високих приноса.

Табела 6. Хемијске особине земљишта

Хемијске анализе	Дубина узорковања	Бескарбонатни чернозем	Ритска црница
- рН у 1М КСL	0-30 cm	5,33	6,77
	30-60 cm	5,40	6,80
	60-90 cm	5,60	6,70
- рН у H ₂ O	0-30 cm	6,33	7,80
	30-60 cm	6,43	7,80
	60-90 cm	6,30	7,93
- Укупни N (%)	0-30 cm	0,19	0,18
	30-60 cm	0,12	0,18
	60-90 cm	0,10	0,12
Лакоприступачни K ₂ O (mg 100g ⁻¹)	0-30 cm	19,80	22,30
	30-60 cm	13,40	22,60
	60-90 cm	13,00	16,10
- Лакоприступачни P ₂ O ₅ (mg 100g ⁻¹)	0-30 cm	14,53	20,56
	30-60 cm	6,36	9,92
	60-90 cm	6,89	1,98
- Разменљиви Mg (mg 100g ⁻¹)	0-30 cm	41,90	108,02
	30-60 cm	41,20	119,20
	60-90 cm	47,03	107,09
- Разменљиви Ca (mg 100g ⁻¹)	0-30 cm	380,03	706,90
	30-60 cm	382,23	949,73
	60-90 cm	390,27	593,40
- CaCO ₃ (%)	0-30 cm	игдм	0,64
	30-60 cm	игдм	2,65
	60-90 cm	игдм	0,59
- Укупни C (%)	0-30 cm	1,88	1,84
	30-60 cm	1,11	1,62
	60-90 cm	0,87	1,03
- SOM (%)	0-30 cm	3,24	1,71
	30-60 cm	1,91	1,07
	60-90 cm	1,50	0,91
- Укупни S (%)	0-30 cm	игдм	игдм
	30-60 cm	игдм	игдм
	60-90 cm	игдм	игдм

Игдм – испод границе детекције методе (за S <0,01; за CaCO₃ <0,05)

Табела 7. Гранулометријски састав и текстурна класа земљишта

Текстурни састав (%)	Дубина узорковања	Бескарбонатни чернозем	Ритска црница
крупан песак (0,2-2,0 mm)	0-30 cm	0,8	1,3
	30-60 cm	0,6	1,3
	60-90 cm	0,4	1,6
ситан песак (0,02-0,2 mm)	0-30 cm	35,0	20,4
	30-60 cm	33,8	17,0
	60-90 cm	32,5	21,6
прах (0,002-0,02 mm)	0-30 cm	30,8	26,8
	30-60 cm	31,0	26,9
	60-90 cm	31,6	28,6
глина (<0,002 mm)	0-30 cm	33,4	51,5
	30-60 cm	34,6	54,8
	60-90 cm	35,5	48,2
Текстурна класа (FERE)	0-30 cm	GI	G
	30-60 cm	GI	G
	60-90 cm	GI	G

GI – глиновита иловача; G – глина.

7. РЕЗУЛТАТИ И ДИСКУСИЈА

Резултати трогодишњег истраживања о утицају густине садње на закоровљеност мискантуса подељени су на два подпоглавља. У првом подпоглављу приказани су резултати утицаја густине садње на закоровљеност, а у другом утицај проучаваних чинилаца на принос и минерални састав биомасе мискантуса.

7.1. Утицај густине садње, локалитета и термина оцене на закоровљеност засада по фазама раста мискантуса

Принос суве биомасе корова и коровске врсте детерминисани су по годинама, почевши од прве до треће године од заснивања засада.

7.1.1. Прва година

Оцена закоровљености вршена је у три рока, везана за карактеристичне фазе растења мискантуса, а то су почетак пораста стабла (појава првог коленца), затим фаза интензивног пораста стабла и фаза формирања метлице. Сва три фактора имала су значајан утицај на суву масу корова у првој години (Табела 8 и Табела 9).

У првој години забележен је значајан пораст суве масе корова од прве до треће оцене закоровљености у обе густине садње и на оба локалитета. У просеку за сва три термина и локалитете, у засаду са мањом густином садње забележена је већа сува маса корова у односу на већу густину (304,4 g, односно 268,1 g). Приказани резултати у сагласности су са истраживањима других аутора. Тако су *Warkowska and Molas (2010)*, при мањој густини садње мискантуса (1 ризом m⁻²) добили за 62 % већу масу корова него у већој густини (3 ризом m⁻²), што је готово двоструко веће разлика у односу на наша истраживања. На повећану закоровљеност мискантуса у години садње при мањој густини биљака указао је и *Lesur (2012)*. С друге стране, *Semere and*

Slater (2007) су у првој години након садње имали приближно исту масу корова уз примену хербицида за сузбијање поника једногодишњих усколисних и широколисних коровских биљака после садње.

Табела 8. Утицај густине садње, локалитета и термина оцене закоровљености на суву масу корова (g m^{-2}) у првој години засада мискантуса

Густина садње		Локалитет		
		Земун	Грабовац	Просек
2 ризома/ m^2	I оцена	223,0 ± 38,6AaY	186,8 ± 46,4AaX	204,9 ± 43,0
	II оцена	307,0 ± 22,5BbX	250,8 ± 2,2AbX	278,9 ± 33,9
	III оцена	494,0 ± 35,5BcY	365,0 ± 20,7AcY	429,5 ± 75,3
	Просек	341,3	267,6	304,4
3 ризома/ m^2	I оцена	155,0 ± 11,5AaX	164,5 ± 45,6AaX	159,7 ± 30,2
	II оцена	423,0 ± 12,8BbY	209,8 ± 32,4AaX	316,4 ± 118,8
	III оцена	379,0 ± 9,6BbX	277,0 ± 15,2AbX	328,0 ± 56,9
	Просек	319,0	217,1	268,1
Просек	I оцена	189,0 ± 45,1	175,65 ± 42,94	182,3 ± 42,6
	II оцена	365,0 ± 65,6	230,32 ± 30,43	297,7 ± 85,6
	III оцена	436,5 ± 67,2	321,02 ± 50,84	378,8 ± 82,8
	Просек	330,2	242,33	286,3

*Напомена: за означавање значајности разлика између појединих локалитета коришћена су велика латинична слова, између термина оцене закоровљености мала латинична слова, а између густине садње ризома X и Y. Вредности са истим словима не разликују се значајно.

Сува маса корова у Земуну била је већа за 27,58 % при мањој густини садње и за 46,93 % већа при већој густини садње у односу на Грабовац. Већа закоровљеност засада мискантуса на овом локалитету може бити резултат веће природне плодности чернозема на коме је гајен мискантус у Земуну. Интеракције проучаваних третмана (прва густина и локалитет) нису биле значајне, док је она била значајна између друге густине садње (3 ризома) и локалитета гајења мискантуса. Поређењем времена оцене

закоровљености и проучаваних третмана густине садње и локалитета интеракције су биле значајне.

Табела 9. Анализа варијансе утицаја густине садње, локалитета и термина оцене закоровљености (ТОЗ) на масу корова, трећа година засада, прва година засада

Извор варијације	Сума квадрата	с.с.	Варијансе	F-количник
Густина	11914,0	1	11914,0	14,897**
Локалитет	69440,1	1	69440,1	86,824***
ТОЗ	233860,3	2	116930,1	146,203***
Густина x Локалитет	1776,7	1	1776,7	2,222 ^{ns}
Густина x ТОЗ	29329,2	2	14664,6	18,336***
Локалитет x ТОЗ	25521,1	2	12760,5	15,955***
Густина x Локалитет x ТОЗ	18812,8	2	9406,4	11,761***
Грешка	19194,7	24	799,7	
Укупно	409849,3	35		

* $P < 0,05$; ** $P < 0,01$; *** $P < 0,001$

7.1.2. Друга година

Принос суве масе корова у двогодишњим засадима на оба локалитета био је већи у односу на претходну вегетациону сезону (Табела 8 и Табела 10). Супротно нашим резултатима, значајно смањење закоровљености у другој години усева мискантуса забележила је Lesur (2012), која истиче да је лишће опало током јесени и зиме умногоме спречило развој корова наредне вегетационе сезоне. Исти аутор истиче да је само у екстремно закоровљеном усеву у години садње ризома, развој корова био забележен и у другој години.

Поређењем термина оцене закоровљености и третмана густине садње и локалитета у приказаним истраживањима, уочен је њихов значајан утицај на принос масе корова, као и њихова интеракција (Табела 10 и Табела 11). Сува маса корова је расла по терминима оцене закоровљености на оба локалитета. Значајно повећање суве масе у другој оцени у односу на прву забележено је једино на локалитету Земун и већој густини садње, док је до фазе метличења (треће оцене закоровљености)

повећање било значајно у засадима са мањом и већом густином садње и на оба локалитета.

Табела 10. Утицај густине садње, локалитета и термина оцене закоровљености на суву масу (g m^{-2}) корова у другој години засада мискантуса

Густина садње		Локалитет		
		Земун	Грабовац	Просек
2 ризома/ m^2	I оцена	272,5 ± 15,3AaX	261,8 ± 28,4AaX	267,2 ± 21,2
	II оцена	278,0 ± 15,4AaX	275,6 ± 47,2AaY	276,8 ± 31,5
	III оцена	679,5 ± 50,6BbY	383,5 ± 50,4AbX	531,5 ± 168,3
	Просек	410,0	307,0	358,5
3 ризома/ m^2	I оцена	291,0 ± 8,3BaX	200,8 ± 25,1AaX	245,9 ± 52,1
	II оцена	378,0 ± 9,6BbY	206,9 ± 23,6AaX	292,5 ± 95,1
	III оцена	394,5 ± 26,3BbX	331,4 ± 74,2AbX	362,9 ± 60,6
	Просек	354,5	246,4	300,4
Просек	I оцена	281,8 ± 14,9	231,3 ± 41,1	256,5 ± 39,5
	II оцена	328,0 ± 55,0	241,3 ± 50,3	284,6 ± 68,0
	III оцена	537,0 ± 160,2	357,4 ± 63,5	447,2 ± 149,3
	Просек	382,3	276,7	329,4

*Напомена: за означавање значајности разлика између локалитета коришћена су велика латинична слова, између термина оцене закоровљености мала латинична слова, а између густина садње ризома X и Y. Вредности са истим словима не разликују се значајно.

Табела 11. Анализа варијансе утицаја густине садње, локалитета и термина оцене закоровљености (ТОЗ) на масу корова, друга година засада мискантуса

Извор варијације	Сума квадрата	с.с	Варијансе	F-количник
Густина	30322,4	1	30322,4	22,519***
Локалитет	100256,6	1	100256,6	74,457***
ТОЗ	254370,4	2	127185,2	94,456***
Густина x Локалитет	58,2	1	58,2	0,043 ^{ns}
Густина x ТОЗ	56995,9	2	28497,9	21,164***
Локалитет x ТОЗ	26598,2	2	13299,1	9,877**
Густина x Локалитет x ТОЗ	66700,0	2	33350,0	24,768***
Грешка	32316,1	24	1346,5	
Укупно	567618,1	35		

* $P < 0,05$; ** $P < 0,01$; *** $P < 0,001$

Густина садње значајно је утицала на масу корова на оба локалитета и у другој години. На локалитету Земун, значајно већа маса корова у фази интензивног пораста мискантуса (друга оцена) забележена је у густини садње са три ризома, док је у фази метличења она била већа при густини садње са два ризома за 72,24 % у односу на већу густину. У просеку за сва три термина оцене закоровљености, већа сува маса је забележена у мањој густини садње на оба локалитета (410,0 g и 307,0 g) у поређењу већом густином (354,5 g и 264,6 g) где је очигледно конкуренција у односу на корове била интензивнија. Закоровљеност засада на локалитету Земун и у другој години је била значајно већа него у Грабовцу (у просеку 382,3 g, односно 276,7 g).

7.1.3. Трећа година

Закоровљеност трогодишњих засада мискантуса била је у просеку за цео оглед већа за 42,4 % у односу на претходну вегетациону сезону, а на локалитету Земун већа за чак 60,5 % (Табела 10 и Табела 12) те је у првој оцени закоровљености у већој густини (3 ризома m^{-2}) у Земуну забележено чак 1027,0 g суве масе m^{-2} . Semere and Slater (2007) и поред употребе хербицида такође бележе већу закоровљеност усева у трећој години засада у односу на другу, што објашњавају чињеницом да мискантус

има слаб почетни пораст, а садња на велика међуредна растојања оставља довољно простора за раст корова.

Утицај локалитета и густине садње на закоровљеност био је значајан и у трећој години, док је изостао утицај термина оцене закоровљености, али је била значајна његова интеракција са осталим факторима (Табела 12, Табела 13). Резултати који се односе на закоровљеност трогодишњег засада по локалитетима, показали су да се динамика закоровљености значајно мењала од прве до треће оцене закоровљености. Занимљиво је да је на оба локалитета, за разлику од претходне две сезоне, у трећој години изостало повећање суве масе од друге до треће оцене, са изузетком веће густине садње у Земуну. У трећој години, биљке мискантуса су до фазе метличења образовале велику биомасу захваљујући чему су очигледно биле више компетитивне у односу на корове него у претходне две сезоне.

Густина садње значајно је утицала на масу корова у Земуну, која је у просеку за три оцене закоровљености била већа за 34 % у већој густини садње, док у Грабовцу разлике нису биле значајне.

Закоровљеност засада је и у трећој години, у целини била је већа на локалитету Земун ($613,75 \text{ g m}^{-2}$) у односу на Грабовац ($328,0 \text{ g m}^{-2}$), што указује на већу потенцијалну закоровљеност земљишта тог локалитета. Сличне резултате наводе и Feledyn-Szewczyk et al. (2014), закључујући да је већа закоровљеност засада на тежим земљиштима. Другачије резултате добили су Semere and Slater (2007), проучавајући закоровљеност мискантуса на различитим типовима земљишта. Ови аутори закључују да је засад на земљишту тежег механичког састава био више закоровљен као последица другачијих временских услова током извођења огледа. Ово потврђују резултати Dželetović et al. (2013), Zub and Brancourt-Hulmel (2010) и Price et al. (2004) који истичу да недовољна снабдевеност водом може да успори пораст и развој усева, а сезонске разлике у приносу углавном су последица водног стреса, како истичу аутори.

Табела 12. Утицај густине садње, локалитета и термина оцене закоровљености на суву масу (g m^{-2}) корова у трећој години засада мискантуса

Густина садње		Локалитет		
		Земун	Грабовац	Просек
2 ризома/ m^2	I оцена	386,0 ± 4,3BaX	248,7 ± 142,6AaX	317,3 ± 117,4
	II оцена	616,0 ± 14,1BbY	424,2 ± 68,6AbX	520,1 ± 114,0
	III оцена	572,5 ± 8,7BbX	372,1 ± 87,2AbX	472,3 ± 122,9
	Просек	524,8	348,3	436,6
3 ризома m^2	I оцена	1027,0 ± 40,6BcY	200,5 ± 70,2AaX	613,7 ± 455,5
	II оцена	433,0 ± 26,0AaX	367,3 ± 63,1AbX	400,1 ± 56,2
	III оцена	648,0 ± 7,9BbX	355,5 ± 38,9AbX	501,7 ± 162,1
	Просек	702,6	307,8	505,2
Просек	I оцена	706,5 ± 352,0	224,6 ± 103,9	465,5 ± 35,2
	II оцена	524,5 ± 101,9	395,7 ± 66,7	460,1 ± 106,1
	III оцена	610,2 ± 42,0	363,8 ± 61,0	487,0 ± 138,0
	Просек	613,7	328,0	470,9

*Напомена: за означавање значајности разлика између локалитета коришћена су велика латинична слова, између термина оцене закоровљености мала латинична слова, а између густина садње ризома X и Y. Вредности са истим словима не разликују се значајно.

Табела 13. Анализа варијансе утицаја густине садње, локалитета и термина оцене закоровљености (ТОЗ) на масу корова, трећа година засада

Извор варијације	Сума квадрата	с.с	Варијансе	F-количник
Густина	42394,8	1	42394,8	11,106*
Локалитет	734449,0	1	734449,0	192,406***
ТОЗ	4861,1	2	2430,5	0,637 ^{ns}
Густина x Локалитет	107321,7	1	107321,7	28,115***
Густина x ТОЗ	266873,4	2	133436,7	34,957***
Локалитет x ТОЗ	194028,4	2	97014,2	25,415***
Густина x Локалитет x ТОЗ	267265,1	2	133632,5	35,008***
Грешка	91612,2	24	3817,1	
Укупно	1708805,9	35		

* $P < 0,05$; ** $P < 0,01$; *** $P < 0,001$

7.2. Флористички састав коровске заједнице у засадима мискантуса

Током трогодишњег истраживања флористичког састава коровске заједнице у засаду мискантуса, на локалитету у Земуну детерминисане су 22 коровске врсте, сврстане у 11 фамилија, а на локалитету у Грабовцу 26 коровских врста, сврстаних у 17 фамилија (Табела 14, Табела 15). Број коровских врста варира у зависности од географског подручја и услова успевања. Тако су Končekova et al. (2014) у трогодишњем истраживању детерминисали 29 коровских врста, а Sekutowski et al. (2009) 16 врста. У приказаним истраживањима, већи број коровских врста забележен је на локалитету Грабовац где је мискантус гајен на земљишту типа ритска црница које има тежи механички састав у односу на бескарбонатни чернозем. Резултати истраживања које су спровели Feledyn-Szewczyk et al. (2014) односе се на утицај типа земљишта на диверзитет коровских врста у усеву мискантуса и према њима је такође на земљишту тежег механичког састава забележен већи број (37 врста) у односу на лакше земљиште на коме је њихова бројност била мања (33 врсте).

У нашим истраживањима, на оба локалитета, фамилије са највећим бројем врста биле су *Asteraceae* (6 врста на локалитету Земун, 5 врста на локалитету Грабовац) и *Poaceae* (4 врсте на локалитету Земун и 3 врсте на локалитету Грабовац) (Табела 14). Друге фамилије биле су заступљене са по једном или две коровске врсте. У усеву мискантуса гајеног на локалитету Земун доминирале су коровско-рудералне и коровске врсте, са по 10 врста (45,45 % учешћа). На овом локалитету забележено је присуство само 2 рудералне врсте (9,09 % учешћа). На локалитету Грабовац, доминирале су коровско-рудералне врсте (14 врста или 53,85 % учешћа). Из групе корова било је 11 врста (42,31 %) и само једна рудерална врста (3,85 %).

Када је реч о животног облику коровских врста, на локалитету Земун била је евидентна доминација терофита са 13 врста (61,90 %) (Табела 14). На другом месту по заступљености биле су геофите са 4 врсте (19,05 %), док су хемикриптофите биле присутне са 2 врсте (9,52 %). Теро-хемикриптофите и фанерофите забележене су са по једном врстом (4,76 %). Резултати анализе животног облика коровских врста на

локалитету Грабовац показали су већи број терофита (19 врста или 73,08 %) и геофита (5 врста или 19,23 %). Заступљеност теро-хемикриптофита и хемикриптофита била је значајно мања, само по 3,85 %. Значајно веће учешће терофита (62 %) и геофита (22 %) у усеву мискантуса на лесивираном земљишту у Чешкој забележили су Копћекова et al. (2014).

У првој години раста мискантуса, на локалитету Земун, у усеву густине садње са два ризома забележено је 10 коровских врста, а са већом густином - 11 врста (График 1). Током друге године број коровских врста незнатно је повећан, па је код густине садње од два ризома забележено 11, а у густини од три ризома 12 коровских врста (График 2). Најмањи број коровских врста (6) забележен је у трећој години на локалитету Земун у обе густине садње (График 3). У засаду мискантуса на локалитету Грабовац био је знатно већи број коровских врста по годинама у односу на усев на локалитету Земун и то при мањој густини садње. У првој години, детерминисано је 14 врста у мањој густини и 12 врста у већој густини (График 4). При мањој густини садње број врста је у другој години повећан на 17, а у засаду за већом густином садње на 13 врста (График 5), док је у трећој години број смањен на 9 врста, односно 8 врста (График 6). Пораст висине стабла и броја листова у трећој години (Табела 20, Табела 26) сигурно су утицали на смањење броја коровских врста.

Резултати трогодишњих истраживања показују да се највећи број врста појавио у периоду од ницања мискантуса до фазе интензивног пораста стабла због великог броја врста које у овом периоду највише клијају и ничу. Растом мискантуса у висину, образује се и већи број листова по биљци што је утицало на зесењивање простора око биљака, што је позитивно утицало на конкуренцију са коровима.

