

Фертигација боровнице гајене у саксијама - пример случаја фертигације боровнице у Неменикућама

Fertigation of blueberries grown in pots -An example of the case of blueberry fertigation in Nemenikuca

Срђан Савић^{1,2}, Светлана Антић Младеновић¹, Милош Павловић³, Милош Стојановић^{2,3}, Урош Марјановић⁴, Ружица Стричевић^{1*}

^{1*} Универзитет у Београду, Пољопривредни факултет, Немањина 6, 11080 Земун – контакт особа (sruzica@agrif.bg.ac.rs)

Извод

Abstract

Циљ овог рада је да се прикаже технологија гајења боровнице, пре свега са аспекта фертилизације и наводњавања (фертигација), као и остварени приноси у засаду боровнице гајене у саксијама. Да би се постигли оптимални приноси, наводњавање и исхрана биљака треба да су добро избалансирани, што је у овом раду и приказано. Засада се налази у Неменикућама, општина Сопот. Локалитет је погодан за узгој боровнице због топографских услова, надморске висине, климатских фактора и водоснабдевања. Боровница је засађена у саксије запремине 45 L. Коришћени супстрат је „Легро“ са 25 % перлита. За фертигацију је примењена капаљка протицаја од 4 L са капајућим медузама на 4 стране, ради униформне дистрибуције воде по целој саксији. Систем за наводњавање је опремљен и уређајима који преко задатих рН и ЕС (електрична проводљивост) вредности повлаче одговарајућу количину ђубрива из танка. Овакав начин дистрибуције воде омогућава прецизну контролу параметара квалитета воде за наводњавање, као што су рН вредности и ЕС. Обезбеђена је добра дренажа саксије, која се постиже перфорацијама дна саксије и бочних страна са неколико отвора разних величина и облика. Количина воде која је потрошена у вегетационом периоду боровнице током друге године узгоја за наводњавање 9.000 биљака износила је укупно 2817700L, односно 2817,7m³ воде. Остварени су приноси боровнице од 14.000 kg у првој родној години и 38.000 kg у другој години рода. То значи да је за принос боровнице од 1 kg потрошено 201,21 L воде, тј. да се са може произвести 4,96 kg боровнице по m³ воде. Највише воде је примењено у месецу јулу (92 литра по саксији). Мерење ЕС вредности раствора је вршено свакодневно, због промене вредности у оцетку, која је зависила од усвојене количине хранива. Потрошња воде је одређивана трајањем наводњавања с једне стране и оцетком с друге стране. Вредности рН у води за наводњавање су одржаване у границама 5,0-5,5, а ЕС-а од 1,3-2,5 dS/m, у оцетку од 0,6 до 2,3 dS/m. У години расађивања остварен је принос од 77 g по биљци. Остварени су веома високи приноси од 1,5 kg по биљци у првој години рода и чак 4,2 kg по биљци у другој години рода. Просечна потрошња воде у периоду вегетације износила је 3 L по биљци, а укупна норма наводњавања износила је 313 L по биљци.

Кључне речи: боровница, наводњавање, фертигација, ефикасност коришћења воде

Keywords: blueberry, irrigation, fertigation, water use efficiency

Увод

Развој система за наводњавање кап по кап донео је бројне олакшице у процесу наводњавања, као и интензивирање биљне производње, пре свега увођењем аутоматизације рада система, потом развоја разних уређаја за фертигацију, почевши од вентури цеви, клипних пумпи, ињектора, па све до нано технологија (Al-Juthery, 2021). Технологија се стално унапређује, али сам процес исхране биљака путем фертигације у великој мери зависи од карактеристика земљишта, климатских услова, квалитета воде за наводњавање и система узгоја одређене биљне врсте. Не постоји јединствен рецепт фертигације који се може применити на свим подручјима, чак ни за најпроучаваније биљне врсте какве су кукуруз и пшеница. Могу се применити само општи принципи, који треба да су у функцији пољопривредне, економске и еколошке ефикасности (еко-еко-ефикасност). Под еко-еко-ефикасношћу подразумева се минимални утросак воде, хранива и енергије који би омогућили минимално загађење животне средине уз постизање максималне добити (Abdella, et al., 2021; Maia, 2016).

Производња боровнице у Србији се реализује на релативно малим површинама до око 1500 хектара (Миливојевић и сар. 2020), иако постоје повољни агроеколошки услови за њен узгој. Последњих неколико година уочава се тренд интензивног повећања засада боровница са ширењем производних површина ван брдско-планинских подручја. По незваничним подацима, производња боровнице се обавља на око 2500 хектара (<https://agroportal.rs>). Подигнути засади се могу наћи од Бачке Тополе до Лесковца, од Шапца и Бајине Баште до Књажевца, ипак највеће површине се налазе у Шумадији. Може се рећи да су брдско-планински појасеви са ниском рН вредношћу земљишта (4,0 - 5,05, оптимално 4,5-5,0) и повољним текстурним својствима земљишта природно станиште боровнице (Николић, 2006). Земљишта са високим садржајем глине и високом рН вредношћу отежавају производњу боровнице, па се из тог разлога технологија производње у овим условима мења, тј. прелази се на узгој у саксијама на супстрату. За подизање засада боровнице у саксијама неопходна су велика инвестициона улагања, чак од 120.000 евра за производњу у банковима до 150.000 евра за производњу у саксијама (Суботић, 2022), уз субвенције кроз аграгну политику (Кљајић и сар., 2022). Да би се средства повратила кроз принос, систем за наводњавање и процес фертигације треба добро поставити, тако да се постигне максимална еко-еко-ефикасност.

Циљ овога рада је да се на примеру случаја засада боровнице у саксијама на локалитету у Неменикућама, општина Сопот, прикажу: детаљна технологија фертигације, од подизања засада до друге године родности, остварени приноси и ефикасност коришћења воде.

Фактори који су нашим искуством на терену утврђени као пресудни у подизању засада могу да буду подељени у 4 велике групе: локација, карактеристике засада и квалитет супстрата, наводњавање – метод, количина и квалитет воде за наводњавање; технологија исхране, еко-еко ефикасност.

Материјали и методе

Подигнути засад налази се на територији општине Сопот, у селу Неменикуће. Надморска висина Неменикућа је око 200 m и карактеристична је појава умерених ветрова углавном током целе године. Експозиција терена је један од битних фактора за узгајање боровнице. У пракси су се као најбоље показале северна и северозападна експозиција, јер боље задржавају влагу, уз довољно топлоте за све физиолошке потребе. Експозиција подигнутог засада је југоисточна, дакле правац пружања редова је северозапад-југоисток (Сл. 1). Површина парцеле износи два хектара.



Слика 1. Приказ локације засада (Извор: Google Earth)

Figure 1. Location studied (Source: Google Earth)

Клима проучаваног подручја је преузета из Републичког хидрометеоролошког завода за период од 15 година (2007-2022) са станице у Сопоту (<http://www.hidmet.gov.rs/>). Клима је умерено-континентална са израженим ниским температурама током зиме, праћена падавинама и снежним покривачем. Лета су топла са углавном недовољном количином падавина која је неравномерно распоређена. Просечна годишња температура износи 12,6 °C. Максималне температуре се јављају у месецу јулу (30,1 °C) и августу (30,5 °C). Управо у тим месецима потреба биљака за водом је највећа. Средње минималне вредности температуре ваздуха се јављају у јануару (-2,3 °C). Брзина ветра повећава проветреност засада, што смањује могућност развијања патогена. Просечна брзина дувања ветра на овом подручју је 1,1 m·s⁻¹. Релативна влажност је доста висока и варира од 73 % у летњим до 88 % у зимским месецима. Просечна сума падавина износи 688 mm. Више падавина се јавља у периоду вегетације боровнице (376 mm). Падавине у марту су довољне да се биљка припреми за пораст, а падавине у новембру су довољне да биљка уђе у период мировања.

Земљиште типа гајњача на подручју Неменикућа није погодно за узгој боровнице у банквима, па је због тога одлучено да се засад подигне у саксијама.

Садња боровнице урађена је у марту. Биљка у тим условима садње има довољно временена да се опорави од стреса који пролази због промене станишта и климатских фактора. Садња је обављена тако што су саксије напуњене супстратом готово до врха, а онда је у супстрату направљена рупа величине која одговара величини саксије у којој је садница стигла. Запремина саксије износила је 45 L, са веома добром дренажном способношћу, што подразумева перфорације дна саксије и бочних страна са неколико рупа разних величина и облика. Дно саксије је одвојено од подлоге, да глиновито земљиште не би ометало оцеђивање вишка воде из супстрата. Основно својство примењеног супстрата „Легро“ са 25 % перлита јесте што нема хранљивих материја, посебно ђубрива која су спорodelујућа и која имају одложено отпуштање хранљивих материја. Врло важна способност супстрата је вододрживост, а у овом сустрату износила је око 40 %.

