

MINERALNI SASTAV PLODOVA BOROVNICA

BLUEBERRY MINERAL FRUIT COMPOSITION

B. Duralija i Nikolina Konjević

SAŽETAK

Početak 21. stoljeća borovnice zbog svojih nutritivnih svojstava plodova postaju popularne među potrošačima, a što povećava njihovu potražnju. Kultivirane borovnice stoga zauzimaju sve veći značaj kako u svjetskoj tako i u hrvatskoj proizvodnji voća. Mineralni sastav plodova je važna komponenta koja utječe na kvalitetu plodova i njihovu nutritivnu vrijednost. U ovom radu napravljen je prikaz mineralnog sastava plodova borovnice, kao i nutritivne vrijednosti. Na temelju proučene literature utvrđeno je kako su u plodovima borovnice najzastupljeniji makroelementi dušik i kalij dok su kod mikroelemenata to mangan i željezo. Obradeni su i najvažniji čimbenici koji imaju utjecaj na mineralni sastav borovnica, kao što su: sorta, klima, tlo, agrotehnički i pomotehnički zahvati. Odabirom i upravljanjem navedenih čimbenika moguće je povećati kvalitetu ploda, ali i utjecati na mineralni sastav plodova borovnica.

ABSTRACT

Blueberries are becoming increasingly popular among consumers at the beginning of the 21st century due to their nutritional properties, which increases their demand. For this very reason, cultivated blueberries are becoming increasingly important in both global and Croatian fruit production. The mineral composition of the fruit is an important component that influences the quality of the fruit and its nutritional value. In this paper, the mineral composition of blueberries and their nutritional value are presented. Based on the literature studied, it was found that the most abundant macroelements in blueberries are nitrogen and potassium, while the microelements are manganese and iron. The main factors that have an influence on the mineral composition of blueberries, such as: cultivar, climate, soil, agro- and pomo-techniques, are also addressed. By selecting and controlling the above factors, it is possible to increase the quality of the fruit, but also to influence the mineral composition of blueberries.

UVOD

Američke kultivirane borovnice (*Vaccinium* spp.) u uzgoju pripadaju rodu *Vaccinium* koji obuhvaća višegodišnje grmolike biljke iz porodice *Ericaceae* (Syn. Heath) (Vander Kloet 1988.). Rod *Vaccinium* se dalje dijeli na podrodove, a u proizvodnji su najviše zastupljene vrste iz podroda *Cyanococcus*; američka borovnica (*Vaccinium corymbosum* L.), borovnica zečje oko (*Vaccinium ashei* Reade) i borovnica niskog grma (*Vaccinium angustifolium* Ait.) (Kole 2011.). Za rod *Vaccinium* važno je spomenuti i europsku borovnicu (*Vaccinium myrtillus* Koch.), grmoliku samoniklu vrstu borovnice niskog grma koja je prirodno rasprostranjena u Europi gdje raste po livadama, šikarama i šumama crnogorice. Plodovi europske borovnice prodaju se kao svježi, zamrznuti i sušeni, a obiluju fenolnim spojevima poput flavonola, tanina, elagitanina i fenolnih kiselina. Količina antocijana ima najveći značaj u sastavu europske borovnice jer za razliku od američkih borovnica imaju obojeno meso (Upton 2001., Seeram 2008.).

Američka borovnica porijeklom je iz istočnih, središnjih i sjevernih dijelova Sjeverne Amerike (Hancock i Draper 1989.), a danas se uzgaja u više od 35 država i to u Sjevernoj Americi, Australiji, Africi, Aziji i Europi (Kole 2011.).

U svjetskoj proizvodnji borovnica zadnjih desetak godina površina pod njenim uzgojem su se skoro udvostručile, dok se količina proizvedenih plodova koja sada iznosi preko 1,1 milijun tona gotovo utrostručila (FAO, 2022.). U Republici Hrvatskoj je značajno povećanje površina pod uzgojem kultivirane borovnice jer se do prije dvadesetak godina uopće nije plantažno uzgajala, a u 2021. godini zauzimala je već 380 hektara s proizvodnjom od oko 540 tona (FAO, 2022.). Interes za proizvodnju borovnica narastao je u posljednjem stoljeću, a pretpostavlja se da bi još mogao rasti zbog sve veće zdravstvene osviještenosti potrošača te jer je borovnica poznata po svom visokom sadržaju antioksidativnih spojeva (Prodorutti i sur. 2007.). Mogu se prodavati u svježem stanju i za preradu u sokove, žele, i kao punjenje za različite deserte (Pritts i Hancock 1992.). Bogat su izvor flavonoida, fenolnih kiselina, antocijanina, stilbena i tanina te nutritivno vrijednih spojeva kao što su šećeri, eterična ulja, karotenoidi, vitamini i minerali (Nile i Park 2014.). Bioaktivni spojevi u borovnicama imaju snažna antioksidativna, antikancerogena, antimikrobna i protuupalna svojstva, kako in vitro tako i in vivo (Nile i Park 2014.; Samad i sur. 2014.; Hwang i sur 2014.). Plodovi borovnice sadrže minerale koji su neophodni u ljudskoj prehrani, a njihov sadržaj je pod utjecajem genetske konstitucije i okolinskih čimbenika.

Cilj ovog rada je prikazati pregled mineralnog sastava plodova borovnice i glavnih čimbenika koji na to utječu.