Након детерминације врста, установљено је да на локалитету у Земуну, у фази ницања биле присутне следеће врсте: зимско-пролећне ефемере (*Senecio vulgaris* L. и *Veronica persica* Poir.), ранопролећна врста (*Polygonum convolvulus* L.), ранопролећне врсте које имају дуг период клијања и ницања (*Lolium multiflorum* Lam., *Chenopodium album* L.) и вишегодишње врсте (*Taraxacum officinale* Web., *Cirsium arvense* L.,

Sorghum halepense L. и *Convolvulus arvensis* L.). Током ове фазе раста мискантуса, забележене су *Paraver rhoeas* L., и вишегодишња дрвенаста врста *Ailanthus altissima* (Mill.) Swingle (График 1, График 2, График 3). У фази интензивног пораста стабла, средином вегетационог периода, биле су присутне ранопролећне врсте (*Avena fatua* L., *Sonchus arvensis* L., *Euphorbia helioscopia* L. и *Polygonum aviculare* L.), каснопролећне (*Sonchus oleraceus* (L.) Gou, *Daucus carota* L.) (График 1, График 2, График 3). Током фазе метличења мискантуса број врста значајно се смањује, код обе густине садње мискантуса, а поред споменутих корова појављује се и врста *Vicia cracca* L. (График 1, График 2, График 3) .

Највећи број коровских врста у усеву мискантуса на локалитету у Грабовцу, био је у фази ницања због значајног учешћа зимско-пролећних ефемера (*Stelaria media* (L.) Vill., *Veronica persica* Poir. и *Lamium purpureum* L.), и озимих врста, које при оптималним температурама могу да клијају и ничу током целе године (*Myagrurn perfoliatum* L., *Medicago lupulina* L., *Capsela bursa-pastoris* (L.) Med. (График 4). У тој фази раста мискантуса забележене су и ранопролећне врсте (*Ranunculus arvensis* L., *Polygonum aviculare* L., *Polygonum persicaria* L.), и на крају вишегодишње врсте које имају дуг период ницања током пролећа (*Convolvulus arvensis* L., *Cirsium arvense* L., *Agropyrum repens* L. и др.). Током фазе интензивног пораста стабла мискантуса, јављали су се каснопролећни корови (*Amaranthus retroflexus* L., *Ambrosia artemisifolia* L., *Chenopodium album* L., *Portulaca oleracea* L., *Setaria glauca* L., *Xanthium strumarium* L. и др.) и вишегодишње врсте (*Rubus caesius* L., *Cynodon dactylon* L. и *Lathyrus tuberosus* L.) које су присутне и наступањем периода метличења усева мискантуса, са мањим бројем забележених врста (График 5, График 6).

Врсте које су биле присутне у засадама током све три године гајења на локалитету у Земуну су: *Lolium multiflorum* Lam., *Convolvulus arvensis* L. и *Sonchus oleraceus* (L.) Gou. (График 1, График 2, График 3), а у Грабовцу 6 врста: *Convolvulus arvensis* L., *Polygonum aviculare* L., *Cirsium arvense* L., *Setaria glauca* L., *Ambrosia artemisifolia* L. и *Chenopodium album* L. (График 4, График 5, График 6).

Коровске врсте које су се појављивале на оба локалитета су: *Daucus carota* L., *Cirsium arvense* L., *Chenopodium album* L., *Convolvulus arvensis* L., *Papaver rhoeas* L., *Polygonum aviculare* L. и *Veronica persica* Poir. Anderson et al. (2010) су у на подручју САД, поред врста које се појављују у нашем истраживању као што су *Portulaca oleracea* L., *Chenopodium album* L., *Amaranthus retroflexus* L. и *Xanthium strumarium* L., забележили и врсте *Ipomoea hederacea* Jacq., *Abutilon theophrasti* Medik. и *Setaria faberi* Herrm.

Истраживања Dželetovića i sar. (2014) показују да се у усеву мискантуса, на неколико локација гајења у Србији од коровских врста појављују: *Chenopodium album* L., *Daucus carota* L., *Cichorium intybus* L., *Inula salicina* L., *Medicago sativa* L., *Cirsium oleraceum* (L.) *Conyza canadensis* L., *Setaria verticillata* (L.) P. Beauv., *Sonchus arvensis* L., *Convolvulus arvensis* L., док су врсте које преовлађују у усеву мискантуса, *Agropyrum repens* L. и *Sorghum halepense* L.

Табела 14. Флористички састав коровске заједнице у засаду мискантуса за трогодишњи период на локалитету Земун

Фамилија	Редни број	Коровска врста	Категорија према месту налажења	Животна форма
<i>Apiaceae</i>	1	<i>Daucus carota</i> L.	КР	Th
	2	<i>Taraxacum officinale</i> Web.	КР	Н
	3	<i>Sonchus arvensis</i> L.	К	Г
<i>Asteraceae</i>	4	<i>Sonchus oleraceus</i> (L.) Gou	К	Т
	5	<i>Cirsium arvense</i> L.	КР	Г
	6	<i>Matricaria inodora</i> L.	КР	Т
	7	<i>Senecio vulgaris</i> L.	КР	Т
<i>Chenopodiaceae</i>	8	<i>Chenopodium album</i> L.	К	Т
	9	<i>Kochia scoparia</i> L. Schrad	КР	Т
<i>Convolvulaceae</i>	10	<i>Convolvulus arvensis</i> L.	КР	Г
<i>Euphorbiaceae</i>	11	<i>Euphorbia helioscopia</i> L.	К	Т
<i>Fabaceae</i>	12	<i>Vicia cracca</i> L.	КР	Г
<i>Papaveraceae</i>	13	<i>Papaver rhoeas</i> L.	К	Т
	14	<i>Avena fatua</i> L.	К	Т
<i>Poaceae</i>	15	<i>Lolium multiflorum</i> Lam.	К	Н
	16	<i>Setaria viridis</i> L. P. B.	К	Т
	17	<i>Sorghum halepense</i> L.	К	Г
<i>Polygonaceae</i>	18	<i>Polygonum aviculare</i> L.	КР	Т
	19	<i>Polygonum convolvulus</i> L.	К	Т
<i>Scrophulariaceae</i>	20	<i>Veronica agrestis</i> L.	КР	Т
	21	<i>Veronica persica</i> Poir.	К	Т
<i>Simaroubaceae</i>	22	<i>Ailanthus altissima</i> (Mill.) Swingle	Р	Р

Т - терофите; Th - теро-хемикриптофите; Н - хемикриптофите; Г – геофите; Р – фанерофите; КР – коровско-рудерална врста, К – коровска врста, Р – рудерална врста.

Табела 15. Флористички састав коровске заједнице у засаду мискантуса за
трогодишњи период на локалитету Грабовац

Фамилија	Редни број	Коровска врста	Категорија према месту налажења	Животна форма
<i>Apiaceae</i>	1	<i>Daucus carota</i> L.	КР	Th
<i>Amaranthaceae</i>	2	<i>Amaranthus retroflexus</i> L.	К	Т
	3	<i>Ambrosia artemisifolia</i> L.	КР	Т
	4	<i>Cirsium arvense</i> L.	КР	Г
<i>Asteraceae</i>	5	<i>Lactuca serriola</i> L.	КР	Т
	6	<i>Picris echioides</i> L.	Р	Т
	7	<i>Xanthium strumarium</i> L.	КР	Т
<i>Brassicaceae</i>	8	<i>Capsela bursa-pastoris</i> (L.) Medic.	КР	Т
	9	<i>Myagrum perfoliatum</i> L.	К	Т
<i>Caryophyllaceae</i>	10	<i>Stelaria media</i> (L.) Vill.	КР	Т
<i>Chenopodiaceae</i>	11	<i>Chenopodium album</i> L.	К	Т
<i>Convolvulaceae</i>	12	<i>Convolvulus arvensis</i> L.	КР	Г
<i>Geraniaceae</i>	13	<i>Geranium dissectum</i> (L.) Jusl.	КР	Т
<i>Fabaceae</i>	14	<i>Lathyrus tuberosus</i> L.	К	Г
	15	<i>Medicago lupulina</i> L.	КР	Т
<i>Lamiaceae</i>	16	<i>Lamium purpureum</i> L.	КР	Т
<i>Papaveraceae</i>	17	<i>Papaver rhoeas</i> L.	К	Т
	18	<i>Agropyrum repens</i> L.	КР	Г
<i>Poaceae</i>	19	<i>Cynodon dactylon</i> L.	КР	Г
	20	<i>Setaria glauca</i> L. P. B.	К	Т
<i>Polygonaceae</i>	21	<i>Polygonum aviculare</i> L.	КР	Т
	22	<i>Polygonum persicaria</i> L.	К	Т
<i>Portulacaceae</i>	23	<i>Portulaca oleracea</i> L.	К	Т
<i>Ranunculaceae</i>	24	<i>Ranunculus arvensis</i> L.	К	Т
<i>Rosaceae</i>	25	<i>Rubus caesius</i> L.	К	Н
<i>Scrophulariaceae</i>	26	<i>Veronica persica</i> Poir.	К	Т

Т - терофите; Th - теро-хемикриптофите; Н - хемикриптофите; Г - геофите; Р - фанерофите; КР - коровско-рудерална врста, К - коровска врста, Р - рудерална врста.

Резултати приказаних истраживања показују да нису све коровске врсте конкурентивне у односу на мискантус што свакако зависи и од фазе његовог пораста. У првој години, у засаду у Земуну, у мањој густине садње најзаступљеније су биле

следеће врсте: *Polygonum convolvulus* L., *Chenopodium album* L., *Convolvulus arvensis* L., а у већој густини садње: *Polygonum convolvulus* L., *Veronica agrestis* L. и *Convolvulus arvensis* L. (График 1). У другој години, врсте *Lolium multiflorum* Lam., *Matricaria inodora* L. и *Cirsium arvense* L. биле су најзаступљеније у мањој густини садње (2 ризома m²), док су у засаду са већом густином (3 ризома m²) најзаступљеније биле *Cirsium arvense* L., *Lolium multiflorum* Lam. и *Euphorbia helioscopia* L. (График 2). У трогодишњем засаду број врста значајно је смањен, а као најзаступљенија показала се *Lolium multiflorum* Lam. у обе густине садње (График 3). Sekutowski et al. (2009) су у усеву мискантуса, током трогодишњег истраживања, детерминисали од 12 до 16 коровских врста, у зависности од године гајења. Резултати истраживања ових аутора потврђују да нису све коровске врсте подједнако значајан проблем за пораст и развој мискантуса. Јаку конкурентност показале су врсте *Panicum crus-galli* L., *Chenopodium album* L. и *Amaranthus retroflexus* L., које, уколико нису благовремено сузбијене, доводе до инхибиције раста биљака мискантуса и до пропадања засада, истичу аутори. У нашем истраживању, проблематичне врсте су представници геофита: *Cirsium arvense* L. и *Convolvulus arvensis* L. Обе су вишегодишње врсте, које поред размножавања семеном, имају добро развијен коренов систем путем кога се брзо умножавају. Према Vrbičanin et al. (2008), ове врсте су присутне на целој територији Србије, у значајној бројности и покровности, и представљају економски штетне врсте за наше подручје. Најдоминантнија врста је *Lolium multiflorum* Lam. која у трећој години гајења мискантуса бележи заступљеност преко 90 %, без обзира на густину садње (График 3). Одликује се великом продукцијом семена, добро се бокори (Dželetović i sar., 2014), а како се појављује пре или у току ницања мискантуса, врло брзо осваја вегетациони простор и представља озбиљног компетитора мискантусу. Проблем са травним коровима у годинама заснивања састојине мискантуса забележили су и многи други аутори. Према њиховим резултатима корове из породице трава тешко је било сузбити због агресивног раста травних корова, догог вегетационог периода мискантуса, његовог спорог раста у години заснивања и недостатка адекватних хербицида (Li et al., 2013).

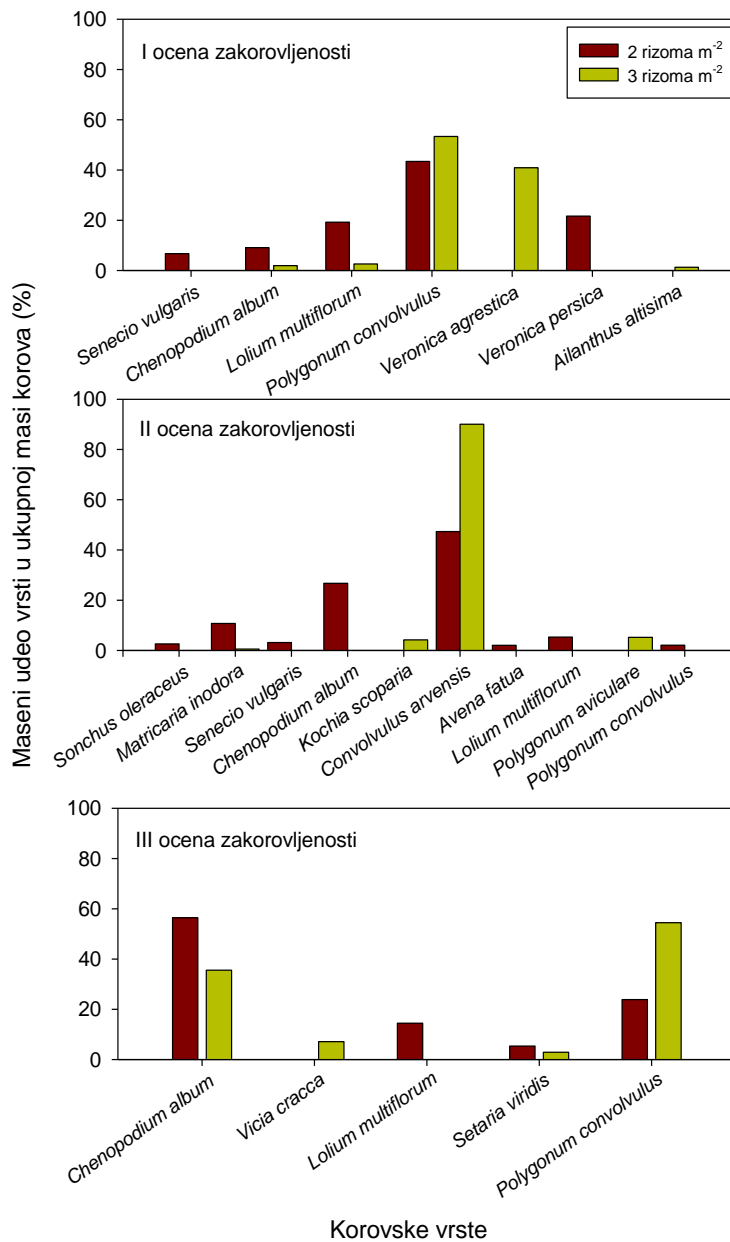


График 1. Удео коровских врста у укупној сувој маси корова у првој години засада мискантуса са две густине садње (2 ризома m⁻² и 3 ризома m⁻²) на локалитету Земун. Оцена закоровљености извршена је три пута у току вегетационог периода мискантуса.

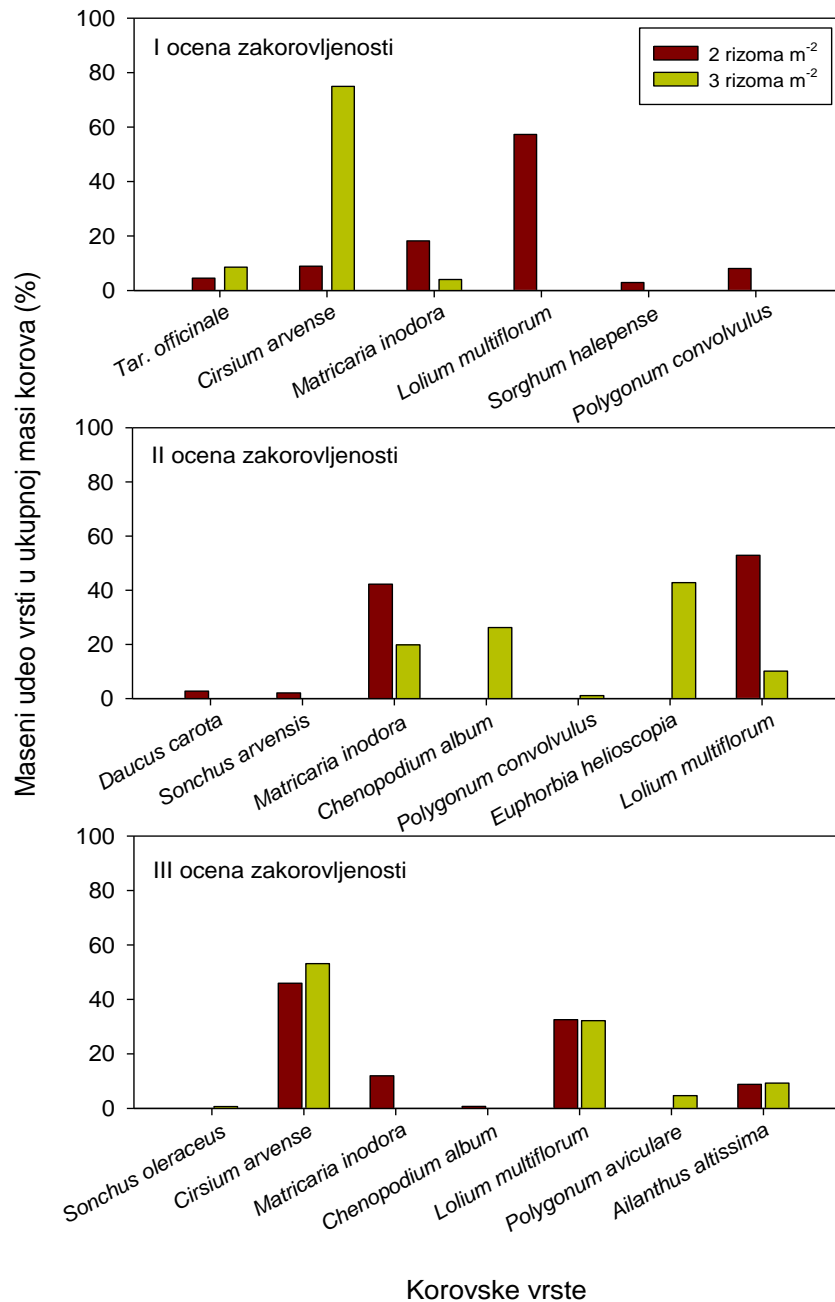


График 2. Удео коровских врста у укупној сувој маси корова у другој години засада мискантуса са две густине садње (2 ризома m⁻² и 3 ризома m⁻²) на локалитету Земун. Оцена закоровљености извршена је три пута у току вегетационог периода мискантуса.

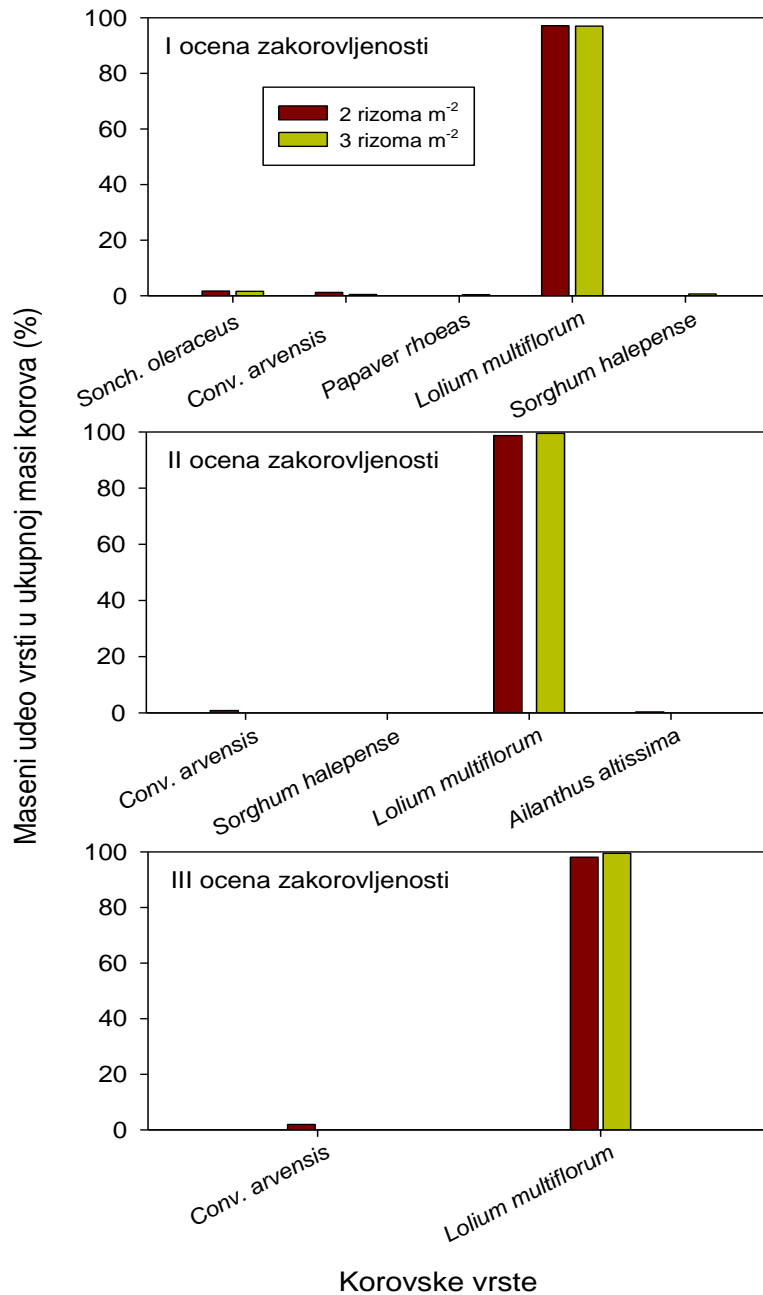


График 3. Удео коровских врста у укупној сувој маси корова у трећој години засада мискантуса са две густине садње (2 ризома m⁻² и 3 ризома m⁻²) на локалитету Земун. Оцена закоровљености извршена је три пута у току вегетационог периода мискантуса.

