

# Utjecaj cinka i željeza na rast i prirod jagode

---

Jančiković, Sven

Master's thesis / Diplomski rad

2020

Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj: **University of Zagreb, Faculty of Agriculture / Sveučilište u Zagrebu, Agronomski fakultet**

Permanent link / Trajna poveznica: <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:204:799864>

Rights / Prava: [In copyright](#)/[Zaštićeno autorskim pravom.](#)

Download date / Datum preuzimanja: **2025-03-19**



Repository / Repozitorij:

[Repository Faculty of Agriculture University of Zagreb](#)





Sveučilište u Zagrebu  
Agronomski fakultet

University of Zagreb  
Faculty of Agriculture



Diplomski studij:

Hortikultura-Voćarstvo

# **UTJECAJ CINKA I ŽELJEZA NA RAST I PRIROD JAGODE**

## **DIPLOMSKI RAD**

Sven Jančković

Mentor:

Izv.prof.dr.sc. Marko Vinceković

Zagreb, rujan, 2020.



Sveučilište u Zagrebu  
Agronomski fakultet

University of Zagreb  
Faculty of Agriculture



## **IZJAVA STUDENTA O AKADEMSKOJ ČESTITOSTI**

Ja, **Sven Jančiković**, JMBAG 0178098237, rođen 20.03.1995. u Zagrebu, izjavljujem da sam samostalno izradio diplomski rad pod naslovom:

### **UTJECAJ CINKA I ŽELJEZA NA RAST I PRIROD JAGODE**

Svojim potpisom jamčim:

- da sam jedini autor ovoga diplomskog rada;
- da su svi korišteni izvori literature, kako objavljeni tako i neobjavljeni, adekvatno citirani ili parafrazirani, te popisani u literaturi na kraju rada;
- da ovaj diplomski rad ne sadrži dijelove radova predanih na Agronomskom fakultetu ili drugim ustanovama visokog obrazovanja radi završetka sveučilišnog ili stručnog studija;
- da je elektronička verzija ovoga diplomskog rada identična tiskanoj koju je odobrio mentor;
- da sam upoznat s odredbama Etičkog kodeksa Sveučilišta u Zagrebu (Čl. 19).

U Zagrebu, dana \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_  
*Potpis studenta / studentice*



Sveučilište u Zagrebu  
Agronomski fakultet

University of Zagreb  
Faculty of Agriculture



## IZVJEŠĆE

### O OCJENI I OBRANI DIPLOMSKOG RADA

Diplomski rad studenta/ice **Sven Jančković**, JMBAG 0178098237, naslova

#### UTJECAJ CINKA I ŽELJEZA NA RAST I PRIROD JAGODE

obranjen je i ocijenjen ocjenom \_\_\_\_\_, dana \_\_\_\_\_.

Povjerenstvo:

potpisi:

- |    |                                     |        |       |
|----|-------------------------------------|--------|-------|
| 1. | izv. prof. dr. sc. Marko Vinceković | mentor | _____ |
| 2. | prof. dr. sc. Boris Duralija        | član   | _____ |
| 3. | doc. dr. sc. Luna Maslov Bandić     | član   | _____ |

## Zahvala

Ovime zahvaljujem svom mentoru, izv. prof. dr. sc. Vincekoviću, na pomoći pri izradi rada, mnoštvu korisnih savjeta i stručnoj potpori. Također zahvaljujem i svim članovima komisije, svim profesorima s kojima sam se susreo i od kojih sam učio za vrijeme školovanja na fakultetu te posebno profesoru Borisu Duraliji koji me kroz svoja predavanja zainteresirao za ovu temu. Zahvaljujem i svim djelatnicima fakulteta koji su mi svojim radom uljepšali i olakšali boravak na fakultetu. Naposljetku zahvaljujem svojoj obitelji, prijateljima i kolegama na svim riječima podrške i potpori koju su mi pružali za vrijeme studija.

## Sadržaj

1. Uvod.....	1
1.1. Cilj rada.....	2
2. Pregled literature .....	3
2.1. Vrtna jagoda ( <i>Fragaria x ananassa</i> Duch.) .....	3
2.1.1. Uzgoj.....	5
3. Uloga mikronutrijenata u uzgoju vrtne jagode .....	10
3.1. Utjecaj Fe na rast, razvoj i prirod vrtne jagode.....	12
3.1.1. Esencijalnost i simptomi nedostatka Fe.....	17
4. Učinak kombinacije mikronutrijenata na rast, razvoj i kvalitetu vrtne jagode .....	25
4.1. Akumulacija hranjivih sastojaka tijekom uzgoja vrtne jagode.....	27
5. Zaključak.....	29
6. Popis literature .....	30
Životopis .....	34