Пре расађивања, корен садница је потапан у раствор течног NPK ђубрива формулације 4:12:5 у комбинацији са корисним микроорганизмима, у овом случају примењена је *Trichoderma*. Биљке су затим постављане у припремљену рупу, затрпане су до кореновог врата и благо сабијене ради бољег контакта корена биљке са супстратом. Међуредно растојање треба да буде минимално 3 m. Размак између редова саксија у овом примеру је 3 m, јер свако мање растојање од тога у периоду пуне вегетације не дозвољава кретање механизације и долази до механичког оштећења грана, док је међуредно растојање 0,8 m од центра до центра саксије. Приказ засада боровнице дат је на Сл. 2.



Слика 2. Приказ засада у пуној вегетацији (Извор: aqua.eco)

Figure 2. View of plantations in full vegetation (Source: aqua.eco)

Извор воде на проучаваном подручју је артерски бунар, капацитета 2 Ls⁻¹. На огледном пољу изграђена је акумулација запремине 150 m³ (Сл. 3). Урађена је хемијска

анализа квалитета воде за наводњавање (Таб. 1). Резултати су показали да је садржај натријума и хлора преко дозвољене границе толеранције боровнице, што је изискивало потребу за филтрацијом воде јоноизмењивачким смолама. Хлор је одстрањиван тако што је вода изложена атмосфером утицају у акумулацији и природном начину отклањања хлора.



Слика 3. Приказ монтаже металног танка за акумулацију воде (Извор: Aqua.eco)

Figure 3. View of the assembly of the metal tank for water accumulation (Source: Aqua.eco)

Табела 1. Приказ хемијске анализе бунарске воде пре и после хемијске филтрације воде*

Table 1. The chemical analysis of well water before and after chemical water filtration*

| Параметри | Јединица мере | Вредност пре третмана | Вредност после третмана |
|--|-----------------------------------|-----------------------|-------------------------|
| Мириис на 25°C и 40°C | | Без | Без |
| Температура воде | °C | 15,6 | 15,6 |
| Оксидабилност | Mg | 2,1 | 4,42±0,133 |
| | KmnO ₄ L ⁻¹ | | |
| Укупна тврдоћа | °dH | 10,±0,22 | |
| pH вредност | | 6,84 ±12,9 | 2,74±0,055 |
| Електропроводљивост на 20°C (EC) | µScm ⁻¹ | 497±12,9 | 619±16,1 |
| Резидуални хлор | mgL ⁻¹ | < 0,2 | |
| Укупна тврдоћа | °dH | 8,4 | 0 |
| Амонијак (NH ₄ ⁺) | mgL ⁻¹ | <0,03 | <0,05 |
| Нитрити (NO ₂ ⁻) | mgL ⁻¹ | < 0,005 | < 0,005 |
| Нитрати NO ₃ ⁻ | mgL ⁻¹ | 0,85±0,128 | 2,82±0,102 |
| Гвожђе (Fe ²⁺) | mgL ⁻¹ | 0,,24±0,028 | <0,05 |
| Калцијум (Ca ₂ ⁺) | mgL ⁻¹ | 54,1 | 0 |
| Магнезијум (Mg ₂ ⁺) | mgL ⁻¹ | 10,9±0,24 | 0 |
| Бикарбонати (HCO ₃ ⁻) | mgL ⁻¹ | 244±5,4 | |
| Флуориди (F ⁻) | mgL ⁻¹ | 0,20±0,030 | 0,09±0,006 |
| Хлориди (Cl ⁻) | mgL ⁻¹ | 32,1±4,85 | 23,6±1,94 |
| Сулфати (SO ₄ ²⁻) | mgL ⁻¹ | 45,7±7,31 | 27,8±3,28 |
| Манган (Mn ²⁺) | mgL ⁻¹ | <0,04 | <0,04 |
| Натријум (Na ⁺) | mgL ⁻¹ | 46,8±1,78 | 1,4±0,05 |
| Бор (B) | mgL ⁻¹ | 0,15±0,018 | |

*(Лаб. Књаз Милош, Аранђеловац) Узорак воде пре третмана је узет при пробном црењу бунара, а узорак воде после третмана је узет након неколико месеци.

Након третмана половине количине воде која се црпи из бунара, добија се повољнији квалитет воде с аспекта натријума, добијена је ниска рН вредност воде у којој нема ни калцијума ни магнезијума, што није био циљ, јер су оба ова елемтна битна у исхрани боровнице. Да би се ипак задржала количина калцијума и магнезијума у води, део воде која се црпи из бунара усмерава се преко другог цевовода, директно у акумулацију. Дакле, у акумулацији се мешају пречишћена и непречишћена вода. Потпун третман воде није потребан и због задовољавајуће ЕС вредности од око $600 \mu\text{Scm}^{-1}$. На тај начин, добијен је квалитет воде за наводњавање задовољавајућег квалитета, са садржајем натријума у границама толеранције боровнице.

Засад је наводњаван преко четири заливне деонице, које су једнаке по броју биљака, а самим тим и по потрошњи воде. У две заливне деонице заливано је 2.200 биљака. Протицај деоничног разводника био је $8,8 \text{ m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$, док су друге две заливне деонице употребљене за заливање 2.300 биљака, са протоком деоничног разводника од $9,2 \text{ m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$. Укупан број биљака на засаду био је 9000.

Основни начин наводањавања у овом облику производње јесте наводавање методом локалног квашења кап по кап, уз примену капајуће медузе. Капајућа медуза је постављена заједно са капаљком у сваку саксију. У овом примеру коришћена је капаљка протицаја 4 L са капајућом медузом на 4 стране, ради униформне дистрибуције воде по целој саксији. Систем за наводњавање опремљен је и уређајима (Ferticontrol SA, с вентилима) који преко задатих рН и ЕС вредности повлаче одговарајућу количину минералних или органских ђубрива из танка (Сл. 4). Овај начин наводњавања омогућава прецизну контролу параметара за наводњавање, који су суштински најбитнији за успешну производњу, као што су рН вредност и електрична проводљивост (ЕС) воде за наводњавање.



Слика 4. Приказ црно-филтерске станице (Извор: aqua.eco)

Figure 4. View of the filter station (Source: aqua.eco)

Технологија исхране боровнице заснива се на потребама боровнице за хранивима, које зависе од фенофазе развића, потребе за водом и хемијског састава воде. Важно је да рН вредност воде буде у оптималним границама за боровницу (око рН 5,0 у H_2O) и да ЕС вредност раствора не прелази $3500 \mu S cm^{-1}$ тј. $3,5 d \cdot Sm^{-1}$. На заливном пољу неопходно је да постоји танк са макроелементима, у коме се налазе NPK ђубрива са калијумовом компонентом у сулфатном облику, а уколико је вода тврда, потребна је регулација тврдоће уз снижавање рН вредности (на пример: применом мешавине органских киселина). Биљке боровнице нису толерантне на нитратни облик азота, па треба користити амонијачне изворе азота као што су амонијум сулфат, амонијум нитрат, или уреа, а треба избегавати једињења која садрже хлор, попут калијум хлорида (KCl) и магнезијум хлорида ($MgCl_2$). Комерцијално су доступне мешавине ђубрива за боровнице, које садрже хранљиве материје специфичне за биљке којима одговара земљиште киселе реакције (Hart et al., 2006). У други танк се додају калцијумова ђубрива уз додатак микроелемената (попут Cu , Fe , Zn , B , Mn и тд.) и све чешће, аминокиселина. Трећи танк се користи за регулацију рН вредности воде, одговарајућом концентрацијом растворених киселина. Најчешће се примењује сумпорна киселина, јер је најјефтинија, као и због потреба саме боровнице за сумпором. На терену се свакодневно мере: ЕС вредност воде за наводњавање, укупне растворљиве соли (TDS) и количина оцеда као и рН вредност уређајем *GROLINE* приказаним на Сл. 5.



Слика 5. Мерење параметара воде за наводњавање (Фото: Срђан Савић)

Figure 5. Measurement of irrigation water parameters (Photo: Srđan Savić)

На основу ранијих истраживања, установљено је колико боровница усваја хранљивих материја по тони убраних свежих бобица и хранљивих материја уклоњених по хектару приликом резидбе зреле боровнице (Strik, 2013). Оквирне количине усвојених количина хранива су дате у Таб. 2. Треба имати на уму да количина хранива коју треба обезбедити биљкама мора бити увећана, за онолико колико се налазило хранива у оцеђеној количини воде, због ефикасности система за наводњавање, било да се ради о узгоју на банкoвима или у саксијама. У банкoвима се јавља дубока перколација, долази до везивања хранива за чврсту фазу земљишта, усвајање корoвима и др., док код саксија има оцеда.