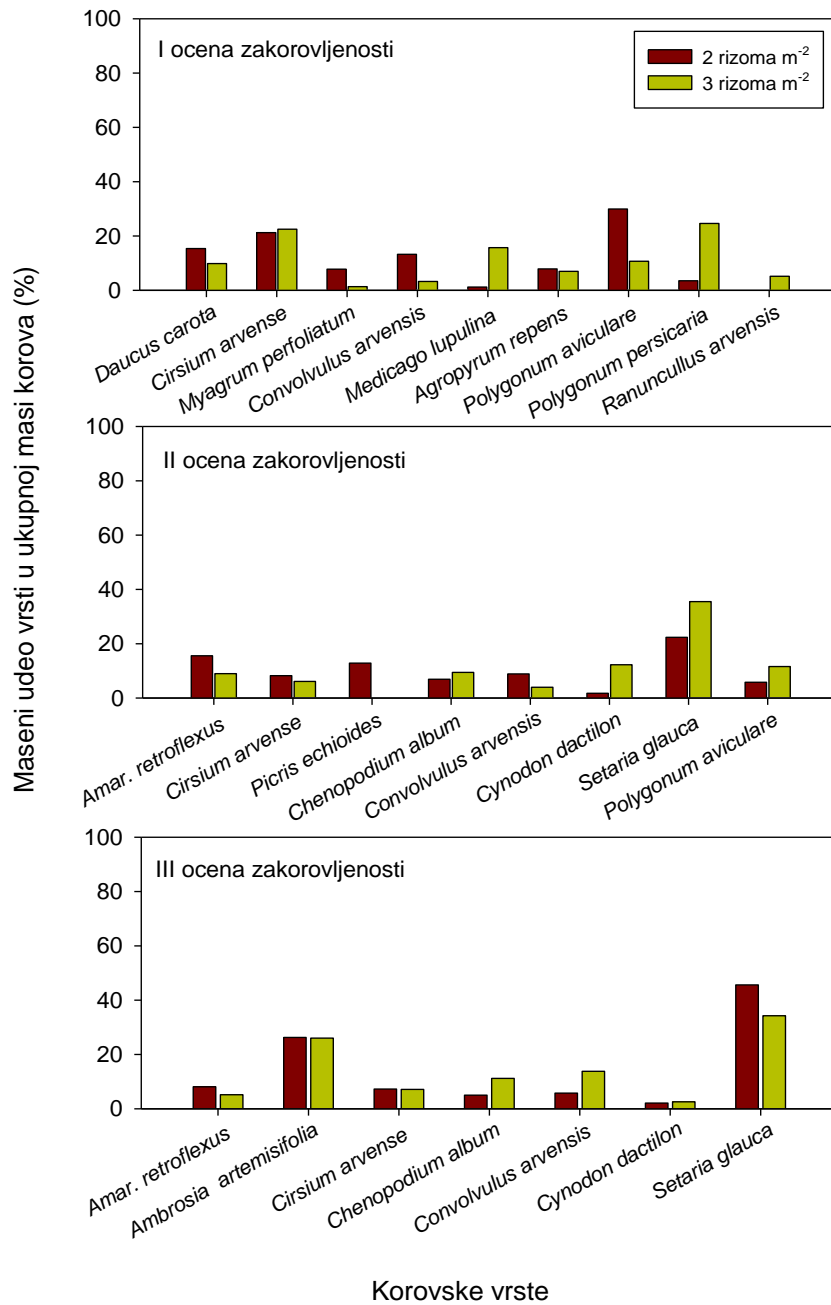


График 4. Удео коровских врста у укупној сувој маси корова у првој години усева мискантуса са две густине садње (2 ризома m⁻² и 3 ризома m⁻²) на локалитету Грабовац. Оцена закоровљености извршена је три пута у току вегетационог периода мискантуса.

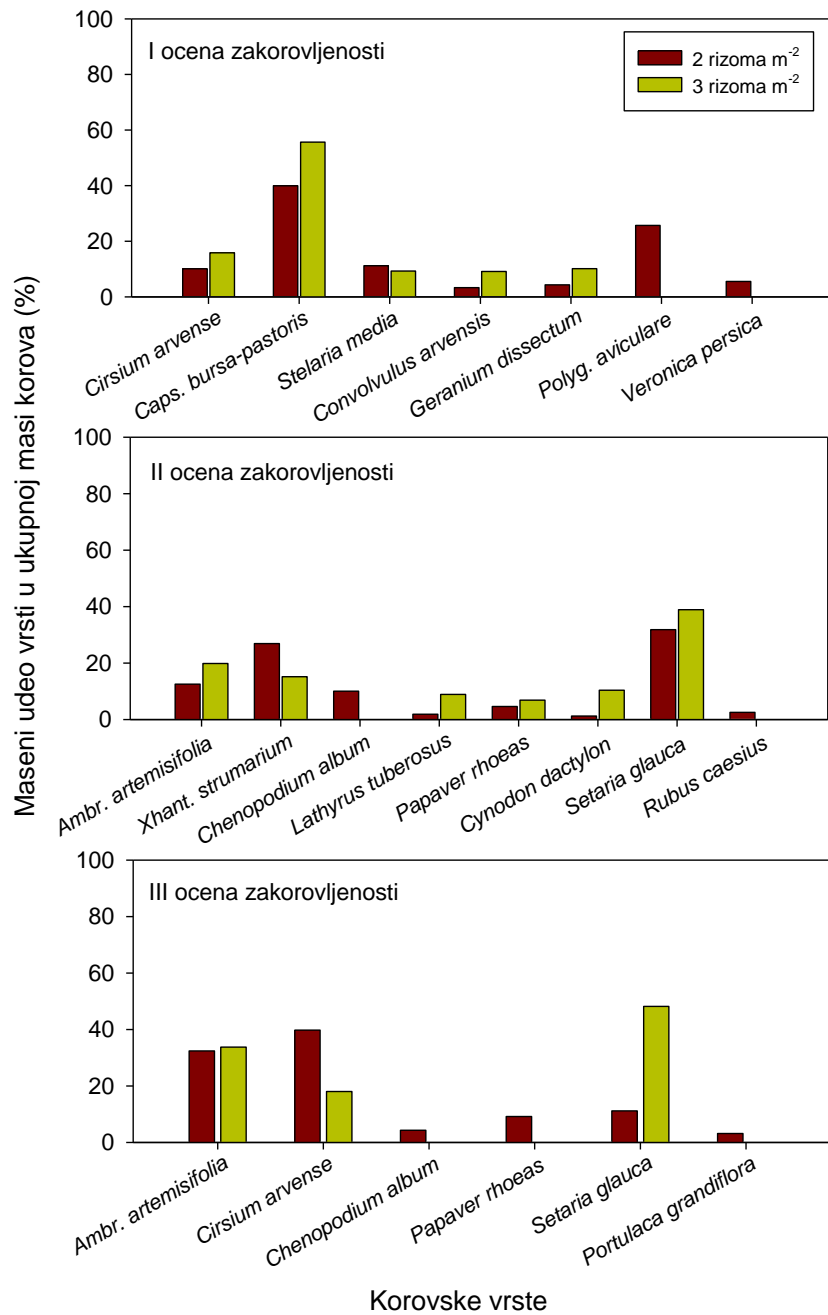


График 5. Удео коровских врста у укупној сувој маси корова у другој години засада мискантуса са две густине садње (2 ризома m⁻² и 3 ризома m⁻²) на локалитету Грабовац. Оцена закоровљености извршена је три пута у току вегетационог периода мискантуса.

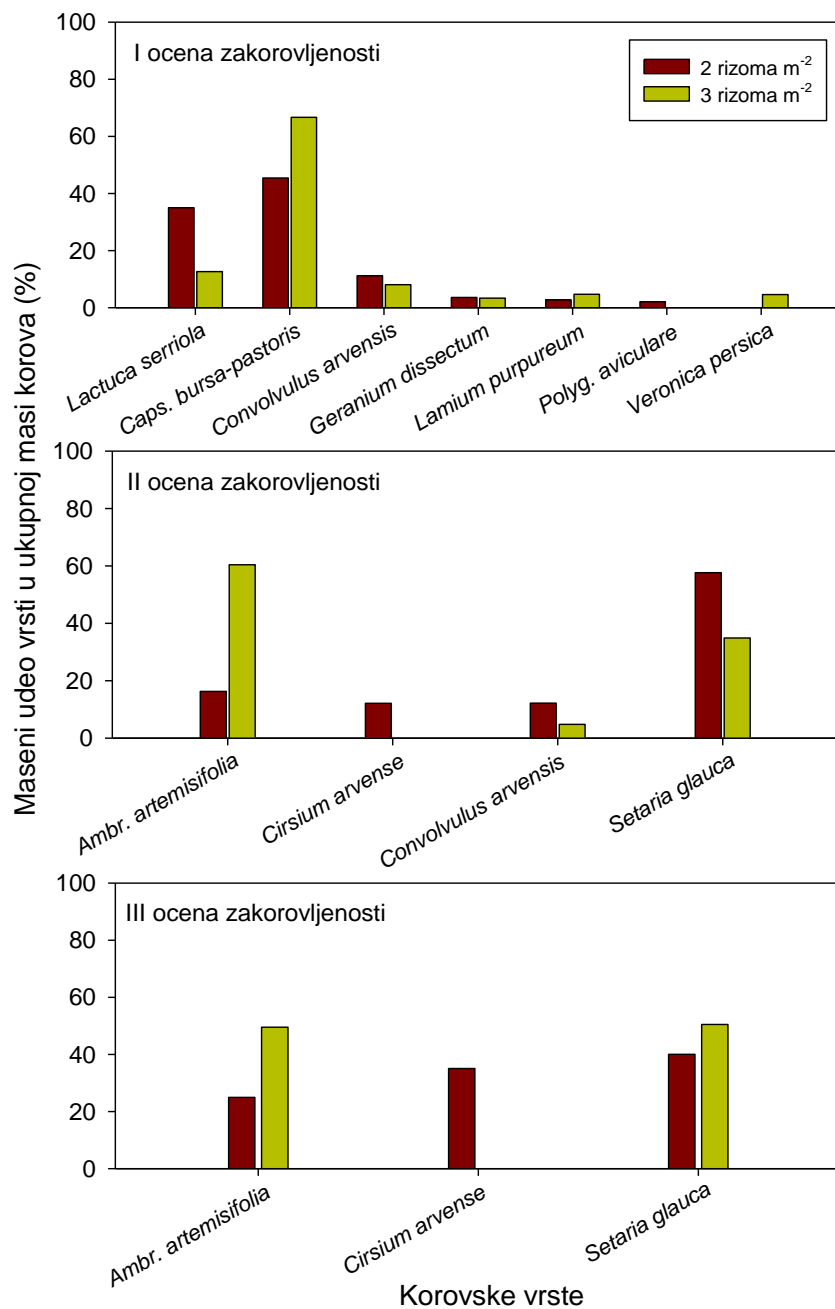


График 6. Удео коровских врста у укупној сувој маси корова у трећој години засада мискантуса са две густине садње (2 ризома m⁻² и 3 ризома m⁻²) на локалитету Грабовац. Оцена закоровљености извршена је три пута у току вегетационог периода мискантуса.

Током прве године истраживања у усеву мискантуса на локалитету Грабовач биле су доминантне једногодишње врсте *Polygonum aviculare* L., *Polygonum persicaria* L., *Setaria glauca* L., *Amaranthus retroflexus* L., *Ambrosia artemisifolia* L. и једна вишегодишња врста *Cirsium arvense* L. (Графикон 4). У другој години, закоровљеност овим врстама је повећана, а значајно је и присуство врсте *Capsela bursa-pastoris* (L.) Medic (График 5). Током треће године, до интензивног пораста мискантуса издвајају се врсте *Convolvulus arvensis* L., *Cirsium arvense* L. и *Capsela bursa-pastoris* (L.) Medic, док су у фази метличења најзаступљеније у усеву мискантуса обе густине садње биле *Setaria glauca* L. P. В. и *Ambrosia artemisifolia* L. (График 6).

Током трогодишњих истраживања у коровској заједници засада мискантуса забележена је велики број коровских врста које се међусобно разликују по својим биолошким осибинама. Ковачевић (2008) истиче да су климатски услови у нашој земљи повољни за равој великог броја гајених биљака, али њихов дуг вегетациони период омогућава и пораст различитих врста корова. У приказаном истраживању, највећи је био број коровских врста из фамилије *Asteraceae* и *Poaceae*, које су уједно биле и најконкурентније усеву мискантуса. Посебан проблем представљају травни (усколисни) корови услед филогенетске блискости са мискантусом. Међу усколисним коровима посебно се издвајају *Agropyrum repens* L., *Cynodon dactylon* L. и *Sorghum halepense* L. који се размножавају генеративним и вегетативним путем. Остали травни корови као што су *Lolium multiflorum* Lam. и *Setaria glauca* L. P. В. размножавају се генеративно.

Међу врстама из фамилије *Asteraceae*, као веома конкурентне показале су се *Sonchus arvensis* L. и *Cirsium arvense* L. као корови двоструке пропагације и *Ambrosia artemisifolia* L., *Matricaria inodora* L. и *Xanthium strumarium* L. које се размножавају семеном. Поред тога што се размножавају деловима корена, већина ових врста су корови снажног хабитуса и могу бити изузетни конкурентни усеву мискантуса и након заснивања засада. У флористичком саставу коровских врста у усеву

мискантуса евидентирани су инвазивни корови *Amaranthus retroflexus* L., *Ambrosia artemisifolia* L., *Kochia scoparia* L. Schrad, *Sorghum halepense* L., *Polygonum aviculare* L., *Portulaca oleracea* L. и *Xanthium strumarium* L. Негативан утицај ових врста значајан је, како на засад мискантуса, тако и на локални биодиверзитет (Končekova et al., 2014). Ширење ових врста последица су неадекватних мера њиховог сузбијања на пољопривредним и непољопривредним површинама (Vrbničanin, 2015). Већина врста инвазивних корова су зељасте биљке са кратким животним циклусом (терофите) и добро прилагођеним на интензивну обраду земљишта (Vrbničanin et al., 2004). Иако се остале врсте појављују у мањем степену и нису представљале озбиљног компетитора усева мискантуса, свакако се не могу занемарити јер утичу на укупну закоровљеност усева поготово у почетним фазама пораста мискантуса.

За успешно сузбијање корова потребно је да се избор мера и поступака прилагоди специфичним захтевима мискантуса. Познавање флористичког састава коровске заједнице локалитета на коме се планира заснивање засада предуслов је за избор адекватних мера и њихово правовремено сузбијање. Buhler et al. (1998) истичу да је неопходно спровести интегралне мере у борби против корова, почев од најосетљивијег периода у фази заснивања засада, а са мерама треба наставити и у успешно заснованом засаду. Интегрални приступ, према његовим речима захтева удружену сарадњу и допринос истраживача, произвођача и хемијских компанија које производе хербициде.

7.3. Утицај густине садње, закоровљености и локалитета на висину стабла мискантуса и број листова по стаблу

Стопе раста мискантуса зависе од агроеколошких услова као што су тип земљишта, падавине и температуре, као и од технологије производње, пре свега густине садње и ђубрења (Miguez et al., 2008). У фази метличења, односно после треће оцене закоровљености, мерена је висина стабла мискантуса и број листова по биљци на узорку од 10 биљака.

Резултати су показали да су у првој и другој години густина садње, закоровљеност и локалитет значајно утицали на висину стабала мискантуса (Табеле 16, 17, 18 и 19) док је у трећој години, поред ефеката главних фактора значајна била и интеракција закоровљености и локалитета (Табеле 20 и 21). Посматрајући утицај густине садње на висину мискантуса, може се закључити да је у све три године она била већа у већој густини (3 ризома m^{-2}) и то за 20,81 % у првој години, за 6,29 % у другој и за 5,52 % у трећој години у односу на мању густину садње (2 ризома m^{-2}). Посматрајући утицај закоровљености, висина стабала мискантуса била је у просеку већа за 32,27 % у засаду у ком је уклањан коров, у другој години за 32,02 % и у трећој за 38,23 % у односу на контролу.

Поређењем висине стабала мискантуса гајеног на два локалитета, може уочити да је у прве две године била у просеку већа на локалитету Земун за 4,99 %, односно за 14,21 % у односу на Грабовац, док су у трећој години стабла била виша за 10,73 % на локалитету Грабовац.

У првој години, независно од густине садње и закоровљености просечна висина стабла била је релативно релативно мала - 102,18 cm у Грабовцу и 107,28 cm у Земуну. Претпоставља се да је кратка сезона растења у првој години, са израженим периодима високих температура без падавина у периоду интензивног пораста стабла допринела овако малом порасту биљака. Поред тога, Leto and Bilandžija (2013) истичу да је нижа висина мискантуса у првој години резултат интензивног пораста

кореновог система и ризома. Živanović et al. (2014) су у години заснивања забележили висину стабла од 118,3 cm у агроколошким условима шире околине Београда, а Leto and Bilandžija (2013) чак 165 cm.

Табела 16. Утицај густине садње и локалитета на висину стабла (cm) мискантуса у првој години засада

Густина садње	Закоровљеност	Локалитет		
		Земун	Грабовац	Просек
2 ризома m ⁻²	Контрола	91,7 ± 14,4BaX	80,7 ± 13,4AaX	86,2±14,6
	Без корова	119,0 ± 10,3BbX	113,5 ± 6,1AbX	116,2±8,7
	Просек	105,3	97,1	101,2±19,3
3 ризома m ⁻²	Контрола	96,8 ± 13,43BaY	91,5 ± 5,5AaY	94,1±10,3
	Без корова	127,6 ± 7,2BbY	123,0 ± 7,1AbY	122,3±7,0
	Просек	109,2	107,2	108,2±16,7
Просек	Контрола	94,2 ± 13,8	86,1 ± 11,4	90,1±13,1
	Без корова	120,3 ± 8,8	118,2 ± 8,1	119,2±8,4
	Просек	107,2	102,1	104,7±18,3

*Напомена: за означавање значајности разлика између локалитета коришћена су велика латинична слова, мала латинична слова за уклањање корова и закоровљеност, а између густина садње ризома X и Y. Вредности са истим словима не разликују се значајно.

Табела 17. Анализа варијансе утицаја густине садње и локалитета на висину стабла мискантуса, прва година

Извор варијације	Сума квадрата	С.с.	Варијансе	F-количник
Густина	1445,0	1	1445,0	13,623***
Закоровљеност	18727,2	1	18727,2	176,551***
Локалитет	871,2	1	871,2	8,213*
Густина x Закоровљеност	6,0	1	6,0	0,057 ^{нз}
Густина x Локалитет	54,4	1	54,4	0,513 ^{нз}
Закоровљеност x Локалитет	48,0	1	48,0	0,453 ^{нз}
Густина x Закоровљеност x Локалитет	28,8	1	28,8	0,272 ^{нз}
Грешка	7637,2	72	106,0	
Укупно	28817,9	79		

* P < 0,05; **P < 0,01; ***P < 0,001

Током друге године, висина стабла је била знатно већа него у претходној сезони (Табела 18). У просеку, измерено је 144,6 cm у Грабовцу и 165,2 у Земуну. Danalatos et al. (2007) су у свом истраживању закључили да на висину биљака у прве две године живота нема утицај густина садње и примена азотних ђубрива. Ови аутори су на подручју централне Грчке, које се одликује медитеранском климом, добили биљке просечне висине од 233 cm у првој и 323 cm у другој години, што је знатно више него у нашим климатским условима. Živanović et al. (2014) истичу да је густина садње значајно утицала на висину мискантуса само у првој години засада.