Nutritivna vrijednost plodova

Borovnice u svježem stanju sadrže vodu (84 %), ugljikohidrate (9,7 %), proteine (0,6 %) i masti (0,4%) (Michalska i Lysiak 2015.). Prosječna energetska vrijednost 100 g svježih plodova procjenjuje se na oko 57 kalorija na 100 grama svježih plodova (Tablica 1). Borovnice su također dobar izvor dijetalnih vlakana koji čine 3-3,5 % mase ploda (Michalska i Lysiak 2015.). Osim arome i dobrog okusa, interes za borovnicama narastao je zbog količine vitamina C, jer na 100 g borovnica, imaju prosječno oko 10 mg askorbinske kiseline (Prior i sur. 1998.). Primarna organska kiselina u borovnicama je limunska (77 do 87 % ukupnih kiselina) (Forney i sur. 2012.), a sadrže i značajnu količinu elaginske kiseline, polifenola za koji se smatra da smanjuje rizik od raka (Maas i sur. 1991.). Brojna znanstvena istraživanja potvrđuju kako su borovnice izvrstan izvor polifenola (Zafra-Stone et al. 2007., Routray i Orsat 2011., Norberto et al. 2013., Correa-Betanzo et al. 2014., Giacalone et al. 2015., Diaconeasa i sur. 2015.). Nekoliko studija potvrdilo je njihova protuupalna i antikancerogena svojstva te zaštitno djelovanje na kardiovaskularan sustav (Routray i Orsat 2011.). Vrijedi spomenuti kako antioksidativni spojevi prisutni u borovnicama smanjuju rizik od koronarnih bolesti, te sprječavaju oksidaciju kolesterola, čime se smanjuje rizik od ateroskleroze (Michalska i Lysiak 2015.). Ovi spojevi također mogu spriječiti neurodegenerativne poremećaje (Ramassamy 2006.). Ukupni sadržaj polifenola u borovnicama kreće se od 48 (Ehlenfeldt i Prior 2001.) do 304 mg/100 g svježe mase ploda (do 0,3 %) (Moyer i sur. 2002.) i većinom ovisi o sorti (Taruscio i sur. 2004.), uvjetima uzgoja i stupnju zrelosti (Zadernowski et al. 2005.; Castrejon et al. 2008). Polifenolni spojevi prisutni u borovnicama uključuju flavonoide, procijanidine (monomerne i oligomerne oblike) (Gu i sur. 2002.), flavonole (kempferol, kvercetin, miricetin) (Tarusico i sur. 2004.), fenolne kiseline (uglavnom hidroksicimetne kiseline) i derivate stilbena (Wu i Kang 2012., Howard i Hagar 2007.). Sadržaj antocijana kreće se od 25 do 495 mg/100 g borovnica, a ovisi o veličini ploda, fazi zrenja, kao i o ekološkim uvjetima, pogotovo pred berbu i uvjetima skladištenja (Mazza i Miniati 1993.). Borovnica se ističe po svom raznovrsnom sadržaju antocijana (Scibisz i Mitek 2007.), uključujući malvidin, delfinidin, petunidin, cijanidin i peonidin, s dijelovima šećera glukoze, galaktoze i arabinoze (Michalska i Lysiak 2015.). Najviša koncentracija antocijana i polifenoala nalazi se u kožici ploda, dok je manja koncentracija prisutna u mesu i sjemenkama ploda (Michalska i Lysiak 2015.). U američkim borovnicama do sada su zabilježene značajne količine esencijalnih elemenata (K, Ca, P, Mg, Al, B, Cu, Fe, Na, Mn i Zn), dok ih niska koncentracija Na čini posebno prikladnima za prehranu ljudi (Tablica 1). Istraživanje koje su proveli

Cabrera et al. (2021.) pokazalo je kako su borovnice vrijedan izvor minerala te kako doprinose preporučenom dnevnom unosu pojedinih minerala za ljude odrasle dobi.

Tablica 1. Hranjiva vrijednost ploda borovnice (vrijednost po 100 g svježe mase)

Table 1 Nutrient composition of blueberry fruit (value per 100 g fresh weight)

Hranjivo / Nutrient	Sadržaj u plodu/Fruit content
Voda / Water (g)	84,21
Energija / Energy (kcal)	57
Bjelančevine / Protein (g)	0,74
Ukupna ulja / Total lipid (fat)	0,33
Ugljikohidrati / Carbohydrate (g)	14,49
Vlakna, ukupna / Fiber, total (g)	2,4
Šećeri, ukupni / Sugars, total (g)	9,96
Kalcij / Calcium, Ca (mg)	6
Željezo / Iron, Fe (mg)	0,28
Magnezij / Magnesium, Mg (mg)	6
Fosfor / Phosphorus, P (mg)	12
Kalij / Potassium, K (mg)	77
Natrij / Sodium, Na (mg)	1
Cink / Zinc, Zn (mg)	0,16
Bakar / Copper, Cu (mg)	0,057
Selen / Selenium, Se (µg)	0,1
Vitamin C / Vitamin C (mg)	9,7
Tiamin / Thiamin, Vit. B1 (mg)	0,037
Riboflavin / Riboflavin, Vit. B2 (mg)	0,041
Niacin / Niacin, Vit. B3 (mg)	0,418
Vitamin B6 / Vitamin B6 (mg)	0,052
Folna kiselina / Folate, Vit. B9 (µg)	6
Vitamin A / Vitamin A (µg)	3
β-karoten / Carotene, beta (µg)	32
Lutein + zeaksantin / Lutein + zeaxanthin (µg)	80
Vitamin E / Vitamin E (mg)	0,57
Vitamin K / Vitamin K (µg)	19,3

(Izvor: Golovinskaia i Wang, 2021.)