Табела 2. Количина хранива у воћу и гранчицама (Strik, 2013).**Table 2.** Amount of nutrients in fruit and twigs (Strik, 2013)

| Храниво | Количина усвојених хранива (kg по тони свежег плода боровнице) | Количина хранива у гранчицама (kg) |
|-------------|---|---------------------------------------|
| Азот | 0,64-0,91 | 6,35 |
| Фосфор (P) | 0,045-0,136 | 0,68 |
| Калијум (K) | 0,41-1,315 | 2,95 |
| Калцијум | 0,045-0,091 | 1,36 |
| Магнезијум | 0,045 | 0,41 |
| Сумпор | 0,045 | 0,45 |
| Бор | 0,01-0,06 | 0,09 |
| Бакар | 0,01-0,02 | 0,45 |
| Манган | 0,04-0,3 | 5,44 |
| Цинк | 0,01-0,04 | 0,226 |

У Таб. 3 приказане су потребне вредности хранљивих елемената у води за наводњавање по фенофазама развића. Свака фенофаза развића има своје особености, поготово у потребама биљке за азотом, која је готово упола мања у фази зрења него у пролеће, при порасту ластара, за разлику од калијума ког више треба у каснијим фенозафама развића.

Табела 3. Приказ поребних вредности хранљивих елемената у води за наводњавање**Table 3.** Required values of nutrient elements in irrigation water

| Облик хранљивих елемената | Потребе боровнице за храном (mg kg ⁻¹) | | | |
|---|--|---------|----------|---------|
| | Faza I | Faza II | Faza III | Faza IV |
| NH ₄ ⁺ + NO ₃ ⁻ | 130 | 120 | 60 | NKP* |
| NH ₄ ⁺ | 75 | 70 | 40 | NKP |
| NO ₃ ⁻ | 55 | 50 | 20 | NKP |
| P ₂ O ₅ | 110 | 106 | 106 | NKP |
| K ₂ O | 142 | 190 | 190 | NKP |
| CaO | 149 | 112 | 112 | NKP |
| Mg | 36 | 36 | 36 | NKP |
| SO ₄ ⁺⁺ | 240 | 240 | 240 | NKP |
| Fe | 1,6 | 1,6 | 1,6 | 1,6 |
| Mg | 0,8 | 0,8 | 0,8 | 0,8 |
| Zn | 0,9 | 0,9 | 0,9 | 0,9 |
| B | 0,16 | 0,16 | 0,16 | 0,16 |

* NKP – Исхрана у IV фази се не заснива на исхрани према mg kg⁻¹, него је емпиријски утврђена за подручје Србије и иста је за све засаде (Fitofert ENERGY ROOT (NPK 5:55:10) и FINALE (NPK 5:10:45))

Фертигација боровнице разликује се само у првој години после садње у односу на наредне године узгоја. Тек усађена биљка нема довољно развијен корен и нема велике потребе за храном и водом као биљка која има већи хабитус, а при том даје велики принос.

У првој години битно је да се створе услови за добро укорјењавање, добро развиће грана и да се биљка добро припреми за род наредне године. У години садње потребно је скинути готово сав род, осим рода на вршном делу биљке. Остављањем мањих количина рода биљка добија сигнал да има род, а самим тим се боље укорјењава. Довољно је да се остави око 100 g плода по биљци (Strik et al., 2003).

Генерално гледано, исхрана боровнице током прве године после садње није потпуно устаљена. Постоје два мање више слична начина исхране.

- Први начин је да се рецептура исхране не мења све до пред крај вегетације, јер се биљка припрема за родни потенцијал за наредну годину.
- Други начин је да у току вегетације ипак дође до неке мање измене у односу на фенофазу развића, углавном у периоду наливања и сазревања плодова.

Разлика у потребама боровнице за хранљивим елементима у години садње су за око 30% мање у односу на наредне године (Сл. 6). У овом процесу производње, исхрана не може да се базира на количини ђубрива по биљци, као у класичним засадима, него се увек количина хранљивих елемената у води за наводњавање изражава у mgkg^{-1} или mmolL^{-1} у односу на количине које та биљка захтева. Сва процеђена количина воде кроз саксију коју биљка не усвоји сакупља се и мери, а потом се мери њена електрична проводљивост (ЕС). На основу те вредности може да се закључи да ли се у супстрату налази довољно, мало или превише хранива. Уколико је количина хранива превелика, ЕС у оцеду се креће преко $2000 \mu\text{Scm}^{-1}$. Уколико се у супстрату не налази довољна количина хранива, ова вредност пада испод $600 \mu\text{Scm}^{-1}$. Потребна количина хранива коју треба додати или смањити одређује се на основу мерења ЕС вредности у оцеду и на капаљки, где збир треба да буде $3500 \mu\text{Scm}^{-1}$. Збирна вредност ЕС даје могућност одржавања електричне проводљивости у саксији, која треба да је нешто мања од ЕС вредности ћелијског сока, да се биљка храни пасивним транспортом. Пасиван транспорт хранљивих материја заснива се на осмотском потенцијалу и размени материја, при чему се вода креће од места више ка месту ниже концентрације растворених материја, до изједначавања концентрација. Овим начином исхране, биљка не троши енергију на усвајање хранљивих елемената или испуштање киселина за растварање минералних материја, већ је усмерава на развијање и стварање родног потенцијала.

Наводњавање боровнице у саксијама се разликује од наводњавања у банковима, јер се не могу применити фиксне норме и интервали заливања. Земљиште има већи капацитет за воду и коренов систем се слободно шири и усваја воду по потреби. Наводњавање и исхрана боровнице гајене у саксијама је специфично, па се количина воде израчунава на основу разлике између додате количине воде наводњавањем и оцеђене количине воде из саксије, које се свакодневно мере. Основни принцип оваквог наводњавања је да се унапред не зна прецизно колико ће воде биљка да потроши, самим тим ни колико воде треба додати у саксију. Вредности у оцедима указују на то да се супстрат довољно наквасио и када се достигне одређена процентуална вредност од додате количине воде, наводњавање се

прекида за тај дан. Која количина воде треба да се процеди варира у зависности од фенофазе развића и генерално се креће од 10 до 20 % од додате количине воде наводњавањем. Фертигација се врши у неколико наврата по 5 до 7 минута по заливној деоници по турнусу, све док се не добије оцед који је довољан. У току дана примењује се 3-4 (максимално 5) турнуса у зависности од временских услова. Уколико се наводњава дуже од 7 минута с мањим бројем турнуса у току дана, супстрат се брзо сатурише и оцеђује, иако при томе није довољно добро наквашен, што може довести биљке у стање стреса. Овакав режим наводњавања пружа сигурност да се у саксији увек налази количина воде која је биљкама лако доступна, која није превелика да би угушила биљку. Да би се лакше разумео овај процес, дат је табеларни приказ (Таб. 4) како вредности оцеда варирају и које количине воде се додају у саксију на основу количине оцеда. Количина оцеда није универзална и зависи од саксије, протицаја капалке, супстрата, сорте, климатских услова и тд. Када се добије жељени оцед (од око 10 %) у њему се мере ЕС вредности, које ће касније бити релевантне за наредни дан заливања. Ако су вредности ЕС високе, тада се дозира мања количина ђубрива и обратно. Након сваке фертигације, врши се испирање дистрибутивне мреже чистом водом, у трајању од неколико минута (максимум 5 минута), али са подешеном рН вредношћу на 5,0.