Табела 18. Утицај густине садње и локалитета на висину стабла (cm) мискантуса у другој години засада

Густина садње	Закоровљеност	Локалитет		
		Земун	Грабовац	Просек
2 ризома m ⁻²	Контрола	140,1 ± 12,5BaX	116,0 ± 20,0 AaX	128,0 ± 20,4
	Без корова	182,0 ± 10,3 BbX	162,5 ± 9,6 AbX	172,2 ± 13,9
	Просек	161,0	139,2	150,1
3 ризома m ⁻²	Контрола	147,5 ± 15,0BaY	130,4 ± 17,9 AY	138,9 ± 18,33
	Без корова	191,0 ± 7,4 BbY	169,5 ± 3,9 AbY	180,2 ± 12,47
	Просек	169,2	149,9	159,6
Просек	Контрола	143,8 ± 13,9	123,2 ± 19,9	133,5 ± 19,95
	Без корова	186,5 ± 9,8	166,0 ± 8,0	176,2 ± 13,67
	Просек	165,1	144,6	154,8

*Напомена: за означавање значајности разлика између локалитета коришћена су велика латинична слова, мала латинична слова за уклањање корова и закоровљеност, а између густина садње ризома X и Y. Вредности са истим словима не разликују се значајно.

Табела 19. Анализа варијансе утицаја густине садње и локалитета на висину стабла мискантуса, друга година

Извор варијације	Сума квадрата	С.с.	Варијансе	F-количник
Густина	1786,0	1	1786,050	10,370**
Закоровљеност	36551,2	1	36551,250	212,228***
Локалитет	8446,0	1	8446,050	49,040***
Густина x Закоровљеност	42,0	1	42,050	0,244 ^{нз}
Густина x Локалитет	31,2	1	31,250	0,181 ^{нз}
Корови x Локалитет	0,050	1	0,050	0,000 ^{нз}
Густина x Закоровљеност x Локалитет	101,2	1	101,250	0,588 ^{нз}
Грешка	12400,3	72	172,226	
Укупно	59358,2	79		

* P < 0,05; **P < 0,01; ***P < 0,001

Табела 20. Утицај густине садње и локалитета на висину стабла (cm) мискантуса у трећој години засада

Густина садње	Закоровљеност	Локалитет		
		Земун	Грабовац	Просек
2 ризома m ⁻²	Контрола	145,5 ± 19,4 AaX	159,0 ± 18,6 AaX	152,2 ± 19,7
	Без корова	189,0 ± 6,1 AbX	222,5 ± 9,4 BbX	205,7 ± 18,8
	Просек	167,2	190,7	179,01
3 ризома m ⁻²	Контрола	151,8 ± 20,7 AaY	161,4 ± 21,4 AaY	156,6 ± 21,1
	Без корова	212,0 ± 7,9 AbY	230,4 ± 8,15 BbY	221,2 ± 12,2
	Просек	181,9	195,9	188,9
просек	Контрола	148,68 ± 19,82	160,20 ± 19,59	154,4 ± 20,3
	Без корова	200,50 ± 13,69	226,45 ± 9,51	213,4 ± 17,5
	Просек	174,59	193,33	183,96

*Напомена: за означавање значајности разлика између локалитета коришћена су велика латинична слова, мала латинична слова за уклањање корова и закоровљеност, а између густине садње ризома X и Y. Вредности са истим словима не разликују се значајно.

У трећој сезони, када је формиран комерцијални принос, забележен је пораст стабла у односу на претходну. Просечна висина биљака била је већа на локалитету Грабовац (193,3 cm) у односу на Земун (174,6 cm), што је вероватно резултат мање закоровљености засада у Грабовцу. У трећој години, у закоровљеном засаду, локалитет нема утицај на висину биљака мискантуса код обе густине садње.

Закоровљеност и густина садње су статистички значајно утицали на висину у трећој години.

Табела 21. Анализа варијансе утицаја густине садње и локалитета на висину стабла мискантуса, трећа година

Извор варијације	Сума квадрата	С.с.	Варијансе	F-количник
Густина	1955,2	1	1955,253	8,355**
Закоровљеност	69708,5	1	69708,528	297,871***
Локалитет	7021,8	1	7021,878	30,005***
Густина x Закоровљеност	618,8	1	618,828	2,644 ^{нз}
Густина x Локалитет	448,8	1	448,878	1,918 ^{нз}
Закоровљеност x Локалитет	1040,4	1	1040,403	4,446*
Густина x Закоровљеност x Локалитет	158,2	1	158,203	0,676 ^{нз}
Грешка	16849,6	72	234,023	
Укупно	97801,5	79		

* P < 0,05; **P < 0,01; ***P < 0,001

Статистички значајан утицај на број листова по биљци у првој години гајења имали су густина садње, закоровљеност, интеракција између густине садње и корова и интеракција корова и локалитета (Табела 22 и Табела 23). У незакоровљеном засаду број листова по биљци био је већи него у контроли у просеку за обе густине садње и то у Земуну за 11,4 % и 26,8 % у Грабовцу. Када је реч о густини садње, мале разлике забележене су само у оквиру контроле, где је у мањој густини број листова био већи него у већој густини (у просеку 8,9, односно 8,1).

Табела 22. Утицај густине садње и локалитета на број листова по стаблу мискантуса у првој години засада

Густина садње	Закоровљеност	Локалитет		
		Земун	Грабовац	Просек
2 ризома m ⁻²	Контрола	9,3 ± 0,6AaY	8,5 ± 0,8 AaY	8,9 ± 0,8
	Без корова	9,9 ± 0,5AbX	10,4 ± 0,5 AbX	10,1 ± 0,5
	Просек	9,6	9,4	9,5
3 ризома m ⁻²	Контрола	8,4 ± 0,5AaX	7,9 ± 0,7 AaX	8,1 ± 0,6
	Без корова	9,8 ± 0,7AbX	10,5 ± 0,5 AbX	10,1 ± 0,7
	Просек	9,1	9,2	9,1
Просек	Контрола	8,8 ± 0,7	8,2 ± 0,8	8,5 ± 0,8
	Без корова	9,8 ± 0,6	10,4 ± 0,5	10,1 ± 0,6
	Просек	9,35	9,33	9,3 ± 1,1

*Напомена: за означавање значајности разлика између локалитета коришћена су велика латинична слова, мала латинична слова за уклањање корова и закоровљеност, а између густина садње ризома X и Y. Вредности са истим словима не разликују се значајно.

Табела 23. Анализа варијансе утицаја густине садње и локалитета на број листова по стаблу мискантуса, прва година

Извор варијације	Сума квадрата	С.с.	Варијансе	F-количник
Густина	2,813	1	2,813	6,470*
Закоровљеност	52,813	1	52,813	121,486***
Локалитет	0,013	1	0,013	0,029 ^{нз}
Густина x Закоровљеност	2,813	1	2,813	6,470*
Густина x Локалитет	0,313	1	0,313	0,719 ^{нз}
Закоровљеност x Локалитет	7,813	1	7,813	17,971***
Густина x Закоровљеност x Локалитет	0,013	1	0,013	0,029 ^{нз}
Грешка	31,300	72	0,435	
Укупно	97,887	79		

* P < 0,05; **P < 0,01; ***P < 0,001

У другој години, статистички значајан утицај на број листова имали су густина садње, закоровљеност и локалитет (Табела 24 и Табела 25). Већи број листова измерен је на локалитету Земун, у незакоровљеном засаду и при густини садње од 3 ризома.

Табела 24. Утицај густине садње и локалитета на број листова по стаблу мискантуса у другој години засада

Густина садње	Закоровљеност	Локалитет		
		Земун	Грабовац	Просек
2 ризома m ⁻²	Контрола	10,8 ± 0,9 ВаХ	11,5 ± 1,0 АаХ	11,1 ± 1,0
	Без корова	12,6 ± 0,7 ВbХ	12,8 ± 0,6 AbХ	12,7 ± 0,6
	Просек	11,7	12,1	11,9
3 ризома m ⁻²	Контрола	11,6 ± 0,7 ВаУ	11,8 ± 0,8 АаУ	11,7 ± 0,7
	Без корова	13,5 ± 0,5 ВbУ	14,1 ± 0,5 AbУ	13,8 ± 0,62
	Просек	12,5	12,9	12,7
Просек	Контрола	11,2 ± 0,9	11,6 ± 0,9	11,4 ± 0,9
	Без корова	13,0 ± 0,7	13,4 ± 0,8	13,2 ± 0,8
	Просек	12,1	12,5	12,3

*Напомена: за означавање значајности разлика између локалитета коришћена су велика латинична слова, мала латинична слова за уклањање корова и закоровљеност, а између густина садње ризома Х и У. Вредности са истим словима не разликују се значајно.

Табела 25. Анализа варијансе утицаја густине садње и локалитета на број листова по стаблу мискантуса, друга година

Извор варијације	Сума квадрата	С.с.	Варијансе	F-количник
Густина	13,613	1	13,613	23,617***
Закоровљеност	66,613	1	66,613	115,569***
Локалитет	3,612	1	3,612	6,267*
Густина x Закоровљеност	1,513	1	1,513	2,624 ^{н3}
Густина x Локалитет	0,012	1	0,012	0,022 ^{н3}
Закоровљеност x Локалитет	0,012	1	0,012	0,022 ^{н3}
Густина x Закоровљеност x Локалитет	1,013	1	1,013	1,757 ^{н3}
Грешка	41,500	72	0,576	
Укупно	127,888	79		

* P < 0,05; **P < 0,01; ***P < 0,001

У трећој години значајан утицај на број листова имали су корови, локалитет и интеракција између корова и локалитета (Табела 26 и Табела 27). Већи број листова измерен је на локалитету Грабовац у односу на Земун (у просеку 13,4, односно 12,8). У засаду у коме су сузбијани корови, забележен је значајно већи број листова у обе

гуштине садње и оба локалитета, што је у просеку за цео оглед било 14,2 у односу на 11,9 листова колико је било у контроли.

Табела 26. Утицај гуштине садње и локалитета на број листова по стаблу мискантуса у трећој години засада

Густина садње	Закоровљеност	Локалитет		
		Земун	Грабовац	Просек
2 ризома m ⁻²	Контрола	11,8 ± 1,1 AaX	11,9 ± 0,5 AaX	11,8 ± 0,9
	Без корова	13,4 ± 0,7 AbX	14,6 ± 0,5 BbX	14,0 ± 0,8
	Просек	12,6	13,25	12,93
3 ризома m ⁻²	Контрола	12,0 ± 0,8 AaX	12,1 ± 0,8 AaX	12,0 ± 0,8
	Без корова	14,0 ± 0,4 AbX	14,8 ± 0,4 BbX	14,40
	Просек	13,0	13,4	13,2
Просек	Контрола	11,9 ± 0,9	12,0 ± 0,7	11,9 ± 0,8
	Без корова	13,7 ± 0,6	14,7 ± 0,4	14,2 ± 0,7
	Просек	12,8	13,4	13,1

*Напомена: за означавање значајности разлика између локалитета коришћена су велика латинична слова, мала латинична слова за уклањање корова и закоровљеност, а између густина садње ризома X и Y. Вредности са истим словима не разликују се значајно.

Табела 27. Анализа варијансе утицаја гуштине садње и локалитета на број листова по стаблу мискантуса, трећа година

Извор варијације	Сума квадрата	С.с.	Варијансе	F-количник
Густина	1,800	1	1,800	3,429 ^{нз}
Закоровљеност	101,250	1	101,250	192,857 ^{***}
Локалитет	6,050	1	6,050	11,524 ^{**}
Густина x Закоровљеност	0,200	1	0,200	0,381 ^{нз}
Густина x Локалитет	0,200	1	0,200	0,381 ^{нз}
Закоровљеност x Локалитет	4,050	1	4,050	7,714 ^{**}
Густина x Закоровљеност x Локалитет	0,200	1	0,200	0,381 ^{нз}
Грешка	37,800	72	0,525	
Укупно	151,550	79		

* P < 0,05; **P < 0,01; ***P < 0,001

Број образованих листова на стаблу био је најмањи у години садње ризома. Živanović et al. (2014) су утврдили позитивну корелацију између висине биљака и броја листова, а такође су при мањој густини садње добили већи број листова по

биљци. Већи број листова по биљци, забележен у трећој години у Грабовцу одговарају њиховој већој висини стабла.

7.4. Утицај густине садње и локалитета на минерални састав стабла мискантуса

Крајњи производ и сврха гајења мискантуса јесте његово сагоревање или конверзија у неки други вид горива. Како се комерцијални принос постиже тек од треће године садржај појединих елемената је у том периоду веома битан показатељ квалитета биомасе. Садржај минерала у биомаси мискантуса је мањи у поређењу са сламом пшенице и других лигно-целулозним врстама, али је већи у односу на биомасу густих засада врбе и тополе (Lewandowski et al. 2000). Хемијски састав биомасе може значајно да варира по сезонама и зависи од услова спољашње средине (Lewandowski and Kicherer, 1997). Исти аутори истичу да је садржај воде и минерала знатно мањи у биомаси мискантуса гајеног у топлијим климатским подручјима, а кад је у питању време бербе, предност треба дати каснијим роковима, по завршетку зиме. Ово је врло битно јер се на крају вегетационог периода минерали из надземних органа ретранслоцирају у ризоме, а биомаса која ће се користити за сагоревање или конверзију у неко друго гориво има низак садржај ових елемената. Himken et al. (1997) су проценили да се из надземне масе у ризоме транслоцира око 21–46% N, 36–50% P, 14–30% K и 27% Mg.

Падавине испирају минерале из надземних делова биљака, те је очекивано да хемијски састав лишћа и стабла буде различит (Lewandowski and Kicherer, 1997). Током јесени и зиме, опало лишће остаје на површини земље, па је тако квалитет биомасе за сагоревање у великом степену промењен, превасходно због мањег садржаја азота. Минерализацијом остатака листова обогаћује се површински слој земљишта, а поједини аутори истичу да се мискантус и на тај начин додатно исхрањује, стога његово гајење не зависи претерано од ђубрења током

вишегодишњег периода. Садржај азота у биљном материјалу углавном је одговоран за емисију NO_x гасова током процеса сагоревања. Без обзира што у време интензивног технолошког развоја избором начина сагоревања можемо смањити у значајном степену емисију ових гасова, примаран циљ треба да буде производња биомасе са малим концентрацијама овог елемента како би се смањили трошкови сагоревања (Lewandowski and Kicherer, 1997). Висока ефикасност искоришћавања азота значи образовање велике биомасе са малом концентрацијом N, која је веома пожељна за директно сагоревање с циљем минималног загађења околине (Miguez et al., 2008). Тако Jorgensen (1997) истиче да је просечан садржај азота у сувој биомаси мискантуса током трогодишњег периода гајења био 0,59 %. Сличне резултате добили су и Lewandowski et al. (2000), код којих се бербом у рано пролеће садржај азота кретао од 0,20 % до 0,60 %. Према резултатима наших истраживања, густина садње и локалитет значајно су утицали на садржај азота у биомаси стабла мискантуса (Табела 28 и Табела 29). Тако је концентрација N у стаблу биљака гајених у Грабовцу у обе густине садње била ниска (0,15 %), док су знатно више вредности забележене у већој густини биљака на локалитету Земун (1,23 %). Разлике у концентрацији N у биомаси мискантуса у зависности од локалитета на којима се гаји забележили су и Dželetović i sar. (2014) и Lewandowski and Heinz (2003). Важно је да се истакне да транслокација N из надземне биомасе у ризоме сигурно утиче на његов садржај у деловима биљака.

Резултати приказаних истраживања показују да су само агроеколошки услови локалитета значајно утицали на концентрацију P у стаблу мискантуса (Табела 28 и Табела 29). Тако су значајно мање вредности у обе густине садње добијене за биљке гајене у Земуну (0,06 % и 0,21 %) у односу на локалитет Грабовац где је иста концентрације P забележене у обе густине садње (0,34 %). С друге стране, у нашем истраживању, на локалитету Земун забележена је знатно већа концентрација P у биомаси биљака засада са већом густином (0,21 %) у односу на мању густину (0,06 %). Добијене вредности за локалитет Земун (0,06 и 0,21 % P) слични су резултатима истраживања које су извели Lewandowski et al. (2000), где су се вредности кретале 0,06-0,11%. Супротно овоме, веће концентрације P у биомаси мискантуса (0,37%)

добили су *Dželetović i sar.* (2014) гајећи мискантус на подручју Враћа, што је слично резултатима приказаних истраживања која се односе на локалитет Грабовац .

Поред N, проблеме током сагоревања узрокују и K и Ca, јер је њихова концентрација у биомаси велика. Lewandowski and Kicherer (1997) истичу да ови елементи директно утичу за ниску тачку топљења пепела, а при коришћењу мискантуса као биоенергента може да дође до емисије K заједно са хлором (Cl) у облику гасовитог KCl. У Табели 28 приказани су резултати које се односе на концентрацију K и Ca у биомаси мискантуса. Иако је у земљишту на локалитету Грабовац било више приступачног калијума и калцијума него у земљишту у Земуну, у узорцима биомасе који потичу из Грабовца забележена је знатно нижа концентрација K у обе густине садње (у просеку 0,21 %) и концентрација Ca (у просеку 0,15 %) у односу на други локалитет (у просеку 1,47 % K и 0,21 % Ca), али је статистичка анализа показала да утицај овог фактора није био значајан. Имајући у виду да се 14-30 % K из надземне масе мискантуса транслоцира у ризоме Nimken et al. (1997), наши резултати указују да је можда транслокација K и Ca у ризоме била интензивнија у биљака гајених у Грабовцу. Lewandowski and Kicherer (1997) су дигли мању концентрацију K на локалитету где су температуре ваздуха биле ниже, што је можда утицало на смањење транслокација хранива у ризоме. Варирање концентрације K и Ca у биомаси мискантуса забележене су и у истраживањима која су извели Beuch (1998), Lewandowski et al. (2000) и други. Такође су и *Dželetović i sar.* (2014), у биомаси мискантуса гајеног на више локалитета забележили 4,35 % - 4,43 % K у вршном делу стабла. Значајно је да се истакне да су у нашим истраживањима на оба локалитета забележене знатно веће концентрације K у већој густини садње (2,77 % и 0,30 %) у поређењу са мањом густином (0,17 % и 0,12 %), али је ефекат овог фактора био значајан само за K.

Проучавани фактори нису имали значајан утицај на концентрацију Mg у стаблу мискантуса (Табеле 28 и Табела 29). У просеку за обе густине садње, у Земуну

је забележено 0,08% Mg, а у Грабовцу 0,09 % Mg. Други аутори су добили ниже вредности, и то 0,06-0,07 % (Jacks-Sterrenberg, 1995) и 0,02-0,06 % Beuch (1998).

Биљни материјал садржи ниске концентрације S ($1-2 \text{ g kg}^{-1}$), а додатно се може смањити одговарајућом технологијом сагоревања (Lewandowski and Kicherer, 1997). У истраживањима које су извели *Porbatski et. al.* (2011) добијена је концентрација 0,11 %, S у пелетираној биомаси мискантуса која је забележена и у нашим истраживањима на локалитету Грабовац, док су значајно више вредности добијене за биомасу биљака гајених у Земуну, и то 0,17 % у већој густини садње и 0,14 % у мањој густини (Табела 28), што је испод критичне концентрације од 0,3 % коју наводе *Lewandowski and Kicherer* (1997). Исти аутори су у стаблу мискантуса на различитим локацијама након жетве у фебруару добили концентрације S од 0,05-0,10 %. Насупрот овоме, у истраживањима која је извео Schwarz (1993), ни ђубрење ни локалитет нису имали утицаја на концентрацију S у биомаси мискантуса

Садржај C у биоенергентима не утиче на ослобађање штетних гасова са ефектом стакленика, јер се у току вегетационог периода уграђује у биљке у процесу фотосинтезе, па као такав представља биохемијски неутралан елемент. Концентрација C у стаблу (40,91-47,91 %) забележена у нашим резултатима била је нешто нижа од оних које су које наводе *Lewandowski and Kicherer* (1997) - 47,8-49,7 % и *Beuch* (1998) - 48.2–48.8 %.

Опште гледано, наши резултати указују да биомаса мискантуса са оба локалитета има повољан минерални састав за сагоревање.