Makroelementi u plodovima borovnice

U istraživanju koje su proveli Cabrera et al. (2021.) na području Argentine pokazalo je kako koncentracija Ca varira ovisno o sorti između 54,738 i 206,104 mg/100 g svježih borovnica, a što su značajno veće vrijednosti u odnosu na druge autore (Tablica 1). Kalcij je najzastupljeniji mineral u ljudskom tijelu, 90 % ga ima u kostima, a preostalih 10 % je prisutno u mišićima i krvnoj plazmi (FDA, 2020.). Ovaj mineral je neophodan za ljudski organizam, jer sudjeluje u kontrakcijama mišićnih vlakana, zgrušavanju krvi, formiranju kostiju i zuba, izlučivanju hormona i funkcioniranju živčanog sustava. Borovnice na 100 g imaju 4,2 do 15,8 % od ukupnog dnevnog unosa Ca preporučenog od strane FDA (Cabrera i sur. 2021.). U plodovima borovnica količina Mg kreće se ovisno o autorima od 4,5 do 16,4 mg/100 g svježih plodova (Ekholm i sur. 2007., Rios de Souza i sur. 2014., Karlsons i sur. 2018.), dok je kod Cabrera i sur. (2021.) količina iznosila 31,5 do 63,0 mg/100 g. Nekoliko puta veća količina pojedinog minerala u plodovima borovnice ovisno o autoru može se objasniti utjecajem lokaliteta gdje su uzgajane, sorte, veličine ploda, stresom biljaka uslijed manjka vode, agrotehnike, pomotehnike, vremena berbe, dehidracije ploda u transportu, ali i greške od strane osoba koje su radile analize i preračunavanje vrijednosti. Magnezij sudjeluje u metabolizmu kalcija, u sintezi vitamina D, stvaranju mineralne strukture kostiju, proizvodnji energije, kontrakciji mišića i broju otkucaja srca (FDA 2020.). Osim toga, potreban je za metabolizam ugljikohidrata, proteina i lipida.

U borovnicama je prisutna veća količina kalija u odnosu na druge makroelemente. Koncentracija u istraživanjima Cabrera i sur. (2021.) varira ovisno o sorti i kreće se u rasponu između 417,65 do 1073,06 mg/100g svježih borovnica što je nekoliko puta više nego kod Golovinskaia i Wang (2021.). Ove vrijednosti 5 puta su veće od količine kalcija i 17 puta veće od magnezija (Cabrera i sur. 2021.). Razlog ove pojave može biti to što je pokretljivost K veća u floemu i ksilemu nego pokretljivost Mg i Ca (Drózdž i sur. 2018). U ljudskom organizmu kalij je najvažniji unutar stanični kation. Ima funkciju regulacije krvnog tlaka, pomaže u kontrakciji mišića i održava konstantan broj otkucaja srca, sudjeluje u proizvodnji proteina, razgradnji i korištenju ugljikohidrata, te kontrolira acidobaznu ravnotežu (FDA 2020.). FDA (2020.) preporučuje DRI od 4,700 mg/dan, tako da 100 g svježih borovnica osigurava između 8,9 do 22,8 % dnevnih potreba (Cabrera 2021.). Količina dušika u plodovima borovnice kretala se od 74,4 do 103,1 mg/100 g svježih plodova dok se količina fosfora nalazi u rasponu od 6,8 do 20,3 mg/100 g i količina sumpora od 10,1-20,5 mg/100 g svježih plodova (Karlsons i sur. 2018.).

U istraživanjima koje su proveli Karlsons i sur. (2018.) uspoređuje se mineralni sastav komercijalno uzgojene američke borovnice s mineralnim sastavom obične borovnice (*Vaccinium myrtillus* L.) koja raste u samoniklo u prirodi, a rezultati pokazuju kako kalija ima više u običnoj borovnici nego u američkoj, dok je za dušik situacija obrnuta. Ovi minerali važan su dio ljudske prehrane te imaju različite fiziološke učinke.

Na temelju iznesenog može se utvrditi kako su najzastupljeniji makroelementi u plodu kultivirane borovnice N i K, zatim slijede S i P, dok je nešto manje Ca i Mg.

Mikroelementi u plodovima borovnice

Željezo ima važnu ulogu u ljudskome organizmu, uključeno je u procese proizvodnje energije, rast i razvoj, imunološki sustav te proizvodnju crvenih krvnih zrnaca (FDA 2020.). Željezo (Fe) je kofaktor za otprilike 140 enzima koji kataliziraju jedinstvene biokemijske reakcije. Dakle, željezo ispunjava mnoge bitne uloge u rastu i razvoju biljaka, uključujući sintezu klorofila, sintezu tilakoida i razvoj kloroplasta (Kazemi 2014.). To je mikroelement čija koncentracija najviše varira među sortama (Cabrera i sur. 2021.) i iznosi od 0,656 do 5,163 mg/100 g svježih borovnica. Značajno manje količine Fe utvrđene su u plodovima borovnica kod drugih autora i kretale su se od 0,25 do 0,59 mg/100 g svježih borovnica (Karlsons i sur. 2018., Golovinskaia i Wang 2021.). Organizam Mn koristi u metabolizmu ugljikohidrata, proteina i kolesterola; u stvaranju hrskavice i kostiju te u zgrušavanju krvi (FDA 2020.). Količina Mn utvrđena u plodovima borovnica kretao se od 0,14 do 1,52 mg/100 g svježih borovnica (Karlsons i sur. 2018.). Utvrđeno je kako 100 g svježih borovnica istraživanih sorata doprinosi između 28,5 i 224,5 % preporučenog dnevnog unosa (Cabrera i sur. 2021.).