Табела 4. Пример добијања оцеда од 10 %

Table 4. Example of obtaining a 10% drain

| Капалка протицаја 4 Lh ⁻¹ | | | |
|--------------------------------------|---------------------------|---------------------|--------------------------|
| Дужина наводавања у минутима | Количина додате воде (ml) | Количина оцеда (ml) | Процент (%) оцеђене воде |
| 5 | 330 | 5 | 1,5 |
| 10 | 660 | 12 | 1,8 |
| 15 | 1000 | 36 | 3,6 |
| 20 | 1330 | 90 | 6,76 |
| 25 | 1660 | 166 | 10 |

На основу хемијског састава воде и на основу потребних концентрација хранива у mg kg⁻¹ приказаних у Таб. 3, а узимајући у обзир да је потребно 30 % мање хранива у првој години у односу на наредне године, добија се следећа рецептура (Таб. 5):

Табела 5. Комбинација и количина ђубрива по танковима**Table 5.** Combination and quantity of fertilizers per tank

| Танк 1 Количина ђубрива на 100 L воде | Танк 2 Количина ђубрива на 100 L воде | Танк 3 Количина киселине на 100 L воде |
|---|---------------------------------------|--|
| 5,25 kg SQM Ultrasol Calcium (15,5% NO ₃ ⁻ -N, 26,3% CaO) | 3,7 kg FF Start* (NPK 10:45:10) | 5 L 98 % концентроване сумпорне киселине |
| 245 g FF Feromax 11 (11 % Fe у хелатном облику) | 9,8 kg FF Blueberry I* (NPK 20:5:10) | |
| 102 g FF Mangan organo (Mn 12 % у хелатном облику) | 1 kg YARA MgS (MgO 16 %, S 33 %) | |
| 100 g FF Cink organo (Zn 14 % у хелатном облику) | 2,5 kg FF Finale* (NPK 5:10:45) | |
| 2.8 L FF Magnical B (NO ₃ ⁻ -N 10%, CaO 15 %, B 0,2 %, MgO 2 %) | | |

*формулације минералних ђубрива приказане су само за NPK, али не и за микроелементе, због великог броја података. Детаљне информације се могу пронаћи на <https://fitofert.com>

Приликом додавања минералних ђубрива неопходно је раздвојити калцијум од сумпора, да не дође до хемијске реакције и стварања гипса, који може да утиче на запушавање капаљки. Од саме садње, исхрана боровнице се заснива на мерењу рН и ЕС параметара. Почетни параметри који се намештају на фертигационој машини су рН вредност 5,0 и ЕС вредност 2000 μScm^{-1} . Количина киселине која се дозира да би рН вредност воде остала иста, углавном се не мења (што не би био случај у узгоју на банковима), док се ЕС вредности мењају. Првих неколико дана ЕС вредност се константно држи на 2000 μScm^{-1} , да би се постигла одређена концентрација хранљивих елемената у супстрату. Не препоручује се већа вредност од наведене, јер може да дође до оштећења кореновог система услед превелике количине соли. Након пар дана, вредности ЕС у оцеду почињу полако да расту, тада се смањује ЕС вредност на уређају који регулише повлачење хранива из танка, односно на капаљки. Количина усвојених хранива и воде не може се унапред знати, зато је свакодневно праћење параметара из оцеда најбитније за успешну производњу боровнице у саксијама. Уколико је ЕС вредност у оцеду на пример била 1800 μScm^{-1} , тада се на машини подешава вредност 1700 μScm^{-1} . Ово нам говори да је количина примењених и потрошених хранива у току дана приближна. У наредном примеру, ЕС у оцеду може бити и 2000 μScm^{-1} , што нам говори да се додаје превише хранива и да се део мора испрати, па се ЕС вредност на капаљки подешава на 1500 μScm^{-1} .

На крају вегетације, биљка припрема родни потенцијал за следећу годину. Да би биљке могле лакше да се припреме за формирање родних пупољака мења се рецептура и интензивно се примењују фолијарни третмани. У овом периоду примењује се комбинација NPK ђубрива 5:55:10 и NPK 5:10:45 (на пример: Fertico *ENERGY ROOT* и *FINALE*). Норме заливања се смањују, да не би дошло до оцеда (дренаже), јер биљке треба да се засуше, како би ушле у делимичну зимску хибернацију и припремиле за следећу годину. Потребно је

наводњавање, али у мери да се само одређена количина влаге одржи у супстрату, која се не мери, већ се одређује на основу искуства са терена. Поред смањеног наводњавања и исхране, изводи се и следећа комбинација фолијарних третмана:

Фолијарни третмани на 100 L воде су:

- FF Bioflex L, 500 ml (биостимулатори, екстракти алги 25 %)
- FF Aminoflex 25, 300 ml (слободне аминокиселине 25 %)
- FF Humistart, 300 ml (течно NPK ђубриво 4:12:5)

У току вегетације обавезни су фолијарни третмани течним NPK ђубривима и биостимулаторима у комбинацији са средствима за заштиту боровнице. Третмани и заштита биља се представљају у процентима на 100 L воде (Таб. 6). Овакав приступ значи да се потрошња воде прилагођава засаду, а да се не направи грешка у додатој количини активне материје. Фолијарни третмани се врше на сваке две недеље, превентивно, а уколико дође до појаве неке болести или патогена, ради се додатан третман са адекватном активном материјом.



Слика 6. Приказ младих грана боровнице у првој години садње (Фото Срђан Савић)

Figure 6. Young blueberry branches in the first year of planting (Photo by Srđan Savić)

Табела 6. Приказ времена третмана и примене активне материје**Table 6.** The time of treatment and application of the active substance

| Број третмана | Фенозафа | Препарати/активна материја | Примена % |
|---------------|-------------------------------------|--|-----------|
| 1 | Пуцање пупољака | Sigura (Dizenokonazol 250 gL ⁻¹) | 0,04 |
| | | Plures (Deltamentrin 15 gL ⁻¹) | 0,05 |
| | | - FF Humistart (течно NPK ђубриво 4:12:5) | 0,25 |
| | | FF Bioflex L (биостимулатори, екстракти алги 25%) | 0,25 |
| | | Exalt (Spinetoram 25gL ⁻¹) | 0,24 |
| 2 | Розе балони | Luna sensation (Fluopriam 250 gL ⁻¹ + Trifloksistrobin 250 gL ⁻¹) | 0,08 |
| | | FF Bioflex L (биостимулатори, екстракти алги 25%) | 0,3 |
| | | FF Combivit 14 (Mešavina mikroelemenata) | 0,2 |
| 3 | Почетак цветања/ Пуно цветање | Switch (Ciprodinil 375 gL ⁻¹ + Fludioksonil 250 gL ⁻¹) | 0,1 |
| | | - FF Humistart (течно NPK ђубриво 4:12:5) | 0,25 |
| | | FF Bioflex L (биостимулатори, екстракти алги 25%) | 0,25 |
| 4 | Пораст плодова | Mili Fludioksonil (200 gL ⁻¹) | 0,1 |
| | | Sigura (Dizenokonazol 250 gL ⁻¹) | 0,04 |
| | | Exalt (Spinetoram 25gL ⁻¹) | 0,24 |
| | | FF Magnical B (NO ₃ ⁻ -N 10 %, CaO 15 %, B 0,2 %, MgO 2 %) | 0,3 |
| | | FF Aminomax 80 (аминокиселине) | 0,1 |
| 5 | 7-10 пред бербу | Switch (Ciprodinil 375 gL ⁻¹ + Fludioksonil 250 gL ⁻¹) | 0,1 |
| | | Plures (Deltamentrin 15 gL ⁻¹) | 0,05 |
| | | FF Bioflex L (биостимулатори, екстракти алги 25 %) | 0,2 |
| | | FF Magnical B0 (NO ₃ ⁻ -N 10 %, CaO 15 %, B 0,2 %, MgO 2 %) | 0,3 |
| 6 | Након бербе | Sigura (Dizenokonazol 250 gL ⁻¹) | 0,04 |
| | | Exalt (Spinetoram 25 gL ⁻¹) | 0,24 |
| | | FF Combivit 14 (хелатни облик више микроелемената) | 0,3 |
| | | FF Humistart (течно NPK ђубриво 4:12:5) | 0,3 |

Након што је прве године биљка добро укоренења и припремила родност за следећу годину, у свакој следећој години задатак је да биљка буде добро снабдевена хранивима и да се постепено подиже њен родни потенцијал. Технологија исхране се разликује од прве године не само у количини хранива него и у погледу промене рецептуре у односу на фенофазу развића. Како се биљка развија повећава се потреба, а самим тим и потрошња воде и хранива. Исхрану боровнице у годинама рода можемо поделити у 4 групе које се разликују по рецептурама (Сл. 7):

- Прва рецептура (I) је од почетка вегетације до цветања (Табела 7);
- Друга рецептура (II) је од цветања преко наливања плодова до завршетка бербе (Табела 8);
- Трећа рецептура (III) траје од завршетка бербе па наредне 4 недеље (Табела 9);
- Четврта рецептура (IV) се наставља још 2 недеље (Табела 10).