Табела 28. Утицај густине садње и локалитета на минерални састав мискантуса у трећој години засада

Локалитет	Густина садње	N (%)	P (%)	K (%)	Ca (%)	Mg (%)	C (%)	S (%)
Земун	2 ризома	0,15Aa	0,06Aa	0,17Aa	0,16Aa	0,05Aa	45,38Ab	0,14Ba
	3 ризома	1,23Bb	0,21Aa	2,77Ab	0,25Aa	0,11Aa	40,92Aa	0,17Ba
	Просек	0,69	0,14	1,47	0,21	0,08	43,145	0,16
Грабовац	2 ризома	0,15Aa	0,34Ba	0,12Aa	0,16Aa	0,09Aa	47,37Ba	0,11Aa
	3 ризома	0,15Aa	0,34Ba	0,30Ab	0,14Aa	0,08Aa	47,91Bb	0,10Aa
	Просек	0,15	0,34	0,21	0,15	0,09	47,64	0,11

*Напомена: за означавање значајности разлика између локалитета коришћена су велика латинична слова, а мала латинична слова за густину садње. Вредности са истим словима не разликују се значајно.

Табела 29. Анализа варијансе утицаја густине садње и локалитета на минерални састав стабла мискантуса

Елемент	Извор варијације	Сума квадрата	С.с.	Варијансе	F-количник
N	Густина	0,880	1	0,880	10,774*
	Локалитет	0,859	1	0,859	10,510*
	Густина x Локалитет	0,880	1	0,880	10,774*
	Грешка	0,654	8	0,082	
	Укупно	3,273	11		
P	Густина	0,017	1	0,017	2,476 ^{НЗ}
	Локалитет	0,122	1	0,122	17,899**
	Густина x Локалитет	0,017	1	0,017	2,476 ^{НЗ}
	Грешка	0,055	8	0,007	
	Укупно	0,210	11		
K	Густина	5,769	1	5,769	5,657*
	Локалитет	4,763	1	4,763	4,671 ^{НЗ}
	Густина x Локалитет	4,392	1	4,392	4,307 ^{НЗ}
	Грешка	8,158	8	1,020	
	Укупно	23,081	11		
Ca	Густина	0,004	1	0,004	0,541 ^{НЗ}
	Локалитет	0,008	1	0,008	1,179 ^{НЗ}
	Густина x Локалитет	0,009	1	0,009	1,336 ^{НЗ}
	Грешка	0,054	8	0,007	
	Укупно	0,075	11		
Mg	Густина	0,002	1	0,002	1,092 ^{НЗ}
	Локалитет	8,33 10 ⁻⁶	1	8,33 10 ⁻⁶	0,005 ^{НЗ}
	Густина x Локалитет	0,004	1	0,004	2,568 ^{НЗ}
	Грешка	0,014	8	0,002	
	Укупно	0,020	11		
C	Густина	11,564	1	11,564	23,078**
	Локалитет	60,480	1	60,480	120,697***
	Густина x Локалитет	18,800	1	18,800	37,518***
	Грешка	4,009	8	0,501	
	Укупно	94,853	11		
S	Густина	0,001	1	0,001	1,684 ^{НЗ}
	Локалитет	0,009	1	0,009	26,947**
	Густина x Локалитет	0,001	1	0,001	3,789 ^{НЗ}
	Грешка	0,003	8	0,000	
	Укупно	0,013	11		

* P < 0,05; **P < 0,01; ***P < 0,001

7.5. Утицај густине садње, закоровљености и локалитета на принос суве биомасе мискантуса

7.5.1. Прва година

За потпуно заснивање састојине мискантуса и достизање комерцијалних присноса, потребно је између три и пет година, што на првом месту зависи од климатских услова и примењених мера током заснивања. Приноси у првој години скоро да су и занемариви и немају комерцијалну вредност, што су показала и наша истраживања (Табела 30). Резултати су показали да је закоровљеност значајно утицала на смањење приноса биомасе мискантуса у засадима са обе густине садње, док утицај густине садње и локалитета није био значајан (Табеле 30 и 31). Тако су у просеку за обе густине садње на локалитетима Земун и Грабовац у тертману са уклањањем корова постигнути приноси од $0,25 \text{ t ha}^{-1}$ и $0,23 \text{ t ha}^{-1}$, а у закоровљеном засаду само $0,07$ и $0,08 \text{ t ha}^{-1}$. Пораст биљака у првој години, а самим тим и принос зависи од агроколошких услова и примењене агротехнике, тако да се у литератури могу наћи подаци који то потврђују. Riche et al. (2008) су у години заснивања засада добили принос биомасе од $0,24$ до $0,42 \text{ t ha}^{-1}$, који је сличан нашем приносу у третману са уклањањем корова. Супротно овоме, Schwarz et al. (1994) су забележили принос суве материје од $0,1$ до $3,7 \text{ t ha}^{-1}$ на неколико локација у Немачкој, док су Leto and Bilandžija (2013) у Хрватској у првој години добили релативно висок принос од $0,95$ до $1,77 \text{ t ha}^{-1}$. У агроколошким условима шире околине Београда, Dželetović et al. (2014) су уз интензивно сузбијање корова хербицидима добили принос биомасе од $0,35 \text{ t ha}^{-1}$ на земљишти типа чернозем и $1,01 \text{ t ha}^{-1}$ на гајњачи.

Врло низак принос биомасе у контроли где нису сузбијани корови и обе густине садње на оба локалитета несумњиво је резултат је велике закоровљености. Да корови могу значајно да смање принос мискантуса потврђују и резултати Haines (2011), која истиче да је присуство корова у години садње, деловало изузетно негативно на растење и развиће биљака мискантуса, те је забележен и врло низак

принос $0,37 \text{ ha}^{-1}$, а у наредној вегетационој сезони попуњавана су празна места досађивањем ризома.

Табела 30. Утицај густине садње, закоровљености и локалитета на принос биомасе мискантуса у првој години засада (t ha^{-1})

Густина садње	Закоровљеност	Локалитет		
		Земун	Грабовац	Просек
2 ризома m^{-2}	Контрола	$0,05 \pm 0,01\text{AaX}$	$0,06 \pm 0,02\text{AaX}$	$0,06 \pm 0,02$
	Без корова	$0,29 \pm 0,10\text{AbX}$	$0,22 \pm 0,08\text{AbX}$	$0,26 \pm 0,09$
3 ризома m^{-2}	Контрола	$0,08 \pm 0,03\text{AaX}$	$0,09 \pm 0,03\text{AaX}$	$0,09 \pm 0,03$
	Без корова	$0,20 \pm 0,09\text{AbX}$	$0,25 \pm 0,05\text{AbX}$	$0,22 \pm 0,07$
Просек	Контрола	$0,07 \pm 0,03$	$0,08 \pm 0,03$	$0,07 \pm 0,03$
	Без корова	$0,25 \pm 0,10$	$0,23 \pm 0,06$	$0,24 \pm 0,08$

*Напомена: за означавање значајности разлика између локалитета коришћена су велика латинична слова, мала латинична слова за закоровљеност, а између густина садње ризома X и Y. Вредности са истим словима не разликују се значајно.

Табела 31. Анализа варијансе утицаја густине садње и локалитета на принос суве биомасе мискантуса у првој години засада

Извор варијације	Сума квадрата	с.с.	Варијансе	F-количник
Густина	$4,167 \cdot 10^{-6}$	1	42394,810	0,001 ^{нз}
Закоровљеност	0,168	1	0,168	47,982 ^{***}
Локалитет	$3,750 \cdot 10^{-5}$	1	$3,750\text{E}^{-5}$	0,011 ^{нз}
Густина x Закоровљеност	0,006	1	0,006	1,626 ^{нз}
Густина x Локалитет	0,005	1	0,005	1,455 ^{нз}
Закоровљеност x Локалитет	0,001	1	0,001	0,201 ^{нз}
Густина x Закоровљеност x Локалитет	0,005	1	0,005	1,293 ^{нз}
Грешка	0,056	16	0,004	
Укупно	0,241	23		

* $P < 0,05$; ** $P < 0,01$; *** $P < 0,001$

7.5.2. Друга година

Принос биомасе мискантуса у двогодишњим засадима био је знатно виши у односу на претходну вегетациону сезону (Табеле 32 и 33). Принос биомасе у другој години засада, према резултатима Riche et al. (2008), креће се од $1,78\text{--}3,53 \text{ t ha}^{-1}$ што је

приближно нашим резултатима, док су Christian et al. (2008) добили знатно веће приносе - 7,47 t ha⁻¹.

У контроли су забележени значајно и до осам пута нижи приноси за обе густине садње у односу на третман са сузбијањем корова, и то у просеку на локалитету Земун - 0,35 t ha⁻¹ односно 2,95 t ha⁻¹ и у Грабовцу 0,49 t ha⁻¹, односно 3,90 t ha⁻¹. Према резултатима Haines (2011), принос који је у првој години био врло низак због велике закоровљености засада, у другој години гајења, уз одговарајуће мере сузбијања корова, достигао је 8,56 t ha⁻¹. Колико је неопходна оговарајућа техника сузбијања корова у годинама заснивања засада потврђују и резултати Anderson et al. (2010) који су у двогодишњем засаду забележили смањење приноса суве масе за 50 % услед закоровљености.

Табела 32. Утицај густине садње, закоровљености и локалитета на принос биомасе мискантуса у другој години засада (t ha⁻¹)

Густина садње	Закоровљеност	Локалитет		
		Земун	Грабовац	Просек
2 ризома m ⁻²	Контрола	0,22 ± 0,03AaX	0,44 ± 0,11AaX	0,33 ± 0,14
	Без корова	4,67 ± 1,41BbY	3,20 ± 0,73AbX	3,94 ± 1,29
3 ризома m ⁻²	Контрола	0,47 ± 0,12AaX	0,53 ± 0,21AaX	0,50 ± 0,15
	Без корова	1,23 ± 0,25AaX	4,60 ± 1,28BbY	2,92 ± 2,02
Просек	Контрола	0,35 ± 0,16	0,49 ± 0,15	0,42 ± 0,17
	Без корова	2,95 ± 2,09	3,90 ± 1,20	3,43 ± 1,70

*Напомена: за означавање значајности разлика између локалитета коришћена су велика латинична слова, мала латинична слова за закоровљеност, а између густина садње ризома X и Y. Вредности са истим словима не разликују се значајно.

Табела 33. Анализа варијансе утицаја густине садње и локалитета на принос суве биомасе мискантуса у другој години засада

Извор варијације	Сума квадрата	с.с.	Варијансе	F-количник
Густина	1,092	1	1,092	2,048 ^{нз}
Закоровљеност	54,361	1	54,361	101,916 ^{***}
Локалитет	1,760	1	1,760	3,300 ^{нз}
Густина x Закоровљеност	2,112	1	2,112	3,960 ^{нз}
Густина x Локалитет	8,190	1	8,190	15,355 ^{**}
Закоровљеност x Локалитет	0,984	1	0,984	1,845 ^{нз}
Густина x Закоровљеност x Локалитет	9,400	1	9,400	17,632 ^{**}
Грешка	8,534	16	0,533	
Укупно	86,434	23		

* P < 0,05; **P < 0,01; ***P < 0,001

Највећи принос биомасе мискантуса у незакоровљеном усеву на локалитету Земун добијен је у засаду за мањом густином садње (2 ризома m⁻²), док је на локалитету Грабовац био највећи у засаду са 3 ризома m⁻². Ова варирања била су статистички значајна. Поредићи ове вредности са приносом биомасе у засадима у којима корови нису физички уклањани евидентна је статистички значајна разлика на оба локалитета, осим на локалитету Земун у засаду са 3 ризома. У целини, принос бимасе у другој години био је већи на локалитету Грабовац, и то 29 % у незакоровљеном засаду и 26 % у контроли, на шта је сигурно утицала и већа закоровљеност на локалитету Земун у другој години. Већа густина садње на локалитету Грабовац дала је принос виши за 43,7 % у односу на мању густину, док су у Земуну остварени супротни резултати, што указује да се ефекат густине може да се мења из сезоне у сезону. Резултати истраживања која су извели Foti et al. (1996) у Италији и Danalatos et al. (1998) у Грчкој показали су да са у случају веће густине садње, и до 4 ризома m⁻², велики број биљака пропада као резултат јаке конкуренције у односу на хранива и светлост. Због тога Miguez et al. (2008) истиче да је већа густина садње (4 ризома m⁻²) неоправдан трошак, јер позитиван утицај на принос биомасе има само у другој години гајења мискантуса.

7.5.3. Трећа година

Мискантус у прве две године образује мање приносе биомасе, али се они од треће до пете године значајно повећавају (Fernando et al., 2008). Резултати приказани у Табели 32 и Табели 34 показују да је принос биомасе трогодишњег засада мискантуса у третману са сузбијањем корова на оба локалитета и за обе густине садње био вишеструко већи него у претходној сезони, док је у контроли забележено незнатно повећање ионако врло малих приноса. Тако су у просеку за обе густине садње на оба локалитета приноси у контроли били значајно нижи у односу на третман са сузбијањем корова (Земун – 0,44 t ha⁻¹ и 13,13 t ha⁻¹; Грабовац – 0,82 t ha⁻¹ и 11,92 t ha⁻¹) (Табела 34). Утицај локалитета и густине садње није био значајан, а нешто већи просечан принос је забележен у Земуну (13,13 t ha⁻¹) у односу на Грабовац (11,92 t ha⁻¹). Принос биомасе у контроли је био нижи на локалитету Земун, што се може објаснити већом закоровљеношћу на овом локалитету. Највећи принос је забележен у незакоровљеном засаду мискантуса заснованог у Земуну уз мању густину садње (18,60 t ha⁻¹), што је био случај и у претходној вегетационој сезони (Табела 32).

Приказани резултати указују да се у трећој години уз сузбијање корова могу постићи комерцијални приноси биомасе мискантуса, што је врло битно јер су велика улагања за заснивање засада. Истраживања су потврдила неопходност хемијског сузбијања корова пре садње, у првој и другој години засада. Добијени приноси су већи од оних које су добили Christian et al. (2008) - 10,78 t ha⁻¹. Међутим, веће приносе у трећој години забележили су Schwartz et al. (1994), 20 t ha⁻¹, Dželetović et al. (2014), 20,22 t ha⁻¹, Angelini et al. (2009), 29,4 t ha⁻¹ у централној Италији. У Хрватској, у зависности од локалитета постигнути су комерцијални приноси од 16,84 t ha⁻¹ до 20,08 t ha⁻¹ (Bilandžija, 2014).

Табела 34. Утицај густине садње, закоровљености и локалитета на принос биомасе мискантуса у трећој години засада ($t ha^{-1}$)

Густина садње	Закоровљеност	Локалитет		
		Земун	Грабовац	Просек
2 ризома m^{-2}	Контрола	$0,37 \pm 0,1AaX$	$0,78 \pm 0,14AaX$	$0,58 \pm 0,25$
	Без корова	$18,60 \pm 7,08BbY$	$10,33 \pm 1,26AbX$	$14,47 \pm 6,42$
3 ризома m^{-2}	Контрола	$0,51 \pm 0,19AaX$	$0,86 \pm 0,16AaX$	$0,69 \pm 0,25$
	Без корова	$7,66 \pm 0,58AbX$	$13,50 \pm 1,32BbX$	$10,58 \pm 3,33$
Просек	Контрола	$0,44 \pm 0,16$	$0,82 \pm 0,14$	$0,63 \pm 0,25$
	Без корова	$13,13 \pm 7,49$	$11,92 \pm 2,08$	$12,52 \pm 5,28$

*Напомена: за означавање значајности разлика између локалитета коришћена су велика латинична слова, мала латинична слова за закоровљеност, а између густина садње ризома X и Y. Вредности са истим словима не разликују се значајно.

Табела 35. Анализа варијансе утицаја густине садње и локалитета на принос суве биомасе мискантуса у трећој години засада

Извор варијације	Сума квадрата	с.с.	Варијансе	F-количник
Густина	21,395	1	21,395	3,179 ^{нз}
Закоровљеност	848,470	1	848,470	126,074***
Локалитет	1,033	1	1,033	0,154 ^{нз}
Густина x Закоровљеност	23,960	1	23,960	3,560 ^{нз}
Густина x Локалитет	73,991	1	73,991	10,994*
Закоровљеност x Локалитет	3,824	1	3,824	0,568 ^{нз}
Густина x Закоровљеност x Локалитет	75,260	1	75,260	11,183*
Грешка	107,679	16	6,730	
Укупно	1155,613	23		

* $P < 0,05$; ** $P < 0,01$; *** $P < 0,001$

8. ЗАКЉУЧАК

На основу приказаних резултата истраживања могу бити изведени следећи закључци:

- Високи приноси биомасе мискантуса одговарајућег квалитета могу се постићи у агроеколошким условима наших најважнијих пољопривреднијих подручја само уз примену мера сузбијања корова. Мискантус се, због свог спорог почетног пораста у годинама заснивања усева, а посебно у години садње, врло лако закорови јер су његов почетни пораст и развиће веома успорени. Велике количине семена, као и вегетативних органа којима се размножавају у наредним годинама повећавају инвазивност коровске флоре. Детерминација коровских врста може послужити као основа за правилан избора хербицида за њихово сузбијање.
- Утврђена је већа закоровљеност усева на локалитету Земун (земљишту типа бескарбонатни чернозем) што је вероватно резултат његове веће потенцијалне закоровљености.
- На оба локалитета већа закоровљеност засада забележена је при мањој густини садње. У трећој години гајења није било значајних варирања у степену закоровљености што је резултат освајања вегетационог простора од стране биљака мискантуса порастом висине стабла и образовањем већег броја листова.
- На локалитету Земун детерминисане су 22 коровске врсте, док је у Грабовцу идентификовано 26 врста корова. Међутим, присутне коровске врсте нису истим интензитетом угрожавале процесе растења и развића биљака мискантуса. У Земуну су током трогодишњег периода у флористичком саставу биле заступљене *Lolium multiflorum* Lam., *Convolvulus arvensis* L. и *Sonchus oleraceus* (L.) Gou., док је изузетно конкурентна према мискантусу била *Lolium multiflorum* Lam., што је и статистички доказано. На локалитету Грабовац у све три године јављале су се *Convolvulus arvensis* L., *Polygonum*

aviculare L., *Cirsium arvense* L., *Setaria glauca* L., *Ambrosia artemisifolia* L. и *Chenopodium album* L., али су највише заступљене биле *Setaria glauca* L. и *Ambrosia artemisifolia* L.

- У трећој години на оба локалитета добијен је комерцијални принос на парцелама на којима су корови уклањани механичким путем. Највећи принос на локалитету Земун био је при мањој густини садње ризома (2 ризома m^{-2}) - 18,60 t ha⁻¹. На локалитету Грабовац највећи принос, од 13,50 t ha⁻¹, добијен је при гушћој садњи (3 ризома m^{-2}).
- Будући да мискантус постаје веома важна гајена биљка вишеструке намене, а не само енергетски усев, истраживањима која се односе на његово гајење и примену требало би обухватити и мање плодна земљишта.