Koncentracija bakra varira između 0,470 i 1,137 mg/100 g svježih plodova kod Cabrera i sur. (2021.), dok kod drugih autora se Cu kretao od 0,01 do 0,09 (Karlsons i sur. 2018., Golovinskaia i Wang 2021.). Bakar sudjeluje u proizvodnji energije, održavanju živčanog sustava i u stvaranju koštane mase, vezivnih tkiva i krvnih žila (FDA 2020.). Provedeno istraživanje različitih sorata pokazalo je kako 100 g svježih plodova, doprinose između 52,2 i 127,3 % od preporučenog dnevnog unosa (Cabrera i sur. 2021.). U istraživanju koje su proveli Cabrera i sur. (2021.) koncentracija cinka u plodovima borovnice varira između 1,245 i 2,761 mg/100g svježih borovnica, dok su kod Karlsons i sur. (2018.) te vrijednosti bile značajno manje i kretale su se u rasponu od 0,08 do 0,12 mg/100g. Cink ima različite funkcije u ljudskom organizmu, sudjeluje u procesima rasta i razvoja, funkcijama imunološkog i

živčanog sustava te formiranju proteina (FDA 2020.). Provedeno istraživanje različitih sorata pokazalo je kako 100 grama svježih plodova osigurava 11,3 do 25,1 % od preporučenog dnevnog unosa (Cabrera i sur., 2021.).

Količina bora u plodovima borovnice kretala se od 0,07 do 0,15 mg/100 g svježih plodova dok se količina molibdena kretala od 0,003 do 0,012 mg/100 g svježih plodova (Karlsons i sur. 2018.).

U istraživanjima koje su proveli Karlsons i sur. (2018.) kod mikroelemenata je utvrđeno kako Mn i Cu ima oko tri puta više u samonikloj običnoj borovnici nego u američkoj, dok je zabilježena nešto veća količina Fe kod plodova kultivirane američke borovnice.

Najzastupljeniji mikroelementi u plodu borovnice su Fe i Mn, zatim slijede Mn i B, dok je nešto manje Cu i Mo.

Ostali elementi u plodovima borovnice

Najzastupljeniji elementi u plodovima borovnice su kisik, ugljik i vodik te čine preko 90 % od ukupnog sastava. Oni u biljku ulaze uglavnom kao voda (H₂O) ili kao plinovi (CO₂ i O₂) koji se ujedno mogu nalaziti u samoj vodi. U plodovima borovnice mogu se u manjim količinama pronaći i teški metali. Dróždž i sur. (2018.) navode kako su izmjerili u svježim plodovima kultivirane borovnice sljedeće vrijednosti teških metala: aluminij (Al) 16,3 mg/kg, kadmij (Cd) 0,003 mg/kg, krom (Cr) 0,084 mg/kg, nikal (Ni) 0,312 mg/kg i olovo (Pb) 0,396 mg/kg.

Čimbenici koji utječu na mineralni sastav ploda borovnice

Najvažniji čimbenici koji imaju utjecaj na mineralni sastav borovnica su: sorta, klima, tlo, agrotehnički (gnojidba, natapanje i dr.) i pomotehnički zahvati. Na mineralni sastav plodova osim nabrojanih čimbenika utječe i stupanj njihove zrelosti u vrijeme berbe (Ekholm et al., 2007.; Veloso et al. 2020.).

Sorta

Prilikom analize količine Mg u plodovima uočene su značajne razlike jer ovisno o sorti iznosi između 31,53 i 63,03 mg/100 g svježih borovnica (Cabrera et al. 2021.). Sorte borovnica razlikuju se po veličini i obliku biljke i korijenovog sustava u samom nasadu, a što zajedno s ubranim plodovima utječe na ukupnu biomasu i potrebe za gnojidbom (Retamales i Hancock, 2012.). Kako bi tolerirale periode s nedostatkom vode razvile su se znatne varijacije u morfološkim i fiziološkim prilagodbama sorata, a to su dublji korijenski sustav, veća učinkovitost korištenja vode (odnos između neto fotosinteze i

transpiracije) te sposobnost racionalnijeg održavanja statusa vode u biljkama (Erb et al., 1991). U pokusima je utvrđeno kako se razlike u količini Mn i Fe u izbojima i korijenu javljaju ovisno o genotipu kada se primjenjuje CaCO_3 u zoni korijena (Brown i Draper, 1980.).

Klimatski uvjeti

Borovnice visokog grma uzgajaju se u različitim tipovima klime: a) blaga i vlažna ljeta, uz vrlo hladne zime; b) blaga i vlažna ljeta, uz umjerene zime; c) vruća i vlažna ljeta, uz blage zime; d) vruća i suha ljeta, uz blage zime. Čimbenici koji kontroliraju fotosintezu su svjetlost, temperatura, razina CO_2 u zoni lisne mase i oborine, te o njima znatno ovisi kvaliteta plodova (Retamales i Hancock 2012.).

Mikroklima u nasadu može se kontrolirati različitim postupcima, kao što su gustoća sadnje, uzgojnim oblicima, orezivanjem, navodnjavanjem, primjenom regulatora rasta i gnojibom (Prange i DeEll, 1997.). U većini proizvodnih regija postoji opasnost oštećenja generativnih pupova od strane proljetnog mraza. Pri tome je vrlo važno u kojoj se fenofazi tj. stupnju nalaze cvjetovi u vrijeme pojave mraza. Sorte koje kasnije cvatu obično imaju manje štete od mraza u odnosu na sorte koje cvatu ranije jer su kasniji mrazovi rjeđi i obično slabijeg intenziteta (po vrijednosti temperature i dužini trajanja). Cilj oplemenjivača je dobiti sorte koje će manje stradavati od nepovoljnih vremenskih uvjeta. Na većinu sorti borovnica negativno utječu visoke temperature i suša. Oplemenjivači u svijetu postigli su određeni uspjeh u stvaranju sorata otpornijih na toplinu, iako visoke ljetne temperature još uvijek imaju veliki utjecaj na kraći period ubranih plodova (Retamales i Hancock 2012.).