Слика 7. Фенофазе развића боровнице по којима се користе рецептуре (с лева на десно, I, II, III, IV) (Фото: Срђан Савић)

Figure 7. Blueberry development phenophases according to which recipes are used (from left to right, I, II, III, IV) (Photo: Srđan Savić)

Пре почетка примене рецептуре I, потребно је у рано пролеће повећати садржај хранива у супстрату, јер се у току зиме услед падавина и снега садржај хранива смањује. Повећање садржаја хранљивих елемената у супстрату знак је биљци да су створени повољни услови за кретање вегетације. Најчешће се хранидбена способност супстрата постиже комбинацијом ђубрива Humistart 1,5 ml и FF Start 2 g по биљци. Након овог поступка примењује се рецептура I, која у овом засаду гласи (Таб. 7):

Табела 7. Комбинације ђубрива и количине по танковима у другој години засада по рецептури I.

Table 7. Fertilizer combinations and quantities per tank in the second year according to recipe I

| Танк 1 | Танк 2 | Танк 3 |
|---|--|--|
| Количина ђубрива на 100 L воде | Количина ђубрива на 100 L воде | Количина киселине на 100 L воде |
| 7,5 kg SQM Ultrasol Calcium (15,5 % NO ₃ ⁻ -N, 26,3% CaO) | 5,3 kg FF Start (NPK 10:45:10) | 5 L 98 % концентроване сумпорне киселине |
| 350 g FF Feromax 11 (11 % Fe у хелатном облику) | 14 kg FF Blueberry I (NPK 20:5:10) | |
| 146 g FF Mangan organo (Mn 12 % у хелатном облику) | 1,5 kg YARA MgS (MgO 16%, S 33 %) | |
| 160 g FF Cink Organo | 3,5 kg FF Finale 5:10:45 (NPK 5:10:45) | |
| 4 L FF Magnical B (NO ₃ ⁻ -N 10%, CaO 15 %, B 0,2 %, MgO 2 %) | | |

Рецептура I користи се од почетка вегетације до цветања. У тим фенофазама развића, биљка има највеће потребе за азотом у односу на целу вегетацију, због формирања зелене масе. Боровница има јако велике потребе за сумпором и калцијумом. Калијума је потребно

у овој фази нешто мање у односу на следеће фенофазе. Препорука је да однос амонијачног и нитратног азота буде 60:40 у корист амонијачног. Такође, у овој фенофази боровнице имају највеће потребе за калцијумом, што је јасно наглашено у овој рецептури. Од почетка примене рецептуре I, почиње се са мерењем оцета и одређивањем ЕС и рН вредности у оцеду. У овој фази, збир ЕС вредности на капаљки и у оцеду треба да буде $3500 \mu\text{Scm}^{-1}$. У овој фази развића потребе за водом нису толико велике, због тога оцеди треба да се држе на 10-15 % од примењене количине воде. Наводњавање се врши у кратким интервалима, најчешће се 5 до 7 минута пропушта вода са хранивима, а након тога се пар минута (максимум 5) врши заливање чистом водом (рН 5), ради испирања дистрибутивне мреже. Норме заливања зависе од стања усева и временских прилика. Може се рећи да у овом начину производње не постоје фиксне норме и дужине трајања наводњавања.

Прелазак исхране боровнице на рецептуру II почиње у фенофази пуног цветања. Од тог тренутка биљка има другачије захтеве за хранљивим елементима, па је однос елемената у рецептури потребно променити. Из Таб. 3, се види да су потребе биљака за азотом скоро исте као време примене рецептуре I, потребе за калцијумом су нешто мање, док су потребе за калијумом доста веће. Повећане потребе за калијумом јављају се због све веће потребе биљке за водом, а калијум учествује у транспорту воде. Процес образовања шећера у бобици, такође зависи од количине калијума. Рецептатура II се може представити на следећи начин (Таб. 8):

Табела 8. Комбинације хранива и количине по танковима у другој години засада по рецептури II.

Table 8. Nutrient combinations and quantities per tank in the second year according to recipe II

| Танк 1 | Танк 2 | Танк 3 |
|---|--|--|
| Количина ђубрива на 100 L воде | Количина ђубрива на 100 L воде | Количина киселине на 100 L воде |
| 7,5 kg SQM Ultrasol Calcium (15,5 % NO_3^- -N, 26, 3% CaO) | 4 kg FF Start (NPK 10:45:10) | 5 L 98 % концентроване сумпорне киселине |
| 320 g FF Feromax 11 (11 % Fe у хелатном облику) | 18 kg FF Blueberry II (NPK 20:5:10) | |
| 120 g FF Mangan organo (Mn 12 % у хелатном облику) | 5 kg YARA MgS (MgO 16%, S 33%) | |
| 300 g FF Cink organo (Zn 14 % у хелатном облику) | 1,65 kg FF Finale 5:10:45 (NPK 5:10:45) | |
| 1 L Aminoflex (аминокиселине) | 2 kg PH GREEN (смеша органских киселина) | |

Потребе биљака за храном и водом су веће у овој фенофази него у првој, што је усклађено у рецептури II. Количина оцета у овој фази треба да буде око 20 % од укупне количине додате воде. Дужина трајања заливања се не мења, али се мења број заливања. У овој фази је то најчешће пет до шест пута у току дана. Дужина фертигације је пет минута са подешеним рН и ЕС вредностима. Након сваке фертигације врши се испирање

дистрибутивне мреже до пет минута чистом водом у којој је рН вредност подешена на 5,0. Као и у претходној рецептури, норме наводњавања, дужина наводњавања и ЕС вредности нису фиксне, него се мењају из дана у дан у зависности од потребе биљака и климатских фактора.

Након завршетка бербе, почиње се са рецептуром III. Ова рецептура се примењује од периода завршетка бербе наредне 4 недеље. Трајање зависи од временских услова на терену. Из Таб. 3. види се да је потреба за азотом у овом периоду упола мања него у претходна два периода. Садржај калијума у периоду цветања и наливања бобица је истоветна, јер биљка и даље троши доста воде, док су потребе за осталим елементима мање више непромењени. Рецептурса III је приказана у Таб. 9.

Након завршетка бербе, потребе биљака за водом се постепено смањују, као и потребе за хранивима. У рецептури која одговара овој фази развића биљака, оцеди се смањују на 10 – 15 % од количине воде за наводњавање која се примењује. И у овој фенозафи мере се рН и ЕС вредности у оцеђеној води, са непромењеним граничним вредностима у односу на почетне (подешене) вредности. Трајање наводњавања је исто као и у рецептури III, док се број наводњавања смањује на 4 до 5. Наводњавања су распоређена током целог дана и оцеди се мере на крају последњег заливања.

Табела 9. Комбинације ђубрива и количине по танковима у другој години засада по рецептури III

Table 9. Fertilizer combinations and quantities per tank in the second year according to recipe III

| Танк 1 Количина ђубрива на 100 L воде | Танк 2 Количина ђубрива на 100 L воде | Танк 3 Количина киселине на 100 L воде |
|--|---------------------------------------|--|
| 7,5 kg SQM Ultrasol Calcium (15,5 % NO ₃ ⁻ -N, 26,3 % CaO) | 9,5 kg FF Start (NPK 10:45:10) | 5 L 98 % концентроване сумпорне киселине |
| 675 g FF Feromax 11 (11 % Fe у хелатном облику) | 4 kg FF Blueberry I (NPK 20:5:10) | |
| 260 g FF Mangan organo (Mn 12 % у хелатном облику) | 2,5 kg YARA MgS (MgO 16%, S 33 %) | |
| 250 g FF Cink organo (Zn 14 % у хелатном облику) | 13,5 kg FF Finale 5:10:45 | |

У периоду мировања примењује се рецептура IV у трајању од око две недеље, у зависности од временских услова. У овој рецептури уводи се редукована исхрана, а интензивно се раде фолијарни третмани, да се помогне биљци у припреми за период зимског мировања и формирања родног потенцијала за следећу годину. Рецептурса IV је дата у Таб. 13.

Табела 10. Комбинације ђубрива и количине по танковима у другој години засада по рецептури IV

Table 10. Fertilizer combinations and amounts per tank in the second year according to recipe IV

| Танк 1 Количина ђубрива на 500 L воде | Танк 2 Количина ђубрива на 100 L воде | Танк 3 Количина киселине на 100 L воде |
|---------------------------------------|---------------------------------------|---|
| 20 kg FF Root (NPK 5:55:10) | - | 5L 98 % концентроване сумпорне киселине |
| 20 kg FF Finale (NPK 5:10:45) | - | |

Фолијарни третмани се припремају на 100 L воде са 500 ml FF Bioflex L + 300 ml FF Aminoflex 25 + 300 ml FF Humistart.