9. ЛІТЕРАТУРА

- Acaroglu, M. and A. S. Aksoy (1998): Third year growing results of C4 energy plant *Miscanthus sinensis* in producing energy from biomass, in Biomass for Energy and the Environment: Proceedings of the 10th European Bioenergy Conference, Wurzburg, Germany, June 8–11. Ed by Kopetz H, Weber T, Palz W, Chartier P and Ferrero GL. C.A.R.M.E.N., Rimpfing, Germany, 758–759.
- Adati, S. and I. Shiotani (1962): The cytotaxonomy of the genus *Miscanthus* and its phylogenetic status. The Bulletin of the Faculty of Agriculture, Mie University, 25: 1–14.
- Adler, P. R., S. J. Del Grosso, W. J. Parton (2007): Life-cycle assessment of net greenhouse-gas flux for bioenergy cropping systems. Ecological Applications, 17(3): 675–691.
- Agopyan, V. and V. M. John (1992): Durability Evaluation for Vegetable Fibre Reinforced Materials. Building Research & Information, 20(4): 233–235.
- Allen, B., B. Kretschmer, D. Baldock, H. Menadue, S. Nanni and G. Tucker (2014): Space for energy crops – assessing the potential contribution to Europe’s energy future. Report produced for BirdLife Europe, European Environmental Bureau and Transport & Environment. IEEP, London, 61.
- Anderson, E. (2010): Herbicide phytotoxicity response and eradication studies in *Miscanthus x Giganteus*. Thesis, University of Illinois at Urbana-Champaign, 1–132.
- Anderson, E. K., T. B. Voigt, G. A. Bollero and A. G. Hager (2010): *Miscanthus x giganteus* response to preemergence and postemergence herbicides. Weed Technology, 24(4): 453–460.
- Anderson, E., R. Arundale, M. Maughan, A. Oladeinde, A. Wycislo and T. Voigt (2011): Growth and agronomy of *Miscanthus x giganteus* for biomass production. Biofuels, 2(1): 71–87.
- Angelini, L. G., L. Ceccarini, N. Nasso and E. Bonari (2009): Comparison of *Arundo donax* L. and *Miscanthus x giganteus* in a long-term field experiment in

- Central Italy: Analysis of productive characteristics and energy balance. *Biomass and Bioenergy*, 33 (4): 635-642.
- Arandelovic, M., G. Drazic, J. Milovanovic and S. Aleksic (2013): Current Propagation Options For *Miscanthus Giganteus* In The Republic Of Serbia. IV International Symposium „Agrosym 2013“ Jahorina, 3-6. Oktobar 2013, Bosna i Hercegovina, 398-403.
- Atkinson, C. J. (2009): Establishing perennial grass energy crops in the UK: A review of current propagation options for miscanthus. *Biomass and Bioenergy*, 33:752-759.
- Babović, N. V., G. D. Dražić and A. M. Đorđević (2012): Mogućnosti korišćenja biomase poreklom od brzorastuće trske *Miscanthus*×*giganteus*. *Hemijska Industrija*, 66 (2): 223–233.
- Bandaru, V., R. C. Izaurralde, D. Manowitz, R. Link, X. Zhang and W. M. Post (2013): Soil Carbon Change and Net Energy Associated with Biofuel Production on marginal Lands: A Regional Modeling Perspective. *Journal of Environmental Quality*, 42 (6): 1802-1814.
- Bao Iglesias, M., J. L. Rodriguez-R, I. Crespo-R, and J. Lamas (1996): *Miscanthus sinensis* plantations in Galicia, north-west Spain: Results and experience over the last three years, in *Biomass for Energy and the Environment: Proceedings of the Ninth European Bioenergy Conference*, Copenhagen, Denmark, June 24–27, 1996, ed by Chartier P, Ferrero GL, Henius UM, Hultberg S, Sachau J and Wiinblad M. Pergamon, New York, NY, USA, 608–612.
- Barney, J. N. and J. M. DiTomaso (2011): Global Climate Niche Estimates for Bioenergy Crops and Invasive Species of Agronomic Origin: Potential Problems and opportunities. *Plos One* 6 (3): e17222. doi: 10.1371/journal.pone.0017222.
- Beale, C.V., and S. P. Long (1995): Can perennial C4 grasses attain high efficiencies of radiant energy conversion in cool climates? *Plant Cell Environment*, 18: 641–650.
- Beale, C. V., S. P. Long (1997): Seasonal dynamics of nutrient accumulation and partitioning in the perennial C₄ grasses *Miscanthus x giganteus* and *Spartina cynosuroides*. *Biomass and Bioenergy*, 12: 419-428.

- Beale, C.V., J. I. L. Morison and S. P. Long (1999): Water use efficiency of C₄ perennial grasses in temperate climate. *Agricultural and Forest Meteorology*, 96 (1-3): 103-115.
- Bessou, C., F. Ferchaud, B. Gabrielle and B. Mary (2011): Biofuels, green house gases and climate change. A review. *Agronomy for Sustainable Development*, 31: 1–79.
- Beuch, S. (1998): Zum Einfluß des Anbaus und der Biomassestruktur von *Miscanthus × giganteus* (Greef et Deu.) auf den Nährstoffhaushalt und die organische Bodensubstanz. Shaker, Aachen, Germany, 163.
- Bilandžija, N. (2014): Perspektiva i potencijal korišćenja kulture *Miscanthus x giganteus* u RH. *Inženjerstvo Okoliša*, 1(2): 81-87.
- Boléo, S. (2011): Environmental impact assessment of energy crops cultivation in the Mediterranean Europe, Master Thesis, FACULDADE DE CIENCIAS E TECNOLOGIA UNIVERSIDADE NOVA, LISBOA.
- Bonin, C. and R. Lal (2012): Agronomic and ecological implications of biofuels. *Advances in Agronomy*, 117: 1–50.
- Borkowska, H. and R. Molas (2010): Zachwaszczenie wybranych wieloletnich gatunków roślin energetycznych w zależności od wieku plantacji. *Acta Agrophysica*, 15(1): 13-21.
- Borkowska, H. and R. Molas (2013): Yield comparison of four lignocellulosic perennial energy crop species. *Biomass and Bioenergy*, 51: 145-153.
- Brancourt-Hulmel, M., C. Demay, E. Rosiau, F. Ferchaud, L. Bethencourt, S. Arnoult, C. Dauchy, N. Beaudoin and H. Boizard (2014): *Miscanthus* Genetics and Agronomy for Bioenergy Feedstock, in: *Cellulosic Energy Cropping Systems*, John Wiley & Sons, United Kingdom, 365.
- Brandao, M., I. Lorenc Mila i Canals and R. Clift (2011): Soil organic carbon changes in the cultivation of energy crops: Implications for GHG balances and soil quality for use in LCA. *Biomass and Bioenergy*, 35: 2323–2336.
- Bridgwater, A. V. (2007): The production of biofuels and renewable chemicals by fast pyrolysis of biomass. *International Journal of Global Energy Issues*, 27 (2): 160–202.
- Brkić, M., Janić, T. and Z. Gluvakov (2012): Oblici i veličina otvora na matricama peletirki u zavisnosti od vrste sirovine za presovanje. *Savremena poljoprivredna tehnika*, 38(2): 75-86.

- Brosse, N., A. Dufour, X. Meng, Q. Sun and A. Ragauskas (2012): *Miscanthus*: a fast-growing crop for biofuels and chemical production. *Biofuels Bioproducts and Biorefining*, 1-15. DOI: 10.1002/bbb.1353.
- Buhler, D. D., D. A. Netzer, D. E. Riemenschneider and R. G. Hartzler (1998): Weed management in short rotation poplar and herbaceous perennial crops grown for biofuel production. *Biomass and Bioenergy*, 14: 385-394.
- Bullard, M. J. (1996): The agronomy of *Miscanthus*. *Landwards*, 51:12-15.
- Bullard, M. J., P. M. I. Nixon and M. Cheath (1997): Quantifying the yield of *Miscanthus* × *giganteus* in the UK. *Aspects of Applied Biology*, 49:199–206.
- Bullard, M. J., P. M. I. Nixon, J. B. Kilpatrick, M. C. Heath, and C. S. Speller (1995): Principles of weed control in *Miscanthus* spp. under contrasting field conditions. Brighton Crop Protection Conference: Weeds. Proceedings of an International Conference, Brighton, UK, 20-23 November 1995, 991-996.
- Burner, D. M., T. L. Tew, J. J. Harvey, and D. P. Belesky (2009): Dry matter partitioning and quality of *Miscanthus*, *Panicum*, and *Saccharum* genotypes in Arkansas, USA. *Biomass Bioenergy*, 33:610-619.
- Cadoux, S., A. B. Riche, N. E. Yates and J-M. Machet (2012): Nutrient requirements of *Miscanthus* × *giganteus*: Conclusions from a review of published studies. *Biomass and Bioenergy*, 38: 14–22.
- Cameron, R. (2014): *Biomass in the energy industry - An introduction*. Published by BP p.l.c., London, United Kingdom, ISBN 978-0-9928387-1-3.
- Cappelletto P, F. Mongardini, B. Barberi, M. Sannibale, M. Brizzi and V. Pignatelli (2000): Papermaking pulps from the fibrous fraction of *Miscanthus* × *giganteus*. *Industrial Crops and Products*, 11: 205-210.
- Caslin, B., J. Finnan and L. Easson (2011): *Miscanthus* best practice guidelines. Teagasc, Crops Research Centre, Oak Park, Carlow. AFBI, Agri-Food and Bioscience Institute, Hillsborough, Northern Ireland, 1-46.
- Chaoui, H. and S. R. Eckhoff (2014): *Biomass Feedstock Storage for Quantity and Quality Preservation*. Editors: Shastri, Y., A. C. Hansen, L. Rodríguez and K.C. Ting.

- Engineering and Science of Biomass Feedstock Production and Provision, Springer, New York, 165-195.
- Chauvat. M., G. Perez, M. Hedde and I. Lamy (2014): Establishment of bioenergy crops on metal contaminated soils stimulates belowground fauna. *Biomass and Bioenergy*, 30: 1-5.
- Christian, D. G. (1994): Quantifying the yield of perennial grasses grown as a biofuel for energy generation. *Renewable Energy*, 5: 762-766.
- Christian, D. G., A. B. Riche and N. E. Yates (1997): Nitrate leaching under *Miscanthus* grass, Proceedings of the Conference on the Environmental Impact of Biomass Energy CLM, Utrecht, The Netherlands, 69–70.
- Christian, D. G., M. J. Bullard, and C. Wilkins (1997): The agronomy of some herbaceous crops grown for energy in southern England. *Aspects of Applied Biology*, 41-51.
- Christian, D. G. and A. B. Riche (1998): Nitrate leaching losses under *Miscanthus* grass planted on a silty clay loam. *Soil Use Management*, 14: 131-135.
- Christian, D. G. and E. Haase (2001): Agronomy of *Miscanthus*, in: Jones M., Walsh M. (Eds.), *Miscanthus* for energy and fibre, James and James, London, UK, 21–45.
- Christian, D.G., N.E. Yates and A. B. Riche (2003): Observations on shoot production from *Miscanthus x giganteus* rhizome of different ages. London: Defra, www.defra.gov.uk;. Final Report.
- Christian, D. G. , A. B. Riche and N. E. Yates (2008): Growth, yield and mineral content of *Miscanthus × giganteus* grown as a biofuel for 14 successive harvest. *Industrial Crops and Products*, 28 (1): 320-327.
- Christou, M., D. Papavassiliou, E. Alexopoulou and A. Chatziathanassiou (1998): Comparative studies of two potential energy crops in Greece, in *Biomass for Energy and the Environment: Proceedings of the 10th European Bioenergy Conference*, Wurzburg, Germany, 8–11 June 1998, ed by Kopetz H, Weber T, Palz W, Chartier P and Ferrero GL. C.A.R.M.E.N., Rimpar, Germany, 935–938.
- Cichorz, S., M. Goska and A. Litwiniec (2014): *Miscanthus*: Genetic Diversity and Genotype Identification Using ISSR and RAPD Markers. *Molecular Biotechnology*, 56:911–924.

- Clifton-Brown, J.C. (1997): The importance of temperature in controlling leaf growth of *Miscanthus* in temperate climates. Dissertation, University of Dublin, Trinity College, Dublin.
- Clifton-Brown, J. C. and M. B. Jones (1997): The thermal response of leaf extension rate in genotypes of the C4 grass *Miscanthus*: an important factor in determining the potential productivity of different genotypes. *Journal of Experimental Botany*, 48(313):1573–1581.
- Clifton-Brown, J. C. and I. Lewandowski (2000): Overwintering problems of newly established *Miscanthus* plantations can be overcome by identifying genotypes with improved rhizome cold tolerance. *New Phytologist*, 148(2): 287–294.
- Clifton-Brown, J. C., B. Neilson I. Lewandowski and M.B. Jones (2000): The modelled productivity of *Miscanthus* × *giganteus* (Greef et Deu) in Ireland. *Industrial Crops and Products*, 12: 97–109.
- Clifton-Brown, J. C. and I. Lewandowski (2001): Screening *Miscanthus* genotypes in field trials to optimise biomass yield and quality in Southern Germany. *European Journal of Agronomy*, 6:97–110.
- Clifton-Brown, J. C., I. Lewandowski, B. Andersson, G. Basch, D. G. Christian, J. Bonderup- Kjeldsen, U. Jorgensen, J. V. Mortensen, A. B. Riche, K. U. Schwarz, K. Tayebi and F. Teixeira (2001): Performance of 15 *Miscanthus* genotypes at five sites in Europe. *Agronomy Journal*, 93: 1013–1019.
- Clifton-Brown, J. C., I. Lewandowski, F. Bangerth and M. B. Jones (2002): Comparative responses to water stress in stay-green, rapid and slow senescing genotypes of the biomass crop, *Miscanthus*. *New Phytologist*, 154 (2): 335–345
- Clifton-Brown, J. C., J. Breuer and M. B. Jones (2007): Carbon mitigation by the energy crop, *Miscanthus*. *Global Change Biology*, 13: 2296–2307.
- Clifton-Brown, J.C., Y.C. Chiang and T.R. Hodkinson (2008): *Miscanthus*: Genetic resources and breeding potential to enhance bioenergy production, in *Genetic Improvement of Bioenergy Crops* (ed. W. Vermerris), Springer Science Business Media, 273–290.

- Cosentino, S.L., C. Patane, E. Sanzone, V. Copani and S. Foti (2007): Effects of soil water content and nitrogen supply on the productivity of *Miscanthus* × *giganteus* Greef et Deu in a Mediterranean environment. *Industrial Crops and Products*, 25 (1): 75–88.
- Crutzen, P. J., A. R. Mosier, K. A. Smith and W. Winiwarter (2007): N₂O release from agro-biofuel production negates global warming reduction by replacing fossil fuels. *Atmospheric Chemistry and Physics Discussions*, 7:11191– 11205.
- Dale, V. H., K. L. Kline, L. L. Wright, R. D. Perlack, M. Downing and R. L. Graham (2011): Interactions among bioenergy feedstock choices, landscape dynamics, and land use. *Ecological Applications*, 21:1039-1054.
- Danalatos, N. G., C. Dalianis and S. Kyristis (1998): Influence of fertilisation and irrigation on the growth and biomass productivity of *Miscanthus sinensis* × *giganteus* under Greek conditions. In: *Sustainable Agriculture for Food Energy and Industry*, James & James, Science Publishers, Braunschweig, Germany, 319–323.
- Danalatos, N. G., C. Dalianis and S. Kyristis (1996): Growth and biomass productivity of *Miscanthus sinensis* “*giganteus*” under optimum cultural management in north-eastern Greece, in *Biomass for Energy and the Environment: Proceedings of the 9th European Bioenergy Conference*, Copenhagen, Denmark, June 24–27, 1996, ed by Chartier P, Ferrero GL, Henius UM, Hultberg S, Sachau J and Wiinblad M. Pergamon, New York, NY, USA, 548–553.
- Danalatos, N. G., S.V. Archontoulis and I. Mitsios (2007): Potential growth and biomass productivity of *Miscanthus* × *giganteus* as affected by plant density and N-fertilization in central Greece. *Biomass and Bioenergy*, 31(2-3): 145-152.
- Daraban, A. E., Ş. Jurcoane and I. Voicea (2015): *Miscanthus giganteus* – an overview about sustainable energy resource for household and small farms heating systems. *Romanian Biotechnological Letters*, 20 (3): 10369-10380.
- Davies, M. J., H. Longbottom and C. J. Atkinson (2011): Changes in duration of rhizome cold storage and manipulation of the growing environment to promote field establishment of *Miscanthus giganteus*. *Biomass and Bioenergy*, 35: 4268–4279.

- De Vries S. C., G. W. J. van de Ven, M. K. van Ittersum and K. E. Giller (2010): Resource use efficiency and environmental performance of nine major biofuel crops, processed by first-generation, conversion techniques. *Biomass and Bioenergy*, 34: 588–601.
- Dohleman, F., E. Heaton, A. Leakey and S. Long (2009): Does greater leaf-level photosynthesis explain the larger solar energy conversion efficiency of *Miscanthus* relative to switchgrass? *Plant Cell Environment*, 32(11): 1525–1537.
- Dohleman, F. G., E.A. Heaton, R. A. Arundale and S.P. Long (2012): Seasonal dynamics of above- and below-ground biomass and nitrogen partitioning in *Miscanthus* × *giganteus* and *Panicum virgatum* across three growing seasons. *GCB Bioenergy*, 4(5): 534–544.
- Donner, S. D. and C. J. Kucharik (2008): Corn-based ethanol production compromises goal of reducing nitrogen export by the Mississippi River. *Proc Natl Acad Sci USA*, 105:4513–4518.
- Dželetović, Ž., G. Dražić, S. Blagojević i N. Mihailović (2006): Specifični agrotehnički uslovi gajenja miskantusa. *Poljoprivredna tehnika*, 31 (4): 107-115.
- Dželetović, Ž., Lj. Mihailović, Đ. Glamočlija, G. Dražić, S. Đorđević i M. Milovanović (2009): Žetva i skladištenje *Miscanthus*×*giganteus* Greef et Deu. *Poljoprivredna tehnika*, 34 (3): 9-16.
- Dželetović, Ž. (2010): Uticaj azota i gustine zasada na morfološke osobine i prinos bimase vrste *Miscanthus*×*giganteus* Greef et Deu. *Doktorska disertacija*, Poljoprivredni fakultet, Zemun. 122.
- Dželetović, Ž., N. Mihailović and G. Dražić (2010): Production potential of bio-energy crops in multifunctional agriculture and rural development . *Economics of Agriculture*, 57 (2): 57-63.
- Dželetović, Ž. i Đ. Glamočlija (2011): Privredni značaj gajenja miskantusa. *Poljoprivredna tehnika*, 36 (2): 61-68.
- Dželetović, Ž. and N. Mihailović (2011): Status, development and prospect of using bioenergy crops in the world and in the Serbia. *Journal on Processing and Energy in Agriculture*, 15 (2): 90-93.

- Dželetović, Ž., N. Mihailović, Đ. Glamočlija i G. Dražić (2011): Morfološke osobine *Miscanthus x giganteus* u fazi nicanja. U: XVI savetovanje o biotehnologiji sa međunarodnim učešćem, zbornik radova, 4-5. mart 2011, Čačak, 153-158. Agronomski fakultet, Čačak.
- Dželetović, Ž. (2012): Miskantus (*Miscanthus x giganteus Greef et Deu.*): proizvodne odlike i prinos biomase. Zadužbina Andrejević, Beograd, 297.
- Dželetović, Ž., N. Mihailović and I. Živanović (2013): Prospects of using bioenergy crop *Miscanthus*×*giganteus* in Serbia, Materials and processes for energy: communicating current research and technological developments. FORMATEX, Ed. A. Méndez-Vilas, 360-370.
- Dželetović, Ž., R. Pivić, G. Lazić and J. Maksimović (2013): Water supply and biomass production of *Miscanthus x giganteus Greef et Deu.* Proceedings, the 1st International congress on soil science, XIII national congress in soil science, Belgrade, Serbia, 23-26 september, 435-450. UDC:631.672:631.524.84
- Dželetović Ž, I. Živanović, R. Pivić, A. Simić, G. Lazić, and J. Maksimović (2013): Reclamation possibilities of perennial rhizomatous grasses for degraded soil. In: Melioracije 13 - proceedings. (January 24th 2013., Novi Sad, Serbia). Novi Sad: Univerzitet u Novom Sadu - Poljoprivredni fakultet, 130-137.
- Dželetović, Ž., J. Maksimović and I. Živanović (2014): Yield of *Miscanthus* × *giganteus* during crop establishment at two locations in Serbia. Journal on Processing and Energy in Agriculture, 18 (2): 62-64.
- Dželetović, Ž. S., G. Z. Andrejić, I. B. Živanović, R. N. Pivić, A. S. Simić i J. S. Maksimović (2014-a): Zaštita, uređenje i održivo korišćenje poljoprivrednog zemljišta na teritoriji Republike Srbije gajenjem bioenergetske trave *Miscanthus* × *giganteus*. Univerzitet u Beogradu, Institut za primenu nuklearne energije, Zemun, 16.
- Dželetović, Ž., A. Simić, J. Maksimović i I. Živanović (2014-b): Mogućnosti fitostabilizacije deposola ugljenokopa korišćenjem travnih i bioenergetskih useva druge generacije. Međunarodni integrisani skup "Zemljište 2014", 12-13. maj 2014, Zrenjanin, 49-57. Udruženje za uređenje i korišćenje zemljišta i deponija, Beograd.