Ako se borovnica sadi u područjima s nižom količinom padalina tijekom godine, gdje prevladavaju alkalna tla, dolazi do pojave simptoma nedostataka Fe što drastično utječe na smanjenje rasta biljke i manji urod (Rombolà i Tagliavini 2006.).

Tlo

U odnosu na druge voćne vrste borovnice imaju znatno manje potrebe za prihranom, a razlikuju se i u znatno nižem potrebnom rasponu pH vrijednosti u zoni korijena za rast i razvoj, a koji se obično kreće od 4,0 do 5,2. Zato se za borovnice može reći da su kalcifuge, odnosno biljke koje su prilagođene na uvjete kiselog tla (Retamales i Hancock 2012.). U tlima s pH vrijednošću iznad 5,2 kod borovnica se javlja kloroza uzrokovana poremećajem primanja Fe

(Brown i Draper, 1980.). Pri ovom pH, dostupnost većine hranjivih tvari u tlu je ograničena i to smanjuje količinu minerala koje biljka može apsorbirati (Hanson i Hancock, 1996.).

Kao što je gore navedeno, borovnica zahtjeva nizak pH tla (Michel i sur. 2019.), a u tlima s višim pH-om često se javlja nedostatak željeza (Rombolà i Tagliavini 2006.). U područjima gdje postoje pogodni klimatski uvjeti za uzgoj borovnice moguće je rješavanje problema neprikladnih tala uz pomoć korištenja supstrata u posudama tj. u zoni korijena biljaka (Bignami i sur. 2022.). Zbijenost i slaba prozračnost tla mogu utjecati na smanjeno raspoloživost i usvajanje pojedinih elemenata od strane korijena voćaka (Chouliaras i sur. 2004., Li i sur. 2005.).

Gnojidba

Korijenov sustav borovnice plitak je te nema korjenovih dlačica, što smanjuje površinu usvajanja vode i hranjiva, a u normalnim uvjetima u simbiozi je sa mikoriznim gljivama. Gnojiva se dodaju borovnicama fertirigacijom kroz sustave za natapanje ili folijarno, a u praksi se najčešće kombiniraju oba načina u istom nasadu. Kada i koliko kojih gnojiva će se dodavati ovisi o tehničkim i ekonomskim čimbenicima (Hart i sur. 2006.).

U mnogim uzgojnim područjima dušik je najčešće, ponekad i jedino mineralno hranjivo koje se mora primijeniti u uzgoju borovnice (Hanson i Hancock, 1996.). Kod tla s visokim udjelom organske tvari biljke imaju veću opskrbu dušikom i stope gnojidbe mogu biti niže. Kada se stavljaju organski malčevi, potrebno je osigurati dodatni N, budući da mikrobi za razgradnju takvog malča koriste N (Eck et al., 1990.). Istraživanja su pokazala da pojačana gnojidba ima negativan učinak na mikorizu kod borovnice sorte 'Duke'. (Golldack i sur., 2001.). Veći broj istraživanja pokazuje kako prevelike količine mineralnih gnojiva usporavaju rast borovnice, dok povećane količine dušika mogu uzrokovati pojačan vegetativan rast i produženje vegetacije samih biljaka koje mogu nastradati pri pojavi ranih jesenskih mrazova (Akimova i sur. 2022., Tasmin i sur. 2022.). Procjena količine potrebnih gnojiva u nasadima borovnica uvelike ovisi o starosti i razvijenosti biljaka te se mijenjaju iz sezone u sezonu. Također ova količina ovisi o rodnosti te iznošenju iskorištenih hranjivih elemenata iz nasada kroz plodove te ostatke vegetativne mase kroz rezidbu.

Korijen borovnica može usvajati N u različitim oblicima, a za razliku od većine ostalih voćnih vrsta glavnina se usvaja u anorganskoj formi kao amonijski NH_4^+ (Doyle i sur., 2021.).

Ehret i sur. (2014.). istražuju primjenu dušikovih gnojiva na kvalitetu plodova borovnica. Istraživanje je pokazalo da je sa porastom količine N, u

drugo godini, došlo do smanjenja veličine ploda, dok je tvrdoća plodova narasla. Ostala kvalitativna svojstva generalno su bila nepromijenjena primjenom dušika, ali se pokazalo da primjena N utječe na povećanje ili smanjenje koncentracije antocijana u plodu. Metoda aplikacije N gnojiva katkad može utjecati na povećanje koncentracije određenih antocijana u plodu. Fertirigacijom se može povećati ukupna količina antocijana od 2. do 3. godine. Istraživanje je pokazalo da se kod 7 sorata koncentracija antocijana smanjila, a kod 3 vrste se povećala s povišenom količinom N (Ehret i sur. 2014.). Autori Yadong i sur. (2009.) tvrde da borovnica ne treba visoke količine N, P i K za razliku od ostalih višegodišnjih kultura te su njihove količine u ovoj voćnoj vrsti dosta niske. U istraživanju, plodovi borovnica grmova tretiranih sa srednjom količinom fosfora (14 g P/ biljci) imali su veću masu od onih tretiranih sa 7 ili 21 g P/biljci. Velika primjena fosfatnih gnojiva može utjecati na smanjenu raspoloživost Fe (Chouliaras i sur. 2004.).

Da bi rast i razvoj borovnice bio zadovoljavajući potrebno je obavljati folijarnu analizu lista i temeljem iste odrediti potrebnu prihranu (Tablica 2.).

Tablica 2. Zadovoljavajuće ili normalne koncentracije hranjiva u listu za američku borovnicu i jabuku (u suhoj tvari).

Table 2 Sufficient or normal foliar concentrations of nutrients for highbush blueberries and apple (dry weight basis).