Ефикасност усвајања воде (WUE) представља висину постигнутих приноса у односу на количину воде која је потрошена за наводњавање. Овај параметар се добија тако што се укупан принос подели са укупном количина воде које је потрошена за наводњавање и користи се за упоређивање квалитета заливања и управљања водама у односу на друге технологије наводњавања било које биљне врсте, самим тим и боровнице..

$$WUE = \frac{\text{Принос (kg)}}{\text{Норма наводњавања (L)}}$$

Резултати и дискусија

Results and discussion

Резултати истраживања у овом експерименту засновани су на мерењима оцеда на више локација и приказани су табеларно по примењеним рецептурама. У Таб. 11 приказане су очитане рН и ЕС вредности на неколико оцедних места након примене хранива по рецептури I. Из табеле се јасно види промена ових вредности у зависности од оквашености супстрата, усвојених хранива од стране биљке и карактеристика оцеда. Такође, у оцедима могу да се мењају и рН вредности, уколико су вредности испод 4, то указује да је супстрат презасићен водом (као што је то случај 28. априла и средином маја на оцедном месту 4) и да саксија нема добру дренажу.

Хемијске карактеристике оцеда од цветања преко наливања плодова до завршетка бербе овој фенофази приказане су у Таб. 12, када су хранива примењена по рецептури II. Оцедно место 4 и у овог фази има најкиселију реакцију (просечно 4,4), што указује на презасићеност супстрата водом, за разлику од осталих оцедних места који имају благо киселу до неутралну реакцију. Највише вредности ЕС су измерене на оцедном месту 1, просечно од 2,14 dS·m⁻¹, док се на остала три оцедна места вредности крећу од 1,2 до 1,96 dS·m⁻¹. Ове разлике се јављају услед разлике у динамици пораста, која опет зависи од

квалитета саме саднице и положаја саднице у воћњаку Замимљиво је да су количине оцедне воде веома сличне на свим оцедним местима и у просеку се крећу од 0,7 – 0,8 L, што указује на добру унофирмност заливања по огледном пољу.

Табела 11. Приказ количине оцеда и добијених рН и ЕС (dS·m^l) вредности у оцеђеној води

Table 11. The amount of drainage and the obtained pH and ES (dS·m^l) values in the drained water

| Датум | Оцедно место број 1 | | | Оцедно место број 2 | | | Оцедно место број 3 | | | Оцедно место број 4 | | |
|--------|---------------------|------|----------|---------------------|------|----------|---------------------|------|----------|---------------------|------|----------|
| | рН | ЕС | Осед (L) | рН | ЕС | Осед (L) | рН | ЕС | Осед (L) | рН | ЕС | Осед (L) |
| 08.04. | 7,1 | 0,53 | 1,2 | 5,62 | 0,5 | 1,2 | 6,63 | 0,49 | 0,9 | 5,17 | 0,94 | 0,5 |
| 21.04. | 6,7 | 0,94 | 1,2 | 6,6 | 1,14 | 1,2 | 5,95 | 1,04 | 1,1 | 4,85 | 1,48 | 0,9 |
| 26.04. | 7,10 | 0,95 | 0,2 | 7 | 1,28 | 0,55 | 6,3 | 1,09 | 0,5 | 5 | 1,36 | 0,05 |
| 27.04. | 7,11 | 0,98 | 0,7 | 6,97 | 1,41 | 0,8 | 6,3 | 1,13 | 0,8 | 4,91 | 1,56 | 0,5 |
| 28.04. | 6,87 | 1,14 | 1,2 | 6,5 | 1,45 | 1,2 | 6,2 | 1,4 | 0,9 | 4,11 | 1,39 | 1,2 |
| 04.05. | 6,56 | 1,64 | 0,2 | 6,05 | 1,75 | 1,0 | 5,37 | 1,71 | 0,9 | 5,07 | 1,95 | 0,4 |
| 05.05. | 7,06 | 1,79 | 0,15 | 5,67 | 1,75 | 0,4 | 5,46 | 1,56 | 0,5 | 4,72 | 2,08 | 0,3 |
| 06.05. | 6,5 | 1,8 | 0,3 | 6,13 | 1,65 | 0,6 | 6,10 | 1,58 | 0,7 | 4,11 | 1,83 | 0,4 |
| 07.05. | 6,71 | 1,7 | 0,25 | 6,35 | 1,57 | 0,5 | 6,2 | 1,55 | 0,6 | 4,16 | 1,68 | 0,4 |
| 12.05. | 6,6 | 1,73 | 0,2 | 6,27 | 1,47 | 0,35 | 6,08 | 1,48 | 0,65 | 4,2 | 1,6 | 0,25 |
| 13.05. | 6,70 | 1,70 | 0,3 | 6,39 | 1,4 | 0,75 | 6,01 | 1,41 | 0,75 | 4,16 | 1,56 | 0,7 |

Табела 12. Приказ количине оцеда и добијених рН и ЕС (dS·m^l) вредности у оцеђеној води у фенофази пуног цветања

Table 12. The amount of drainage and the obtained pH and ES (dS·m^l) values in the drained water in the phenophase of full flowering

| Датум | Оцедно место број 1 | | | Оцедно место број 2 | | | Оцедно место број 3 | | | Оцедно место број 4 | | |
|--------|---------------------|------|---------|---------------------|------|---------|---------------------|------|---------|---------------------|------|---------|
| | рН | ЕС | Осед(L) | рН | ЕС | Осед(L) | рН | ЕС | Осед(L) | рН | ЕС | Осед(L) |
| 20.05. | 6,33 | 2,2 | 0,5 | 6,39 | 1,22 | 1,2 | 5,46 | 1,52 | 0,8 | 4,10 | 1,69 | 1 |
| 21.05. | 7,06 | 2,18 | 0,2 | 7,41 | 0,95 | 0,4 | 5,79 | 1,53 | 0,8 | 4,25 | 1,53 | 0,6 |
| 23.05. | 7,10 | 1,82 | 1,1 | 7,41 | 1,15 | 1,2 | 5,90 | 1,39 | 0,8 | 4,38 | 1,54 | 1,2 |
| 24.05. | 7,01 | 1,81 | 0,2 | 7,08 | 1,52 | 1 | 6,06 | 1,3 | 1 | 4,33 | 1,48 | 0,7 |
| 30.05. | 6,94 | 2,03 | 1 | 6,63 | 1,64 | 1 | 6,2 | 1,65 | 0,8 | 4,4 | 1,96 | 1 |
| 31.05. | 7,13 | 1,88 | 0,5 | 6,24 | 1,63 | 0,6 | 6,30 | 1,57 | 0,75 | 4,55 | 1,80 | 0,8 |
| 01.06. | 7,06 | 1,85 | 1,1 | 6,35 | 1,58 | 1,1 | 6,44 | 1,57 | 0,8 | 4,46 | 1,79 | 1,2 |
| 09.06. | 6,49 | 2,63 | 0,9 | 6,80 | 1,39 | 0,85 | 6,39 | 1,25 | 0,7 | 4,32 | 1,61 | 0,9 |
| 11.06. | 6,77 | 2,80 | 0,6 | 8,42 | 1,45 | 0,45 | 6,67 | 1,35 | 0,4 | 4,55 | 1,71 | 0,5 |
| 12.6. | 6,59 | 2,50 | 0,5 | 6,95 | 1,2 | 0,7 | - | - | - | 4,4 | 1,48 | 0,5 |
| 13.06. | 6,8 | 1,79 | 0,6 | 7,01 | 1,23 | 0,4 | 6,64 | 1,2 | 0,2 | 4,7 | 1,3 | 0,75 |

Резултати мерења ЕС и рН у процеђеној количини воде, у периоду након завршетка бербе, односно примене рецептуре III, приказани су у Таб. 13. На оцедном месту 4, долази до благог пораста рН вредности, услед кориговања турнуса наводњавања. Количина процеђене воде је смањена и варира од 0,4 – 1,15 L, тј. просечно око 0,7 L на свим оцедним местима. Вредности ЕС су се незнатно повећале на свим оцедним местима изузев оцедног места 3, где су измерене вредности ниже у односу на претходну фенофазу и примењену рецептуру. рН вредност је стабилна као у претходном периоду, с тим што је она побољшана и на оцедном месту 4.