- Dželetović, Ž., J. Maksimović and I. Živanović (2014): Yield of *Miscanthus × giganteus* during crop establishment at two locations in Serbia. *Journal on Processing and Energy in Agriculture*, 18 (2): 62-64.
- 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, March 1994. Jena, 201-212.
- El-Bassam, N (1996): Performance of C4 plant species as energy sources and their possible impact on environment and climate. In: Chaerter, P., G. L. Ferrero, U. M. Henius, S. Hultberg, J. Sachau and M. Wiinblad (eds.) *Biomass for Energy and the Environment*.
- El Bassam, N (2010): *Handbook of Bioenergy Crops, A Complete Reference to Species, Development and Applications*. Taylor & Francis, New York, 516.
- Evers, B. J., H. Blanco-Canqui, S. A. Staggenborg and J. Tatarko (2013): Dedicated Bioenergy Crop Impacts on Soil Wind Erodibility and Organic Carbon in Kansas. *Agronomy Journal*, 105:1271–1276.
- Farrell, A.D., J.C Clifton-Brown, I. Lewandowski and M.B. Jones (2006): Genotypic variation in cold tolerance influences the yield of *Miscanthus*. *Annals of Applied Biology*, 149: 337–345.
- Feledyn-Szewczyk, B., M. Matyka and M. Staniak (2014): Diversity of weed flora, selected biometric characteristics and yielding of *Miscanthus* spp. Cultivated on light and heavy soil. *Acta agrobotanica*, 67 (1): 67–76.
- Fernando, A.L., M.P. Duarte, J. Almeida, S. Boléo, and B. Mendes (2010): Environmental impact assessment (EIA) of Energy crops production in Europe. *Biofuels, Bioproducts & Biorefining*, 4: 594-604.
- Fernando, E. M., B. V. Maria, P. L. Stephen and A. B. German (2008): Meta-analysis of the effects of management factors on *Miscanthus x giganteus* growth and biomass production. *Agricultural and Forest Meteorology*, 148: 1280-1292.
- Finch, J. W., A. Karp, D. P. M. McCabe, S. Nixon, A. B. Riche and A. P. Whitmore (2009): *Miscanthus*, short-rotation coppice and the historic environment. Centre for Ecology & Hydrology and Rothamsted Research, 60.

- Finnan, J. and B. Caslin (2008): *Miscanthus* Weed Control, Tillage Specialists. Teagasc, Agriculture and Food Development Authority.
- Foti, S., S. L. Cosentino, C. Patane and P. Guarnaccia (1996): Growth and yield of C4 species for biomass production in the Mediterranean environment, in *Biomass for Energy and the Environment: Proceedings of the 9th European Bioenergy Conference*, Copenhagen, Denmark, June 24–27, ed Chartier P, Ferrero GL, Henius UM, Hultberg S, Sachau J and Wiinblad M. Pergamon, New York, NY, USA, 616–621.
- Fowler, P.A., A.R. McLauchlin and L.M. Hall (2003): *The Potential Industrial Uses of Forage Grasses Including Miscanthus*. BioComposites Centre, University of Wales, Bangor, UK, 37.
- Glamočlija, Đ., O. Laganin, Ž. Dželetović i S. Oljača (2008): Mogućnosti iskorišćenja zemljišta Republike Srpske za gajenje novih bioenergetskih useva. *Agroznanje*, 9(2): 23-32.
- Glamočlija, Đ. (2012): *Posebno ratarstvo I (žita i zrnene mahunarke)*. Poljoprivredni fakultet, Zemun, 372.
- Glamočlija, Đ., S. M. Janković i R. Pivić (2012): *Alternativna žita: privredni značaj, uslovi uspevanja, vrste i agrotehnika*. Institut za zemljište, Beograd, Mladost biro DD. Zemun, 117.
- Greef, J. M. and M. Deuter (1993): *Syntaxonomy of Miscanthus x giganteus* Greef et Deu. *Angewandte Botanik*, 67: 87–90.
- Greef, J. M., M. Deuter, C. Jung and J. Schondelmaier (1997): Genetic diversity of European *Miscanthus* species revealed by AFLP fingerprinting. *Genetic Resources and Crop Evolution*, 44: 185–195.
- Greenhalf, C. E., D.J. Nowakowski, N. Yates, I. Shield and A.V. Bridgwater (2013): The influence of harvest and storage on the properties of and fast pyrolysis products from *Miscanthus x giganteus*. *Biomass and Bioenergy*, 56: 247-259.
- Haines, S. A. (2011): *Nitrogen and Phosphorus Fertilizer Effects on Establishment of Miscanthus x giganteus in North Carolina*. Thesis, Graduate Faculty of North Carolina State University.

- Hartley, W., N. M. Dickinson, P. Riby, and N. W. Lepp (2009): Arsenic mobility in brownfield soils amended with green waste compost or biochar and planted with *Miscanthus*. *Environmental Pollution*, 157 (10): 2654-2662.
- Hartmann H. (2001): Brennsto Azusammensetzung und -eignung. In: Kaltschmitt M, Hartmann H, editors. *Energie aus Biomasse*. Berlin Heidelberg New York: Springer, 248–271.
- Harvey, J. and M. Hutchens (1995): Progress in commercial development of *Miscanthus* in England, 8th EC Conference, Biomass for Energy, Environment, Agriculture and Industry, Oxford, 587–593.
- Hastings, A., J. Clifton-Brown, M. Wattenbach, C. P. Mitchell and P. Smith (2009): The development of MISCANFOR, a new *Miscanthus* crop growth model: towards more robust yield predictions under different climatic and soil conditions. *GCB Bioenergy*, 1: 154–170.
- Heaton, A. E., F. G. Dohleman and S. P. Long (2008): Meeting US biofuel goals with less land: The potential of *Miscanthus*. *GCB Bioenergy*, 14:1–15.
- Heaton, E.A., F.G. Dohleman and S.P. Long (2009). Seasonal nitrogen dynamics of *Miscanthus* × *giganteus* and *Panicum virgatum*. *GCB Bioenergy*, 1(4): 297–307.
- Heaton, E. A., F. G. Dohleman, A. F. Miguez, J. A. Juvik, V. Lozovaya, J. Widholm, O. A. Zabolina, G. F. McIsaac, M. B. David, T.B. Voigt, N.N. Boersma and S. P. Long (2010): *Miscanthus*: A Promising Biomass Crop. *Advances in Botanical Research*, 56: 76-124.
- Helrich, K. (1990): Official methods of analysis of the association of official analytical chemists. 15th edition. Association of Official Analytical Chemists, USA, 41.
- Himken, M., J. Lammel, D. Neukirchen, U. Czipionka-Krause and H. W. Olf (1997): Cultivation of *Miscanthus* under West European conditions: seasonal changes in dry matter production, nutrient uptake and remobilization. *Plant and Soil*, 189: 117–126.
- Hodkinson, T. R., S. A. Renvioze and M. W. Chase (1997): Systematics of *Miscanthus*. *Aspects of Biology*, 49: 189–197.
- Hodkinson, T. R., M. W. Chase, M. D. Lledo, N. Salamin and S. A. Renvoize (2002-a): Phylogenetics of *Miscanthus*, *Saccharum* and related genera (*Saccharinae*

- Andropogoneae Poaceae*) based on DNA sequences from ITS nuclear ribosomal DNA and plastid trnL intron and trnL-F intergenic spacers. *Journal of Plant Research*, 115: 381–392.
- Hodkinson, T. R., M. W. Chase, C. Takahashi, I. J. Leitch, M. D. Bennett and S. A. Renovoize (2002-b): The use of DNA sequencing (ITS and trnL-F), AFLP, and fluorescent in situ hybridization to study allopolyploid *Miscanthus* (*Poaceae*). *American Journal of Botany*, 89: 279–286.
- Hsu, F. H. (1990): Effects of salt stress on germination of *Miscanthus* species and the physiological response to salt stress. *Journal Taiwan Livestock Research*, 23 (2): 113-124.
- Huisman, W. and W. J. Kortleve (1994): Mechanization of crop establishment, harvest, and post-harvest conservation of *Miscanthus sinensis Giganteus*. *Industrial Crops and Products*, 2: 289-297.
- Huisman, W., P. Venturi and J. Molenaar (1997): Costs of supply chains of *Miscanthus giganteus*. *Industrial Crops and Products*, 6:353-366.
- Ikanović, J., V. Popović, S. Janković, S. Rakić, G. Dražić, Lj. Živanović, Lj. Kolarić i Ž. Lakić (2015): Produkcija biomase miskantusa gajenog na degradiranom zemljištu. *Radovi sa XXIX savetovanja agronoma, veterinara, tehnologa i agroekonomista*, 21 (1-2): 115-124.
- In der Beeck, C, R. Pude, and M. Blanke (2006): Holzhäcksel- und *Miscanthus* mulch erhalten die Bodenfeuchte und fördern die biologische Bodenaktivität sowie vegetatives und generatives Wachstum junger Apfelbäume. *Erwerbs-Obstbau*, 48 (2): 47-61.
- Jacks-Sterrenberg I. Untersuchungen zur Ertragsphysiologie von *Miscanthus sinensis* Anderss. hinsichtlich einer Verwendung als Energiepflanze. Dissertation. Institut für Pflanzenbau und Pflanzenzüchtung I der Justus-Liebig-Universität zu Gießen, Germany, 1995, 115pp.
- Jakob, K., F.S. Zhou and A. Paterson (2009) Genetic improvement of C4 grasses as cellulosic biofuel feedstocks. *In Vitro Cellular & Developmental Biology-Plant*, 45 (3): 291–305.

- JDPZ (1997): Metode istraživanja i određivanja fizičkih svojstava zemljišta. Novi Sad, komisija za fiziku zemljišta.
- Jeguirim, M., S. Dorge, and T. Gwenaelle (2010): Thermogravimetric analysis and emission characteristics of two energy crops in air atmosphere: *Arundo donax* and *Miscanthus giganteus*. *Bioresource Technology*, 101: 788-793.
- Ji-Hoon, C. And K. Do-Soon (2012): *Miscanthus* as a potential bioenergy crop in East Asia. *Journal of Crop Science Biotechnology*, 15 (2): 65-77.
- Jones, D. L., K. L. Williamson, A. and G. Owen (2006): Phytoremediation of landfill leachate. *Waste Management*, 26 (8): 825-837.
- Jones, M. B. and M. Walsh (2001): *Miscanthus for Energy and Fibre* (MB Jones and M Walsh, Eds.), James & James Science Publisher, Ltd, London, UK. 192.
- Jorgensen, U. and J. B. Kjeldsen (1992): Production of *Miscanthus*. *Gron Viden*, 110: 2-6.
- Jorgensen, U. (1995): Macro propagation of *Miscanthus*. In: Symposium *Miscanthus Biomassebereitstellung, energetische und stoiche Nutzung., Schriftenreihe Nachwachsend Rohstoffe*". Vol. 4. Munster, Germany: Landwirtschaftsverlag, 27-30.
- Jorgensen, U (1997): Genotypic variation in dry matter accumulation and content of N, K, and Cl in *Miscanthus* in Denmark. *Biomass and Bioenergy*, 12 (3): 155-169.
- Jorgensen, U. (2001): Combined production of biomass for energy and clean drinking water - A miscanthus demonstration project on the 'Renewable Energy Island' Samsø. (http://www.ieabioenergytask43.org/Task_30_Web_Site/PDFs/IEA_BiomassforEnergy_Samsoe.pdf).
- Kahle, P. (2000): Auswirkungen eines mehrjähri-gen *Miscanthus*- Anbaus auf ausgewählte Bodeneigenschaften. In: Pude R, editor. *Miscanthus—vom Anbau bis zur Verwertung*. Bonn: Verlag M. Wehle: Wittenschlick, 43–47.
- Kahle, P., S. Beuch, B. Boelcke, P. Leinweber and H-S. Schulten (2001): Cropping of *Miscanthus* in Central Europe: biomass production and influence on nutrients and soil organic matter. *European Journal of Agronomy*, 15: 171-184.
- Karp, A., and I. Shield (2008): Bioenergy from plants and the sustainable yield challenge. *New Phytologist*, 179 (1): 15-32.

- Kastori, R. i M. Tešić (2006): Ekološki aspekti primene žetvenih ostataka njivskih biljaka kao alternativnog goriva. Zbornika radova, Institut za ratarstvo i povrtarstvo, Novi Sad, 42: 3-13.
- Kim, S., K. Da, and C. Mei (2012): An efficient system for high-quality large-scale micropropagation of *Miscanthus x giganteus* plants. In *Vitro Cellular and Developmental Biology-Plant*, 48: 613-619.
- Kisić, D. M., S. R. Miletić, V. D. Radonjić, S. B. Radanović, J. Z. Filipovic i I. A. Gržetić (2013): Prirodna radioaktivnost uglja i letećeg pepela u termoelektrani „Nikola Tesla B“. *Hemijska Industrija*, 67 (5): 729–738.
- Končekova, L., A. Feher and D. Halmova (2014): Ecological and Socio-Economic Evaluation of Weed Vegetation in Stands of Energy Grass *Miscanthus x giganteus*. *Acta Universitatis Agriculturae et Silviculturae Mendelianae Brunensis*, 62(5): 985–990.
- Kovačević, D. (2008): Njivski korovi - Biologija i suzbijanje. Poljoprivredni fakultet, Beograd, 1-506.
- Kadžiuoliene, Ž., A. Jasinskas, R. Zinkevičius, V. Makarevičiene, L. Šarunaitei, V. Tilvikiene and J. Šlepetys (2014): *Miscanthus* biomass quality composition and methods of feedstock preparation for conversion into synthetic diesel fuel. *Zemdirbyste-Agriculture*, 101 (1): 27–34.
- Le Ngoc Huyen, T., C. Remond, R.M. Dheilily, and B. Chabbert (2010): Effect of harvesting date on the composition and saccharification of *Miscanthus x giganteus*. *Bioresource Technology*, 101 (21): 8224–8231.
- Lee, D. K., A. S. Parrish and T. B. Voigt (2014): Switchgrass and giant *Miscanthus* Agronomy. Ed. Shastri, Y., A. Hansen, L. Rodrigues and K. C. Ting Engineering and Science of Biomass Feedstock Production and Provision. Springer, 37-61.
- Lekić, D. i M. Jovanović (2015): Izveštaj o stanju životne sredine u Republici Srbiji za 2014. godinu. Ministarstvo poljoprivrede i zaštite životne sredine - Agencija za zaštitu životne sredine, Beograd, ISSN 2466-295X.

- Lemus, R. and D. J. Parrish (2009): Herbaceous crops with potential for biofuel production in the USA. CAB Reviews: Perspectives in Agriculture, Veterinary Science, Nutrition and Natural Resources, 4:1-23.
- Lesur, C. (2012): Cropping *Miscanthus x giganteus* in commercial fields : from agro-environmental diagnostic to ex ante design and assessment of energy oriented cropping systems. Agricultural sciences. AgroParisTech, English, 1-178.
- Leto, J. And N. Bilandžija (2013): Rodnost energetske trave *Miscanthus x giganteus* u 1. godini na različitim lokacijama. 48th Croatian & 8th International Symposium on Agriculture (17-22 February 2013, Dubrovnik, Croatia), 515-519.
- Lewandowski, I. and G. Kahnt (1993): Development of a tissue culture system with unemerged inoscences of *Miscanthus giganteus* for the induction and regeneration of somatic embryoids. Beitrage zur Biologie der Panzen, 67: 439-451.
- Lewandowski, I., A. Kicherer and P. Vonier (1995): CO₂- balance for the cultivation and combustion of *Miscanthus*. Biomass and Bioenergy, 8: 81-90.
- Lewandowski, I. (1997): Micropropagation of *Miscanthus × giganteus*. High-Tech and Micropropagation V, Volume 39 of the series Biotechnology in Agriculture and Forestry, Springer, 239-255.
- Lewandowski, I. and A. Kicherer (1997): Combustion quality of biomass: practical relevance and experiments to modify the biomass quality of *Miscanthus × giganteus*. European Journal of Agronomy, 6 (3-4): 163-177.
- Lewandowski I. and J.C. Clifton-Brown (2000): European *Miscanthus* Improvement Project (EMI), FAIR3 CT-96-1392, Final Report, 260.
- Lewandowski, I., J. C. Clifton-Brown, J. M. O. Scurlock and W. Huisman (2000): *Miscanthus*: European experience with a novel energy crop. Biomass and Bioenergy, 19: 209–227.
- Lewandowski, I. (20006): Produktion von Energiegrasern undgetreiden: Moglichkeiten und Grenzen der Produktion von biogenen Festbrennstofen am Beispiel von *Miscanthus*, Rohrglanzgras und Wintergetreide. Habilitation, Institut fuer Pflanzenbau und Gruenland, Universitat Hohenheim, 162.

- Lewandowski, I., J. M. O. Scurlock, E. Lindvall, M. and Christoud (2003-a): The development and current status of perennial rhizomatous grasses as energy crops in the US and Europe. *Biomass and Bioenergy*, 25: 335–361.
- Lewandowski, I. and A. Heinz (2003-6): Delayed harvest of miscanthus – influences on biomass quantity and quality and environmental impacts of energy production. *European Journal of Agronomy*, 19 (1): 45-63.
- Lewandowski, I., J. C. Clifton-Brown, B. Andersson, G. Basch, D. G. Christian, U. Jorgensen (2003-11): Environment and harvest time affects the combustion qualities of *Miscanthus* genotypes. *Agronomy Journal*, 95:1274–1280.
- Lewandowski, I. and U. Schmidt (2006): Nitrogen, energy and land use efficiencies of miscanthus, reed canary grass and triticale as determined by the boundary line approach. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 112: 335–346.
- Li, X., T. L. Grey, B. H. Blanchett, R. D. Lee, T. M. Webster and W. K. Vencill (2013): Tolerance Evaluation of Vegetatively Established *Miscanthus x giganteus* to Herbicides. *Weed Technology*, 27: 735-740.
- Linde-Laursen, I. (1993): Cytogenetic analysis of *Miscanthus Giganteus*, an interspecific hybrid. *Hereditas*, 119: 297–300.
- Long, S. P. (1983): C4 photosynthesis at low temperature. *Plant, Cell and Environment*, 6: 345-363.
- López-Bellido, L., J. Weryb and R. J. López-Bellido (2014): Energy crops: Prospects in the context of sustainable agriculture. *European Journal of Agronomy*, 60: 1-12.
- Marín F, J. L. Sánchez, J. Arauzo, R. Fuertes and A. Gonzalo (2009): Semichemical pulping of *Miscanthus giganteus*. Effect of pulping conditions on some pulp and paper properties. *Bioresource Technology*, 100 (17): 3933-3940.
- Mathanker, S. K. and A. C. Hansen (2014): *Harvesting System Design and Performance*. Editors: Shastri, Y., A. C. Hansen, L. Rodríguez and K.C. Ting. *Engineering and Science of Biomass Feedstock Production and Provision*, Springer, New York, 85-140.
- Mehdi, B., C. Zan, P. Girouard and R. Samson (2000): Soil organic carbon sequestration under two dedicated perennial bioenergy crops, *Resource Efficient Agricultural Production*, Canada.

- Mehhan, P., K. McDonnell and J. Finnan (2011): Establishment of an optimum harvest window and pre-harvest treatment of *Miscanthus*. Aspects of Applied Biology 112, Biomass and Energy Crops IV.
- Melligan, F., K. Dussan, R. Auccaise, E.H. Novotny, J.J. Leahy, M.H.B. Hayes, and W. Kwapinski (2012): Characterisation of the products from pyrolysis of residues after acid hydrolysis of *Miscanthus*. Bioresource Technology, 108: 258-263.
- Miguez, F.E., M.B. Villamil, S.P. Long and G.A. Bollero (2008): Meta-analysis of the effects of management factors on *Miscanthus*×*giganteus* growth and biomass production. Agricultural and Forest Meteorology, 148 (8-9): 1280–1292.
- Milovanović, J., N. Babović, A. Đorđević, S. Spasović, E. Marisova, L. Končekova, M. Kotrla and M. Tothova (2011): External and internal factors influencing the growth and biomass production of short rotation woods genus *Salix* and perennial grass *Miscanthus*. Editors: Zuzana Jureková, Gordana Dražić. Faculty of Applied Ecology FUTURA, Singidunum University Belgrade.
- Ministry of Agriculture, Forestry and Fisheries – MAFF (2001): Planting and Growing *Miscanthus* – Best Practice Guidelines, 20 pp., DEFRA Publications, PB No. 5424, London.
- Moilanen, A., M. Nieminen, K. Sipila and E. Kurkela (1996): Ash behavior in thermal uidized-bed conversion processes of woody and herbaceous biomass, in Biomass for Energy and the Environment: Proceedings of the 9th European Bioenergy Conference, Copenhagen, Denmark, June 24–27, ed by Chartier P, Ferrero GL, Henius UM, Hultberg S, Sachau J and Wiinblad M. Pergamon, New York, NY, USA, 1227–1232.
- Monteith, J.L. (1978): Reassessment of the maximum growth rates for C3 and C4 crops. Experimental Agriculture, 14: 1–5.
- Nagano, H., L. V. Clark, H. Zhao, J. Peng, J. Hye Yoo, K. Heo, C. Yeon Yu, K. G. Anzoua, T. Matsuo, E. J. Sacks and T. Yamada (2015): Contrasting allelic distribution of *CO/Hdl* homologues in *Miscanthus sinensis* from the East Asian mainland and the Japanese archipelago, Journal of Experimental Botany, doi:10.1093/jxb/erv292.
- Nelson, D. and L. Sommers (1996): Total carbon, organic carbon, and organic matter. In Methods of Soil Analysis, 961-1010. SSSA Special Books, Part 3, Madison, WI.