Hranjivo Nutrient	Američka borovnica Highbush blueberry	Jabuka Apple
Makroelement / Macronutrient (%)		
N	1,70-2,10	2,20-2,40
P	0,08-0,40	0,13-0,33
K	0,40-0,65	1,35-1,85
Ca	0,30-0,80	1,20-2,00
Mg	0,15-0,30	0,35-0,50
S	0,12-0,20	-
Mikroelement / Micronutrient (ppm)		
B	25-70	35-50
Cu	5-20	7-12
Fe	60-200	>150
Mn	50-350	50-150
Zn	8-30	35-50

(Izvor: Hancock 2012.)

Biljni biostimulatori kao što su npr. ekstrakti morskih algi unaprjeđuju mineralni sastav tretiranih biljaka (Mešić i sur., 2022.). Oni utječu na povišenje količine sumpora, željeza, cinka, magnezija i bakra kod biljaka, a doprinose i rezistentnosti na abiotički i biotički stres (du Jardin, 2015.).

Natapanje

Borovnice imaju vrlo plitak korijen te su stoga vrlo osjetljive na sušu. U suvremenim nasadima postavljanje sustava za natapanje je stoga neophodno kako bi se osigurao nesmetan rast biljaka i zadovoljavajuća rodnost. Važna je kvaliteta vode koja će se koristiti za natapanje i ona bi trebala imati niži sadržaj soli ($EC < 0,45$) (Retamales i Hancock 2012.). Borovnice su također osjetljive na prekomjerno dodavanje vode, jer to smanjuje aktivnost korijena, povećava eroziju tla i ispiranje hranjivih tvari, a može dovesti do pojave nekih bolesti korijena (Bryla i Strik, 2007.).

Pretjerano navodnjavanje može dovesti do smanjene raspoloživosti Fe za korijen voćaka (Chouliaras i sur. 2004., Li i sur. 2005.).

Pomotehnika

Razlike u koncentracijama minerala u plodovima borovnice različitim istraživanjima pripisuju se drugačijim uvjetima uzgoja te primjeni agrotehničkih i pomotehničkih zahvata (Ekholm i sur. 2007.). Jorquera-Fontena i sur. (2014.) utvrdili su kako intenzitet rezidbe kod sorte borovnica 'Brigitta' značajno utječe na kvalitetu ploda kao i na količinu uroda.

LITERATURA

- AKIMOVA S., RADZHABOV A., ESAULKO A., SAMOSHENKOV E., NECHIPORENKO I., KAZAKOV P., VOSKOBOINIKOV Y., MATSNEVA A., ZUBKOV A., AISANOV T., (2022.): Improvement of Ex Vitro Growing Completion of Highbush Blueberry (*Vaccinium corymbosum* L.) in Containers. *Forests*. 13(10): 1550.
- BIGNAMI C, MELEGARI F, ZACCARDELLI M, PANE C, RONGA D., (2022.): Composted Solid Digestate and Vineyard Winter Prunings Partially Replace Peat in Growing Substrates for Micropropagated Highbush Blueberry in the Nursery. *Agronomy*. 12(2): 337.

- BROWN J. C., DRAPER A. D., (1980.): Differential Response of Blueberry (*Vaccinium*) Progenies to pH and Subsequent Use of Iron. *Journal of the American Society for Horticultural Science*. 105(1): 20-24.
- BRYLA D., STRIK B., (2007.): Effects of cultivar and plant spacing on the seasonal water requirements of highbush blueberry. *Journal of American Society of Horticultural Science*. 132(2): 270-277.
- BUSHWAY R. J., GANN D. M., COOK W. P., BUSHWAY A. A., (1983.): Mineral and vitamin content of lowbush blueberries (*Vaccinium angustifolium* Ait.). *Journal of Food Science*. 48(6): 1878-1878.
- CABRERA C., CARLIER E., ZAPATA L. M., (2021.): Mineral composition of blueberries (*Vaccinium corymbosum*) cultivated in the northeast region of Argentina. *Revista Iberoamericana de Tecnología Postcosecha*. 22(1).
- CASTREJÓN A.D.R., EICHHOLZ I., ROHN S., KROH L.W., HUYSKENS-KEIL S., (2008.): Phenolic profile and antioxidant activity of highbush blueberry (*Vaccinium corymbosum* L.) during fruit maturation and ripening. *Food Chemistry*. 109: 564–572.
- CHOULIARAS V., THERIOS I., MOLASSIOTIS A., DIAMANTIDIS G., (2004.): Iron chlorosis in grafted sweet orange (*Citrus sinensis* L.) plants: Physiological and biochemical responses. *Biologia Plantarum*. 48:141-144.
- CORREA-BETANZO J., ALLEN-VERCOE E., MCDONALD J., SCHROETER K., CORREDIG M., PALIYATH G., (2014.): Stability and biological activity of wild blueberry (*Vaccinium angustifolium*) polyphenols during simulated in vitro gastrointestinal digestion. *Food Chemistry*. 165: 522–531.
- DIACONEASA Z., LEOPOLD L., RUGINĂ D., AYVAZ H., SOCACIU C., (2015.): Antiproliferative and antioxidant properties of anthocyanin rich extracts from blueberry and blackcurrant juice. *International Journal of Molecular Science*. 16: 2352–2365.
- DOYLE J. W., NAMBEESAN, S. U., MALLADI A., (2021.). Physiology of Nitrogen and Calcium Nutrition in Blueberry (*Vaccinium* sp.). *Agronomy*. 11(4): 765.
- DRÓZDŹ P., ŠEŽIENĖ V., PYRZYNSKA K., (2018.): Mineral composition of wild and cultivated blueberries. *Biological trace element research*. 181(1): 173-1778.