Табела 13. Приказ оцеда и добијених рН и ЕС вредности ($\text{dS}\cdot\text{m}^{-1}$) у оцеђеној води у фенофази након завршетка бербе

Table 13. Drainage and obtained pH and ES values ($\text{dS}\cdot\text{m}^{-1}$) in drained water in the phenophase after the end of the harvest

| Датум | Оцедно место број 1 | | | Оцедно место број 2 | | | Оцедно место број 3 | | | Оцедно место број 4 | | |
|--------|---------------------|------|---------|---------------------|------|---------|---------------------|------|---------|---------------------|------|---------|
| | рН | ЕС | Оced(L) | рН | ЕС | Оced(L) | рН | ЕС | Оced(L) | рН | ЕС | Оced(L) |
| 09.07. | 6,49 | 2,63 | 0,9 | 6,8 | 1,39 | 0,85 | 6,39 | 1,25 | 0,7 | 4,32 | 1,61 | 0,9 |
| 11.07. | 6,77 | 2,82 | 0,6 | 8,42 | 1,45 | 0,45 | 6,67 | 1,35 | 0,4 | 4,55 | 1,71 | 0,5 |
| 12.07. | 6,59 | 2,50 | 0,5 | 6,95 | 1,20 | 0,7 | - | - | - | 4,40 | 1,48 | 0,5 |
| 13.07. | 6,80 | 1,79 | 0,6 | 7,01 | 1,23 | 0,4 | 6,4 | 1,2 | 0,2 | 4,7 | 1,3 | 0,75 |
| 20.07. | 6,81 | 2,01 | 0,45 | 6,87 | 1,28 | 1,0 | 6,03 | 1,03 | 0,8 | 4,75 | 1,55 | 0,4 |
| 22.07. | 6,49 | 2,12 | 1,0 | 6,35 | 1,5 | 0,9 | 6,5 | 0,95 | 0,7 | 4,94 | 1,5 | 0,9 |
| 23.07. | 6,57 | 2,23 | 0,3 | 6,43 | 1,44 | 1,0 | 5,9 | 1,04 | 0,7 | 4,72 | 1,53 | 0,8 |
| 29.07. | 6,19 | 3,15 | 1,15 | 6,24 | 1,62 | 1,0 | 5,69 | 1,04 | 0,7 | 5,45 | 1,54 | 1,0 |
| 01.09. | - | - | - | 6,34 | 1,25 | 0,6 | 5,72 | 1,68 | 0,9 | 4,94 | 2,10 | 0,65 |
| 03.09. | 5,77 | 3,29 | 1,0 | 6,07 | 2,06 | 1,0 | 5,42 | 1,72 | 1,0 | 4,71 | 2,94 | 1,0 |
| 10.09. | 5,35 | 1,26 | 1,0 | 6,14 | 1,44 | 1,0 | 5,25 | 0,88 | 1,0 | 4,71 | 1,3 | 1,0 |

При редукованом наводњавању и исхрани у фази пред мировање, добијање оцеда није пожељно и количина хранива се не одређује преко ЕС вредности у оцеду. Количина хранива која се примењује у овој фази резултат је дугогодишњег рада на терену. Време трајања наводњавања остаје непромењено у односу на претходну фенофазу, док се број наводњавања смањује. Количина хранива се смањује на $1500 \mu\text{Scm}^{-1}$, док се фертигација врши само једном дневно. На овај начин биљке се „засушују“, чиме се шаље сигнал да наилази период зимског мировања. Треба нагласити да се одмах након бербе, биљка полако припрема за род наредне вегетације. Фолијарни третмани се врше на сваких 7 до 10 дана, да би се формирала лисна маса и помогло формирање родних пупољака.

Боровница има изражене захтеве за водом, посебно у приказаном начину производње, где наводњавање не сме да буде изостављено практично ниједан дан, осим у данима са кишом. Чак се и у тим данима препоручује краткотрајно наводњавање водом са хранивима која има вишу ЕС вредност (на пример: $2000 \mu\text{Scm}^{-1}$), да падавине не би испрале

хранива из саксије. У Таб. 14 приказане су потребе боровнице за водом по месецима. За узгој боровнице било је неопходно обезбедити 313 L воде по биљци тј. саксији. Највеће количине воде примењене су јуну, 82 L по саксији и јулу, 97 L по саксији, односно у периоду који карактеришу највише температуре ваздуха. У августу се количина воде постепено смањивала, док је у септембру већ вршено засушивање биљака, о чему је раније било речи.

Табела 14. Приказ месечне и укупне количине воде додате наводњавањем

Table 14. Monthly and total amount of water added by irrigation

| Месец | Количина воде L/ биљци |
|-----------|---------------------------|
| Март | 2 |
| Април | 11 |
| Мај | 55 |
| Јун | 82 |
| Јул | 97 |
| Август | 50 |
| Септембар | 9 |
| Октобар | 7 |
| Сума | 313 |

Током сваке производње, поставља се питање колика је економска исплативост те производње и који приноси могу да се остваре. Приноси боровнице расту из године у годину, како биљка расте и јача, да би временом остварила пуни родни потенцијал. На количину приноса утиче више фактора: временски услови, постојање заштите од града, технологија исхране, заштита засада од болести и штеточина, квалитет садница и супстрата, квалитет саксије и сл. На овом примеру случаја измерени су приноси у прве три године од подизања засада и приказани су у Таб. 15.

Табела 15. Укупан принос по годинама са 9000 садница

Table 15. Total yield by year with 9000 seedlings

| Година | Принос (kg) |
|--------|-------------|
| 2021. | 700 |
| 2022. | 14000 |
| 2023. | 38000 |

Из Табеле. 15 јасно се уочава повећање приноса боровнице током трогодишњег периода од момента подизања засада. Већ након друге године родности, постигнут је принос од 4,2 kg по биљци. Овако висок принос представља готово пун родни потенцијал, који се креће максимално до око 5 kg. Ови приноси су упоредиви са оним добијеним у

суптропским климатским условима (4,6 - 7,2 kg по биљци), при гајењу боровнице на земљишту (Williamson, et al., 2015).

Наредни кораци у технологији гајења боровнице јесу да се сваке године остварује овако висок принос, а да квалитет рода буде задовољавајући. Применом приказаних рецептура исхране постиже се висок квалитет плода, изражен преко величине и масе бобица (Таб. 16). Крупноћа бобица је у директној зависности од њене масе. Поред тога, крупноћа плода игра важну улогу у одређивању цене плода. Уколико је крупноћа мања од 12 mm, бобица не спада у прву класу и откупна цена је значајно нижа.

Табела 16. Приказ односа величине и масе бобица постигнуте на приказаном примеру случаја

Table 16. The relationship between the size and weight of the berries achieved in the presented case example

| Крупноћа бобице (mm) | Маса бобице (g) |
|----------------------|-----------------|
| 14 | 1,2 |
| 15 | 1,5 |
| 16 | 1,8 |
| 18 | 2,4 |
| 20 | 2,7 |

На основу података о утрошеној количини воде по месецима и на основу остварених приноса, може да се израчуна ефикасност потрошње воде од стране боровнице.

$$WUE = \frac{14000 \text{ Kg}}{313L * 9000 \text{ биљака}} = \frac{14000}{2817000 \text{ L}} = 4,96 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \text{ или } 201,21 \frac{\text{L}}{\text{kg}}$$

У овој студији, количина воде која је потрошена за наводњавање 9000 садница боровнице током читавог периода вегетације износила је 2.817.700 L или 2817,7 m³ воде. Остварени су приноси од 14.000 kg боровнице у другој години раста, тј. првој години рода. То значи да је за принос боровнице од 1 kg потрошено 201,21 L воде, односно да се са 1 m³ воде може произвести 4,96 kg боровнице. Ови резултати далеко премашују вредности WUE које су остварене у Аустралији (2,1 до 3,1 kg·m⁻³) при наводњавању различитим режимима наводњавања боровнице сличног генетског потенцијала, гајене такође у саксијама (Keen & Slavich, 2012).

Једна од великих предности примене приказане технологије фертигације јесте то што се постиже тачан увид потрошње воде за наводњавање и начин дозирања хранива. Део воде је трајно изгубљен на оцеде, који у овом примеру нису сакупљани за поновну употребу. С обзиром да се мери проценат оцеда, губици воде и хранива се могу прерачунати на средњи

оцед од 10 до 15 %. У овом примеру случаја, током друге године истраживања изгубљено је између 280 и 400 m³ воде. Треба напоменути да се и у узгоју на банкoвима губи део воде употребљене за наводњавање, вероватно и у већој количини, због дубоке перколације, али се та количина, при таквом начину гајења боровнице нити мери, нити прерачунава у односу на мерену влажност земљишта, што је недостатак технологије узгоја боровнице на банкoвима.

Сталним унапређењем технологије фертигације, стварају се услови за истраживање смањења оцеда. Данас су у примени нанотехнологије за убризгавање минералних ђубрива, које поспешују усвајање хранива. Дисперзијом раствора у виду нано честица вода и хранљиве материје постају лакше доступне биљкама, могу се примењивати у мањим количинама, што може да утиче на висину приноса и ефикасније трошење воде (Ajirloo et al., 2015), односно већу еко-еко-ефикасност.