- Neukirchen, D., M. Himken, J. Lammel, U. Czipionka-Krause and H.W. Olf (1999): Spatial and temporal distribution of the root system and root nutrient content of an established *Miscanthus* crop. *European Journal of Agronomy*, 11 (3-4): 301-309.
- Nexant, Ltd, UK. (2007): Executive report, The feasibility of second generation biodiesel production in the UK, June 2007, Griffin House, 1st Floor South, 161 Hammersmith, Road, London, W68BS.
- Nolan, A., K. McDonnell, M. McSiurtain, J.P. Carroll, J. Finnan and B. Rice (2008): Conservation *Miscanthus sinensis* × *giganteus* in bale form. *Aspects of Applied Biology*, Vol. 90: Biomass and energy crops III (Eds: E. Booth, M. Green, A. Karp, I. Shield, D. Stock and D. Turley, AAB conference, 10-12 December 2008., Sand Hutton, UK), 255-262.
- Nsanganwimana, F., B. Pourrut, M. Mench, and F. Douayet (2014): Suitability of *Miscanthus* species for managing inorganic and organic contaminated land and restoring ecosystem services. A review. *Journal of Environmental Management*, 143: 123-134.
- Oljača, S. i Ž. Dolijanović (2003): *Praktikum iz agroekologije*. Poljoprivredni fakultet, Beograd-Zemun.
- Oljača, S., M. Oljača, D. Kovačević i Đ. Glamočlija (2007): Ekološke posledice upotrebe biljaka za dobijanje energije. *Poljoprivredna tehnika*, Poljoprivredni fakultet Univerziteta u Beogradu, Institut za poljoprivrednu tehniku, 4:91-97.
- Park, H. J., Oh, S.W. and M. Y. Wen (2012): Manufacture and properties of *Miscanthus*-wood particle composite boards. *Journal of Wood Science*, 58 (5): 459–464.
- Pogrzeba, M., J. Krzyżak and A. Sas-Nowosielska (2013): Environmental hazards related to *Miscanthus x giganteus* cultivation on heavy metal contaminated soil. *E3S Web of Conferences* 1,29006. Article available at <http://www.e3s-conferences.org> or <http://dx.doi.org/10.1051/e3sconf/20130129006>
- Price, L., M. Bullard, H. Lyons, S. Anthony and P. Nixon (2004): Identifying the yield potential of *Miscanthus x giganteus*: an assessment of the spatial and temporal variability of *M. x giganteus* biomass productivity across England and Wales. *Biomass and Bioenergy*, 26 (1): 3-13.

- Porbatzki, D., Stemmler, M., Müller, M. (2011): Release of inorganic trace elements during gasification of wood, straw, and miscanthus. *Biomass Bioenergy*, 35: S79–S86.
- Pyter, R., T. Voigt, E. Heaton, F. Dohleman and S. Long (2007): Giant miscanthus: Biomass crop for Illinois. *Issues in New Crops and New Uses*, ed by Janick J and Whipkey A. ASHS Press, Alexandria, VA.
- Pyter, R., E. Heaton, F. Dohleman, T. Voigt and S. Long (2009): Agronomic experiences with *Miscanthus* × *giganteus* in Illinois, USA, in *Biofuels: Methods and Protocols (Methods in Molecular Biology)*, ed by Mielenz JR. Humana Press, New York, NY, USA, 41–45.
- Pyter, R. J., F. G. Dohleman and T. B. Voigt (2010): Effect of rhizome size, depth of planting and cold storage on *Miscanthus x giganteus* establishment in the midwestern USA. *Biomass and Bioenergy*, 34 (10):1466-1470.
- Qingwu, X., W. Guojie and P. E. Nyren (2013): Biomass Production in Northern Great Plains of USA – Agronomic Perspective, *Biomass Now – Cultivation and Utilization*, 4: 76-96.
- Quinn, L. D., K. C. Straker, J. Guo, S. Kim, S. Thapa, G. Kling, D. K. Lee and T. B. Voigt (2015): Stress-Tolerant Feedstocks for Sustainable Bioenergy Production on Marginal Land *Bioenerg. Res.*, Springer.
- Riche, A.B. and D.G Christian (2001): Estimates of rhizome weight of *Miscanthus* with time and rooting depth compared to switchgrass. *Aspects of Applied Biology*, 65: 147–152.
- Riche, A. B., N. E. Yates and D. G. Christian (2008): Performance of 15 different *Miscanthus* species and genotypes over 11 years. *Aspects of Applied Biology (Warwick)*, Vol. 90: Biomass and energy crops III (Eds: E. Booth, M. Green, A. Karp, I. Shield, D. Stock and D. Turley, AAB conference, 10-12 December 2008., Sand Hutton, UK), 207-212.
- Riehm, H. (1958): Die Ammoniumlaktatessigsäure-Methode zur Bestimmung der leichtlöslichen Phosphorsure in Karbonathaltigen Boden. *Agrochimica*, 3: 49-65.

- Royik, M. V., S. M. Gontarenko and S. A. Lashuk (2014): Modern development of breeding and registration of *Miscanthus* specimens in Ukraine and in the world. Scientific papers of the Institute of bioenergy crops and sugar beet, 21: 249-255.
- Sacks, E. J., J. A. Juvik, Q. Lin, J. R. Stewart and T. Yamada (2013): The gene pool of *Miscanthus* species and its improvement. In: Genomics of the Saccharinae, (ed. A.H. Paterson), 73–101. Springer, New York.
- Sage, R. F. and R. K. Monson (1998): C4 Plant Biology. Academic Press, San Diego, CA.
- Samardžija, M., M. Tomić and R. Mičić (2014): Obnovljiva goriva. International Scientific Conference on Sustainable Economy and the Environment. Beograd, 23 – 25. april 2014. godine, Srbija.
- Schrama, M., B. Vandecasteele, S. Carvalho, H. Muylle and W. H. Van Der Putten (2014): Effects of first- and second-generation bioenergy crops on soil processes and legacy effects on a subsequent crop. GCB Bioenergy, Doi: 10.1111/gcbb.12236.
- Schwarz, H. (1993): *Miscanthus sinensis* 'giganteus' production on several sites in Austria. Biomass and Bioenergy, 5 (6): 413-419.
- Schwarz, H., P. Liebhard, K. Ehrendorfer and P. Ruckenbauer (1994): The effect of fertilization on yield and quality of *Miscanthus sinensis* "giganteus". Industrial Crops and Products, 2: 153-159.
- Schwarz, K.U., D. P. L. Murphy and E. Schnug (1994): Studies of growth and yield of *Miscanthus x giganteus* in Germany. Aspects of Applied Biology, 40: 533-540.
- Schwarz, K.U., J. M. Greef E. and Schnug. (1995): Untersuchungen zur Etablierung und Biomassebildung von *Miscanthus giganteus* unter verschiedenen Umweltbedingungen. Landbauforschung VYolkenrode. Braunschweig-VYolkenrode: Bundesforschungsanstalt fYur Landwirtschaft, FAL.
- Schwarz, K-U., J. B. Kjeldsen, W. Munzer and R. Junge (1998): Low cost establishment and winter survival of *Miscanthus x giganteus*. In: Kopetz H, Weber T, Palz W, Chartier P. Ferrero GL, editors. Biomass for energy and the environment: Proceedings of the 10th European Bioenergy Conference, Wurzburg, Germany, 8-11 June 1998. Rimpf, Germany: C.A.R.M.E.N. 947-950.

- Scurlock, J. M. O. (1998): *Miscanthus*: A review of European experience with a novel energy crop, ORNL/TM-13732. Oak Ridge National Laboratory, Oak Ridge, TN, USA, 26.
- Sekutowski, T. and M. Badowski (2007): Zróżnicowanie zachwaszczenia plantacji *Salix viminalis* (L.) w zależności od warunków glebowych siedliska. *Prog. Plant Protection*, 47 (4): 371 — 378.
- Sekutowski, T. and J. Rola (2009): Weed associations and weed control on a *Miscanthus giganteus* plantation. *Biuletyn Instytutu Hodowli i Aklimatyzacji Roslin*, 253: 331-340.
- Sekutowski, T., J. Rola and H. Rola (2009): Efektywność Wybranych Herbicydów W Ograniczaniu Zachwaszczenia Rocznych Plantacji *Miscanthus Giganteus*. *Progress in Plant Protection*, 49 (3): 1383-1390.
- Semere, T. and F.M. Slater (2007): Ground flora, small mammal and bird species diversity in miscanthus (*Miscanthus x giganteus*) and reed canary-grass (*Phalaris arundinacea*) fields. *Biomass and Bioenergy*, 31: 20–29.
- Sims, R., M. Taylor, J. Saddler and W. Mabee (2008): From 1st- to 2nd- generation biofuel technologies. International Energy Agency, France, 119.
- Smeets, E. M. W., I. M., Lewandowski and A.P.C. Faaij (2009): The economical and environmental performance of miscanthus and switchgrass production and supply chains in a European setting. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 13: 1230–1245.
- Speller, C. S. (1993): Weed control in *Miscanthus* and other annually harvested biomass crops for energy or industrial use. Presented at: Brighton Crop Protection Conference – Weeds: Proceedings of an International Conference. Brighton, UK.
- Strullu, L., S. Cadoux, M. Preudhomme, M. H. Jeuffroy and N. Beaudoin (2011): Biomass production, nitrogen accumulation and remobilisation by *Miscanthus × giganteus* as influenced by nitrogen stocks in belowground organs. *Field Crops Research*, 121: 381–391.
- Strullu, L., S. Cadoux, N. Beaudoin and M. H. Jeuffroy (2013): Influence of belowground nitrogen stocks on light interception and conversion of *Miscanthus × giganteus*. *European Journal of Agronomy*, 47: 1– 10.

- Sun, Q.A., Q. Lin., Z. L Yi, Y. Zhi-Rong and Z. Fa-Song (2010): A taxonomic revision of *Miscanthus* s.l. (*Poaceae*) from China. *Botanical Journal of the Linnean Society*, 164 (2): 178–220.
- Triana, F., G. Ragolini, E. Bonari, M. Cerasuolo and G. Richter, (2011): Modelling the water balance of different grass species used for bioenergy. *Aspects of Applied Biology* 112, *Biomass and Energy Crops*, 4: 163-170.
- ValBiom (2009): Les utilisations du miscanthus. Louvain-la-Neuve, Belgium. 10.
- Velasquez, J.A., F. Ferrando, X. Farriol, and J.Salvado (2003): Binderless fiberboard from steam exploded *Miscanthus sinensis*. *Wood Science Technology*, 37: 269-278.
- Venturi, P. and W. Huisman (1998): Modelling the optimization of primary production costs of miscanthus. In: *Biomass for Energy and Industry* (Eds. Kopetz H, Weber T, Palz W, Chartier P and Ferrero GL, Proceedings of the 10th European Conference, Würzburg, Germany, 8–11 June 1998. Rimpf, Germany), C.A.R.M.E.N. 806-809.
- Venturi, P., W. Huisman and J. Molenaar (1998): Mechanization and Costs of Primary Production Chains for *Miscanthus* × *giganteus* in The Netherlands. *Journal of Agricultural Engineering Research*, 69 (3): 209-215.
- Venturi, P., J. K. Giegler and W. Huisman (1999): Economical and technical comparison between herbaceous (*Miscanthus* × *giganteus*) and woody energy crops (*Salix viminalis*). *Renewable Energy*, 16:1023-1026.
- Vidojević, D. and M. Manojlović (2007): Overview of soil information and policies in Serbia. In *Status and prospect of soil information in south-eastern Europe: soil databases, projects and applications*, editet by: Hengl, T., P. Panagos, A. Jones and G. Toth. European communities, Luxembourg, 87-97.
- Voight, T., M. Maughan, G. Behnk, and R. Arundale (2012): *Miscanthus* × *Giganteus* Biomass Feedstock Production And Sustainability Studies In The Eastern U.S. *Science for Biomass Feedstock Production and Utilization. Proceedings of the 2012 Sun Grant National Conference*, 1:164-169.
- Vrbničanin, S., B. Karadžić and Z. Dajić-Stevanović (2004): Adventive and invasive weed species in Serbia. *Acta herbologica*, 13 (1): 1-12.

- Vrbičanin, S., G. Malidža, L. Stefanović, I. Elezović, R. Stanković-Kalezić, D. Marisavljević, K. Radovanov-Jovanović, D. Pavlović and M. Gavrić (2008): Distribution of some harmful, invasive and quarantine weeds on the territory of Serbia. Part II: Spatial distribution and frequency of nine weed species. *Plant Doctor*, XXXVI, 6: 408-417.
- Vrbičanin, S. (eds) (2015): *Invazivni korovi: invazivni procesi, ekološko-genetički potencijal, unošenje, predviđanje, rizici, širenje, štete i kartiranje*. Beograd, Herbolosko društvo Srbije, 376.
- Wagenaar, B.M. and E.J.M.T Van den Heuvel (1997): Co-combustion of *Miscanthus* in a pulverised coal combustor: experiments in a droptube furnace. *Biomass Bioenergy*, 12: 185-197.
- Wanat, N., A. Austruy, E. Joussein, M. Soubrand, A. Hitmi, C. Gauthier-Moussard, J. Lenain, P. Vernay, J. C. Munch and M.Pichon (2013): Potentials of *Miscanthus × giganteus* grown on highly contaminated Technosols. *Journal of Geochemical Exploration*, 126-127: 78-84.
- Wang, D., S. L. Naidu, A. R. Portis, S. P. Moose and S. P. Long (2008): Can the cold tolerance of C4 photosynthesis in *Miscanthus × giganteus* relative to *Zea mays* be explained by differences in activities and thermal properties of Rubisco? *Journal of Experimental Botany*, 59 (7): 1779-1787.
- Wicke, B., E. Smeets, V. Dornburg, B. Vashev, T. Gaiser, W. Turkenburga and A. Faaija (2011): The global technical and economic potential of bioenergy from salt-affected soils. *Energy and Environmental Science*, 4: 2669-2681.
- Wilkins, C. and S. Redstone (1996): Biomass production for energy and industry in the far South-West of England. In: Chartier P, Ferrero GL, Henius UM, Hultberg S, Sachau J, Wiinblad M, editors. *Biomass for energy and the environment: Proceedings of the Ninth European Bioenergy Conference*, Copenhagen, Denmark, 24-27 June 1996. New York: Pergamon, 799-806.
- Wright L. (2006): Worldwide commercial development of bioenergy with a focus on energy crop-based projects. *Biomass and Bioenergy*, 30: 706-714.

- Yuan, J. S., K. H. Tiller, H. Al-Ahmad, N. R. Stewart and C. N. Stewart Jr (2008): Plants to power: bioenergy to fuel the future. *Trends in Plant Science*. 13: 421–429.
- Zong, J., Y. Gao, J. Chen, D. Nie and J. Liu (2013): Assessment of salinity tolerance of *Miscanthus scchariflora* germplasm during germination period. *Acta Agrestia Sinica*, 21.
- Zub, H. W. and M. Brancourt-Hulmel (2010): Agronomic and physiological performances of different species of *Miscanthus*, a major energy crop. A review. *Agronomy for Sustainable Development*, 30 (2:) 201-214.
- Zub, H. W., S. Arnoult, J. Younous, I. Lejeune-Henaut and M. Brancourt-Hulmel (2012): The frost tolerance of *Miscanthus* at the juvenile stage: Differences between clones are influenced by leaf-stage and acclimation *European Journal of Agronomy*, 36: 32– 40.
- Živanović, Lj., J. Ikanović, V. Popović, D. Simić, Lj. Kolarić, V. Maklenović, R. Bojović and P. Stevanović (2014): Effect of planting density and supplemental nitrogen nutrition on the productivity of *Miscanthus*. *Romanian Agricultural Research*, 31: 1-8.
- Ройк, Н. В., С. Н. Гонтаренко and С. О. Лашук (2014): Modern Development of Breeding and Registration of *Miscanthus* Specimens in Ukraine and in the World. *Scientific Papers of the Institute of Bioenergy Crops and Sugar Beet*, 21: 249-254. UDC 631.53: 581.16.

Биографија

Јелена С. Максимовић рођена је 20.8.1983. године у Београду. Завршила је Пољопривредно-хемијску школу у Обреновцу. Пољопривредни факултет, Универзитета у Београду, уписала је школске 2003/04. године и дипломирала 2010. године са просечном оценом 8,11 и оценом дипломског рада 10. Исте године уписује докторске студије на Пољопривредном факултету Универзитета у Београду. Студијска група ратарство и повртарство.

Запослена је у Институту за земљиште. Ангажована је на пројекту Министарства просвете, науке и технолошког развоја. Учествовала је у изради више пројеката урађених за потребе привредних субјеката и Министарства пољопривреде и заштите животне средине. У току свог досадашњег рада објавила је тридесет радова. Члан је Друштва за проучавање земљишта Србије. У звање истраживач сарадник изабрана је 03.07.2012. године.

10. ПРИЛОЗИ

Прилог 1

Изјава о ауторству

Име и презиме аутора: Јелена С. Максимовић

Број индекса: РА 10/48

Изјављујем

да је докторска дисертација под насловом

УТИЦАЈ ГУСТИНЕ САДЊЕ НА ЗАКОРОВЉЕНОСТ ЗАСАДА И ПРИНОС
БИОМАСЕ МИСКАНТУСА (*MISCANTHUS X GIGANTEUS* GREEF ET DEU.)

- резултат сопственог истраживачког рада;
- да дисертација у целини ни у деловима није била предложена за стицање друге дипломе према студијским програмима других високошколских установа;
- да су резултати коректно наведени и
- да нисам кршио/ла ауторска права и користио/ла интелектуалну својину других лица.

Потпис аутора

У Београду, 29.11.2016. године

Прилог 2.

**Изјава о истоветности штампане и електронске верзије
докторског рада**

Име и презиме аутора: Јелена С. Максимовић

Број индекса: РА 10/48

Студијски програм: Ратарство и повртарство

Наслов рада: УТИЦАЈ ГУСТИНЕ САДЊЕ НА ЗАКОРОВЉЕНОСТ ЗАСАДА И ПРИНОС БИОМАСЕ МИСКАНТУСА (*MISCANTHUS X GIGANTEUS* GREEF ET DEU.)

Ментор: Др Јасна Савић, ванредни професор

Изјављујем да је штампана верзија мог докторског рада истоветна електронској верзији коју сам предао/ла ради похрањена у **Дигиталном репозиторијуму Универзитета у Београду**.

Дозвољавам да се објаве моји лични подаци везани за добијање академског назива доктора наука, као што су име и презиме, година и место рођења и датум одбране рада.

Ови лични подаци могу се објавити на мрежним страницама дигиталне библиотеке, у електронском каталогу и у публикацијама Универзитета у Београду.

Потпис аутора

У Београду, 29.11.2016. године

Прилог 3.

Изјава о коришћењу

Овлашћујем Универзитетску библиотеку „Светозар Марковић“ да у Дигитални репозиторијум Универзитета у Београду унесе моју докторску дисертацију под насловом:

УТИЦАЈ ГУСТИНЕ САДЊЕ НА ЗАКОРОВЉЕНОСТ ЗАСАДА И ПРИНОС БИОМАСЕ МИСКАНТУСА (*MISCANTHUS X GIGANTEUS* GREEF ET DEU.)

која је моје ауторско дело.

Дисертацију са свим прилозима предао/ла сам у електронском формату погодном за трајно архивирање.

Моју докторску дисертацију похрањену у Дигиталном репозиторијуму Универзитета у Београду и доступну у отвореном приступу могу да користе сви који поштују одредбе садржане у одабраном типу лиценце Креативне заједнице (Creative Commons) за коју сам се одлучио/ла.

1. Ауторство (CC BY)

2. Ауторство – некомерцијално (CC BY-NC)

3. Ауторство – некомерцијално – без прерада (CC BY-NC-ND)

4. Ауторство – некомерцијално – делити под истим условима (CC BY-NC-SA)

5. Ауторство – без прерада (CC BY-ND)

6. Ауторство – делити под истим условима (CC BY-SA)

Потпис аутора

У Београду, 29.11.2016. године