- DU JARDIN P., (2015.): Plant biostimulants: Definition, concept, main categories and regulation, *Scientia Horticulturae*, 196, 3–14.
- ECK, P., GOUGH R.E., HALL I.V., SPIERS J.M., (1990.): Blueberry Management. In: G.J. Galletta and D.G. Himelrick. (eds.) Small Fruit Crop Management. PrenticeEnglewood Cliffs, New Jersey. p. 273-333.
- EHLENFELDT M.K., PRIOR R.L., (2001.): Oxygen radical absorbance capacity (ORAC) and phenolic and anthocyanin concentrations in fruit and leaf tissues of highbush blueberry. *Journal of Agricultural Food Chemistry*. 49: 2222–2227.
- EKHOLM P. E., HELI R., PIRJO M., HEIKKI P., JANI K., ANU H., JARKKO H., MARJA-LEENA O., (2007.): Changes in the mineral and trace element contents of cereals, fruits and vegetables in Finland. *Journal of Food Composition and Analysis* 20: 487-495.
- ERB, W.A., DRAPER A.D., SWARTZ H.J., (1991.). Combining ability for canopy growth and gas exchange of interspecific blueberries under moderate water deficit. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 116: 569–573.
- FAO (Food and Agriculture Organization of the United Nations) (2022.) Dostupno na web stranicama: <http://www.fao.org/faostat/en/> (pristupljeno 8. prosinac 2022.).
- FDA - FOOD AND DRUG ADMINISTRATION (2020.): Valor Diario y Porcentaje de Valor Diario: Cambios en las nuevas etiquetas de información nutricional y complementaria. Dostupno na web stranicama: <https://www.fda.gov/food/nutrition-education-resources-materials/new-nutrition-facts-label> (<https://www.fda.gov/media/137914/download>) (pristupljeno 8. prosinac 2022.).
- FORNEY C. F., KALT W., JORDAN M. A., VINQVIST-TYMCHUCK M. R., FILLMORE S. A., (2012.): Blueberry and cranberry fruit composition during development. *Journal of Berry Research*, 2(3), 169-177.
- GIACALONE M., DI SACCO F., TRAUPE I., PAGNUCCI N., FORFORI F., GIUNTA, F., (2015). Blueberry polyphenols and neuroprotection. In: *Bioactive Nutraceuticals and Dietary Supplements in Neurological and Brain Disease* (Preedy, R.R.W.R., Ed.). Academic Press: San Diego, CA, USA. 17–28.

- GOLLDACK, J., P. SCHUBERT, M. TAUSCHKE, H. SCHWARZEL, G. HOFFLICH, P. LENTZSCH, AND B. MUNZENBERGER., (2001.): Mycorrhization and plant growth of highbush blueberry (*Vaccinium corymbosum* L.) on arable land in Germany. Proceedings of the 3rd International Conference on Mycorrhiza. July 2001. Adelaide, Australia.
- GOLOVINSKAIA O, WANG C-K., (2021.): Review of Functional and Pharmacological Activities of Berries. *Molecules*. 26(13): 3904.
- GU L., KELM M., HAMMERSTONE J.F., BEECHER G., CUNNINGHAM D., VANNOZZI S., PRIOR R.L., (2002.): Fractionation of polymeric procyanidins from lowbush blueberry and quantification of procyanidins in selected foods with an optimized normal-phase HPLC–MS fluorescent detection method. *Journal of Agricultural Food Chemistry*. 50: 4852–4860.
- HANCOCK I.F., DRAPER A.D., (1989.): Blueberry culture in North America. *HortScience* 24:551-556.
- HANSON E.J., HANCOCK J.B., (1996.): Managing the nutrition of highbush blueberries. Mich. St. Univ. Ext. Bul. Publ. E-2011
- HART J., STRIK B., WHITE L., YANG W., (2006.): Nutrient Management for Blueberries in Oregon. Publication No. EM 8918. Oregon State University Extension Service, Corvallis, Oregon.
- HOWARD L., HAGAR T., (2007.): Berry fruit phytochemicals. In *Berry Fruit: Value Added Products for Health Promotion* (Zhao Y., Ed.). CRC Press: Boca Raton, Florida, USA. 73–105.
- HWANG S.J., YOON W.B., LEE O.H., CHA S.J., KIM J.D., (2014.): Radical-scavenging-kinked antioxidant activities of extracts from black chokeberry and blueberry cultivated in Korea. *Food Chemistry*. 146:71–77.
- JORQUERA-FONTENA E., ALBERDI M., FRANCK N., (2014.): Pruning severity affects yield, fruit load and fruit and leaf traits of ‘Brigitta’ blueberry. *Journal of Soil Science and Plant Nutrition*. 14:855-868.
- KARLSONS A., OSVALDE A., CEKSTERE G., PORMALE J., (2018.). Research on the mineral composition of cultivated and wild blueberries and cranberries. *Agronomy Research* 16:454-463.
- KAZEMI M., (2014.): Influence of foliar application of iron, calcium and zinc sulfate on vegetative growth and reproductive characteristics of Strawberry cv. ‘Pajaro’. *Trakia Journal of Sciences*. 12(1): 21-26.