Закључак

Conclusions

За успешну технологију гајења боровнице потребно је испоштовати техничке и технолошке стандарде, који су постигнути вишегодишњим истраживањима широм света. Правилан одабир саксија, супстрата, система за наводњавање и друге опреме уз избалансиране количине хранљивих елемената и воде за наводњавање предуслов су за постизање ефикасне производње боровнице с аспекта постизања приноса и потрошње воде. Да би се постигао жељени принос и квалитет плода (величина бобице), почетна тачка у технологији фертигације је анализа квалитета воде за наводњавање. У овом примеру случаја урађена је филтрација воде јоноизмењивачким смолама, којима је уклоњен вишак јона који на боровницу могу да делују токсично, пре све натријума. Након филтрације воде, добијена је квалитетна вода, која може да се користи за наводњавање. Када су познати хемијски састав воде и потребе боровнице за хранивима, приступа се прављењу рецептуре исхране боровнице за сваку фенофазу развића у току једне године, како би се повећавала родност до пуног потенцијала. Новина у овој технологији је успостављање оптималне рН вредности воде и оптималног опсега електричне проводљивости раствора како на капаљки тако и у дренажној води тј. оцеду. Количина хранива која се примењује одређена је сумом обе ЕС вредности, која не би требало да пређе 3.5 dS·m⁻¹, да биљка не би ушла у стрес. Трајање заливања треба да је од 5 до 7 минута, а турнуси заливања зависе од фенофазе развића, тј од временских услова, и варирају од 2-3 у току дана у хладнијем делу године до 6-7 (или више по потреби) у топлијем делу године. Након сваке фертигације систем се испира чистом водом с подешеном рН вредношћу на 5,0. Овом технологијом исхране остварени су високи приноси у све три године истраживања. Принос од 4,2 kg по биљци, упоредив је са приносима добијеним у другим климатским условима. Постигнута је висока ефикасност коришћења воде (може се произвести 4,96 kg боровнице по 1 m³ воде). Добијени резултати указују да је примена приказане процедуре фертигације по фенофазама развића оправдана с аспекта добијених приноса, као и са еколошког аспекта.

Захвалница

Acknowledgement

Ово истраживање је обављено у оквиру Мастер академских студија Пољопривреда, модул Управљање земљиштем и водама Пољопривредног факултета, Универзитета у Београду у сарадњи са компанијама Ауqесо, NutriPlan d.o.o , Fertico, на Златка Манџуке у Немеикућама, у оквиру број 451-03-47/2023-01/200116 финансираним од стране Министарства просвете, науке и технолошког развоја Р. Србије.

Литература

References

- Al-Juthery, H. W., Lahmod, N. R., & Al-Taeе, R. A. (2021, April). Intelligent, nano-fertilizers: a new technology for improvement nutrient use efficiency (article review). In IOP Conference Series: Earth and Environmental Science (Vol. 735, No. 1, p. 012086). IOP Publishing. DOI:10.1088/1755-1315/735/1/012086
- Ajirloo, A. R., Shaaban, M., & Motlagh, Z. R. (2015). Effect of K nano-fertilizer and N bio-fertilizer on yield and yield components of tomato (*Lycopersicon esculentum* L.). *Int. J. Adv. Biol. Biom. Res*, 3(1), 138-143.
- Abdella, G. M., Kucukvar, M., Ismail, R., Abdelsalam, A. G., Onat, N. C., & Dawoud, O. (2021). A mixed model-based Johnson's relative weights for eco-efficiency assessment: The case for global food consumption. *Environmental Impact Assessment Review*, 89, 106588.
- Keen, B., & Slavich, P. (2012). Comparison of irrigation scheduling strategies for achieving water use efficiency in highbush blueberry. *New Zealand Journal of Crop and Horticultural Science*, 40(1), 3-20.
- Kljajić, N., Grujić Vučkovski, B. (2022). Agro-tehnološki zahtevi I implementacija ruralne politike kao izazovi u savremenoj proizvodnji borovnice. *Анализа економских ефеката унапређења производње боровнице у Републици Србији*. Издавач: Институт за економику пољопривреде, уредник Јонел Суботић, pp. 7-32.
- Maia, R., Silva, C., & Costa, E. (2016). Eco-efficiency assessment in the agricultural sector: The Monte Novo irrigation perimeter, Portugal. *Journal of Cleaner Production*, 138, 217-228. <https://agroportal.rs/konstantno-se-povecavaju-povrsine-pod-borovnicom/> Доступно 24.10.2024.
- Николић М. (2006): „Технологија производње боровнице: практични приручник за произвођаче. Графика Јуреш. Чачак
- Суботић, Ј., Јелочник, М., Потребих Б. (2022). Agro-tehnološki zahtevi I implementacija ruralne politike kao izazovi u savremenoj proizvodnji borovnice. *Анализа економских ефеката унапређења производње боровнице у Републици Србији*. Издавач: Институт за економику пољопривреде, уредник Јонел Суботић, pp. 56-79.

- Hart, J., Strik, B., White, L., Yang, W. (2006). Nutrient management for blueberries in Oregon. Oregon State Univ. Ext. Ser. Pub., EM, 8918. [chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/https://catalog.extension.oregonstate.edu/sites/catalog/files/project/pdf/em8918.pdf](https://catalog.extension.oregonstate.edu/sites/catalog/files/project/pdf/em8918.pdf) (доступно 24.10.2023.)
- Strik, B. C. (2013). Nutrient Management of Berry Crops in Oregon. Washington: Oregon State University. [chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/file:///C:/Users/PC/Downloads/nutrient_management_berry_crops_osu_may_20131%20\(5\).pdf](chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/file:///C:/Users/PC/Downloads/nutrient_management_berry_crops_osu_may_20131%20(5).pdf) (Доступно 24.10.2023)
- Strik, B., Buller, G., Hellman, E. (2003). Pruning severity affects yield, berry weight, and hand harvest efficiency of highbush blueberry. *HortScience*, 38(2), 196-199.
- Williamson, J. G., Mejia, L., Ferguson, B., Miller, P., & Haman, D. Z. (2015). Seasonal water use of southern highbush blueberry plants in a subtropical climate. *HortTechnology*, 25(2), 185-191.

Fertigation of blueberries grown in pots -An example of the case of blueberry fertigation in Nemenikuća

Срђан Савић^{1,2}, Светлана Антић Младеновић¹, Милош Павловић³, Милош Стојановић^{2,3}, Урош Марјановић⁴, Ружица Стричевић^{1*}

Abstract

The aim of this research is to present the technology of blueberry cultivation, especially from the aspect of fertilization and irrigation (fertigation), and the water use efficiency obtained in blueberry plantations grown in pots. In order to obtain optimal yields, irrigation and nutrition of the plants must be well coordinated, which is shown in this work. The experiment was located in Nemenikuća, Sopot municipality. The location is suitable for blueberry cultivation due to topography, altitude, climatic factors and water supply. Blueberries were planted in 45-liter pots, which was sufficient to obtain high yields. The substrate used was "Legro" with 25% perlite. Dripper with a flow rate of 4 L and a divided sub-dropper for uniform distribution of water in the pot was used. The irrigation system was also equipped with devices that extract the appropriate amount of fertilizer from the tank over the set of pH and EC values. This way of water distribution enables precise control of the quality and parameters of the irrigation water, such as pH and electrical conductivity (EC). Good drainage of the pot is ensured by perforations of the bottom and sides of the pot with several openings of different sizes and shapes. It is desirable that the bottom of the pot is separated from the substrate. The amount of water used for vegetation was 2,817,700 L or 2817.7 m³ of water for 9,000 plants. A yield of 14,000 kg of blueberries was obtained in second year and 38.000 kg in the third growing year. This means that 201.21 L of water was used for the yield of 1 kg of blueberries or 4.96 kg of blueberry can be produced using 1 m³ of water. Most of the water was applied in July (92 L per pot). The EC of the solution was variable from day to day, depending on the amount of nutrients consumed by blueberry. Water consumption was determined partly by the duration of irrigation and by the amount of drained water. The pH and EC values of the water were measured daily. The pH in the irrigation water was maintained in the range of 5.0-5.5 and the ES of 1.3-2.5 dS/m, in the drainage water 0.6 to 2.3 dS/m. In the year of replanting 77 g of yield per plant was obtained. Very high yields, as high as 1.5 kg per plant were obtained in the first year of production and as high as 4.2 kg per plant in the second year of production. The average water consumption during the growing season was 3 L per plant, and total water consumption during first yielding year was 313 L.

Keywords: blueberry, irrigation, fertigation, water use efficiency

Received 22.12.2023

Revised 26.01.2024

Accepted 9. 02. 2024