- KOLE C., (2011.): Wild crop relatives: genomic and breeding resources: millets and grasses. Heidelberg (Ed.): Springer. 15-30.
- LI L., ZHANG J., WANG Y., XING W., ZHU A., (2005). Effects of soil properties and depth on fruit tree chlorosis in the loess region in northern China. *Communications in Soil Science Plant Analysis*. 36: 1129–1140.
- MAAS J.L., GALLETTA G.J., STONER G.D., (1991.): Ellagic acid, an anticarcinogen in fruits, especially in strawberries: a review. *Horticultural Science*. 26: 10-14.
- MAZZA G., MINIATI, E., (1993.): Anthocyanins in Fruits, Vegetables and Grains; CRS Press: Boca Raton, Florida, USA.
- MEŠIĆ A., PAJAČ ŽIVKOVIĆ I., VOURKA A., ŽIDOVEC V., DURALIJA B., (2022.): Uloga biostimulatora u smanjenju stresa biljaka. *Glasnik Zaštite Bilja*. 45(3): 38-42.
- MOYER R.A., HUMMER K.E., FINN C.E, FREI B., WROLSTAD R.E., (2002.): Anthocyanins, phenolics, and antioxidant capacity in diverse small fruits: *Vaccinium*, *rubus*, and *ribes*. *Journal of Agricultural Food Chemistry*. 50: 519–52.
- MICHALSKA A., ŁYSIAK G., (2015.): Bioactive compounds of blueberries: post-harvest factors influencing the nutritional value of products. *International journal of molecular sciences*. 16(8): 18642-18663.
- NILE S.H., PARK S.W., (2014.): Edible berries: bioactive components and their effect on human health. *Nutrition*. 30: 134–144.
- NORBERTO S., SILVA S., MEIRELES M., FARIA A., PINTADO M., CALHAU C., (2013). Blueberry anthocyanins in health promotion: A metabolic overview. *Journal of Functional*
- PRANGE, R.K., DEELL, J.R., (1997.): Preharvest factors affecting postharvest quality of berry crops. *HortScience* 32, 824–830.
- PRITTS M.P., HANCOCK J.F., (1992.): Highbush blueberry production guide (Bernadine Strik, Dana Celantano, eds). Northeast Regional Agricultural Engineering Service, Ithaca, New York.
- PRODORUTTI D., PERTOT I., GIONGO, L., GESSLER C., (2007.): Highbush blueberry: Cultivation, protection, breeding and biotechnology. *The European journal of plant science and biotechnology*. 1(1): 44-56.

- RAMASSAMY C., (2006.): Emerging role of polyphenolic compounds in the treatment of neurodegenerative diseases: A review of their intracellular targets. *European Journal of Pharmacology*. 545: 51–64.
- RATAMALES J.B., HANCOCK J.F., (2012.): Crop production science in horticulure series; Blueberries (Jeff Atherton, Sarah Hulbert, Gwenan Spearing, Holly Beaumon eds). No:21. MPG Books Group, UK. 1-17; 177-179.
- RÍOS DE SOUZA V., PIMENTA-PEREIRA P.A., DA SILVA T.L., DE OLIVEIRA LIMA L.C., PIO R., QUEIROZ. F., (2014.): Determination of the bioactive compounds, antioxidant activity and chemical composition of Brazilian Blackberry, red raspberry, strawberry, blueberry and sweet cherry fruits. *Food Chemistry* 156: 362-368.
- ROMBOLÀ A.D., TAGLIAVINI M., (2006.): Iron nutrition of fruit tree crops. U: *Iron Nutrition in Plants and Rhizospheric Microorganisms* (L. Barton i J. Abadía). Dordrecht: Springer. 61–83.
- ROUTRAY W., ORSAT V., (2011.): Blueberries and their anthocyanins: Factors affecting biosynthesis and properties. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*.10:303–320.
- SAMAD N.B., DEBNATH T., YE M., HASNAT M.A., LIM B.Q., (2014.): In vitro antioxidant and anti-inflammatory activities of Korean blueberry (*Vaccinium corymbosum* L.) extracts. *Asian Pac J Trop Biomed* 4: 807–8153.
- SCIBISZ I., MITEK M., (2007.): Influence of freezing process and frozen storage on anthocyanin contents of highbush blueberries. *Food Science Technology and Quality*. 5: 231–238.
- SEERAM N.P., (2008.): Berry fruits: Compositional elements, biochemical activities, and the impact of their intake on human health, performance, and disease. *Journal of Agriculture and Food Chemistry*, 56: 627-9.
- TARUSCIO T.G., BARNEY D.L., EXON, J., (2004.): Content and profile of flavanoid and phenolic acid compounds in conjunction with the antioxidant capacity for a variety of northwest *Vaccinium* berries. *Journal of Agricultural Food Chemistry*. 52: 3169–3176.
- UPTON R., (2001.): Billberry fruit *Vaccinium Myritillus* L. Standards of Analysis, Quality Control, and Therapeutics. Santa Cruz, CA: American Herbal Pharmacopoeia and Therapeutic Compendium

- VANDER KLOET S.P., (1988.): The genus *Vaccinium* in North America. Pub 1828. Res Branch, Agri Canada, Canadian Government Publication Centre, Ottawa, ON, Canada.
- VELOSO A., R. DE SOUSA, SEMPITERNO C., (2020.): Mineral composition of the fruits of five quince cultivars in the Portuguese region of Alcobaça. 220 Revista de Ciências Agrárias, 43:220-230.
- WU X., KANG J., (2012.): Blueberries: Major phytochemicals and potential health effects in cardiovascular diseases. In Berries: Properties, Consumption and Nutrition; (Tuberoso C., Ed.). Nova Biomedical Books: New York, NY, USA. 83–104.
- ZADERNOWSKI R., NACZK M., NESTEROWICZ J., (2005.): Phenolic acid profiles in some small berries. Journal of Agricultural Food Chemistry. 53: 2118–2124.
- ZAFRA-STONE S., YASMIN T., BAGCHI M., CHATTERJEE A., VINSON J.A., BAGCHI, D., (2007.): Berry anthocyanins as novel antioxidants in human health and disease prevention. Molecular nutrition & food research. 51: 675–683.

Adresa autora - Author's address:

Prof. dr. sc. Boris Duralija
e-mail: bduralija@agr.hr

Nikolina Konjević

Agronomski fakultet
Zavod za voćarstvo
Svetošimunska 25
10000 Zagreb, Croatia