# Sažetak

Diplomskog rada studenta **Svena Jančkovića**, naslova

## **UTJECAJ CINKA I ŽELJEZA NA RAST I PRIROD JAGODE**

Vrtna jagoda (*Fragaria x ananassa*) je široko uzgajana hibridna vrsta roda *Fragaria*. Moderna kultivirana jagoda uzgaja se zbog svojih plodova koji su među najukusnijim i najpopularnijim među voćem. Plod je široko cijenjen zbog svojih karakterističnih aroma, jarko crvene boje, sočne teksture i slatkoće. Mikronutrijenti najčešće djeluju kao katalizatori u promociji različitih organskih reakcija koje se provode unutar biljke te su zbog toga vitalni za njen rast. Sudjeluju u enzimskim sustavima i procesima fotosinteze zbog čega nedostaci tih elemenata često ograničavaju produktivnost voćnih usjeva. Cink je ključan za regulaciju sinteze proteina i održavanje aktivnosti auksina, a željezo je nužno za stvaranje klorofila i aktivaciju nekih enzima. Za idealan rast i razvoj nasada treba brinuti o cjelokupnom unosu hranjivih tvari te raditi na njihovoj ravnoteži tijekom cijele godine. Ovim radom provest će se pregled relevantne literature te usporediti i kritički sažeti dosadašnji rezultati znanstvenih istraživanja o utjecajima cinka i željeza na rast i prirod jagode. Dodatkom navedenih metala primjenom otopina cinkovog i željezovog sulfata dokazano se povećava prirod, veličina i kiselost ploda, ali i razvoj vegetativnih organa biljke. Veća koncentracija cinkovog sulfata rezultirala je produženim vijekom trajanja plodova jagode pri sobnoj temperaturi i poboljšanjem parametara njihove kvalitete. S druge strane, veća koncentracija željezovog sulfata može imati negativno djelovanje i usporiti rast, prirod i kvalitetu ploda jagoda. Odgovarajuće koncentracije pojedinih mikroelemenata potrebno je odrediti pojedinačno za svaki kultivar te na temelju rezultata provoditi prihranjivanje nasada.

**Ključne riječi:** vrtna jagoda, mikronutrijenti, cink, željezo, rast, kvaliteta

## Summary

Of the master's thesis – student **Sven Jančković**, entitled

### **INFLUENCE OF ZINC AND IRON ON STRAWBERRY GROWTH AND YIELD**

The garden strawberry (*Fragaria x ananassa*) is a widely grown hybrid species of the genus *Fragaria*. Modern cultivated strawberry is grown for its fruit and is one of the most delicious and most popular fruits. The fruit is widely valued for its aroma characteristics, bright red color, juicy texture and sweetness. Micronutrients are vital for plant growth, acting as a catalyst in promoting various organic reactions that take place within the plant. They are a part of many enzymatic systems and photosynthesis processes so their deficiencies often limit the productivity of fruit crops. Zinc is key for protein synthesis regulation and maintaining the auxin activity, iron is necessary for chlorophyll production and activation of some enzymes. To achieve ideal growth and development of fruit crops it is vital to maintain a balanced plant nutrition throughout the whole year. This paper aims to conduct a review and to compare and critically summarize all previous results of scientific research on the effects of zinc and iron on the growth and yield of strawberries. The application of zinc sulfate and ferrous sulfate increases fruit yield, size, and acidity of the fruit, as well as vegetative plant growth. The higher concentration of zinc sulfate resulted in extended fruit shelf life at room temperature and a higher quality of fruits. On the other hand, a higher concentration of ferrous sulfate had a negative effect and slowed growth, yield and quality of strawberry fruit. Adequate concentrations of individual micronutrients are necessary to implement for each cultivar and conduct the plant nutrition based on the given results.

**Keywords:** garden strawberry, micronutrients, zinc, iron, growth, quality



## 1. Uvod

Mnoštvo čimbenika utječe na zdravlje i razvoj biljke, a biljni regulatori rasta (BRR) i mikronutrijenti su jedni od njih te je njihov utjecaj definitivno vrijedan razmatranja.

Vrtna jagoda (*Fragaria x ananassa* Duch.) je najvažnija jagodasta voćna vrsta (Duralija 2015). Vrsta *Fragaria x ananassa* Duch. je nastala križanjem *Fragaria chiloensis* i *Fragaria virginiana* (Domoto i sur. 2008.). Zbog plodova koji su cijenjeni radi svoje boje, teksture, arome i okusa uzgaja se širom svijeta (Trejo-Tellez i Gomez-Merino 2014.). Diljem svijeta u 2017. proizvodnja jagode bila je rasprostranjena na 395,844 ha te je ostvaren urod od 9,223,815 tona pri čemu su najveći proizvođači Kina, SAD, Meksiko, Egipat i Turska. Tijekom 2017. godine proizvodnja jagode u Hrvatskoj odvijala se na 371 ha, a ukupno je proizvedeno 3209 t (FAOSTAT 2019.).

Zbog povećanja populacije odnosno potreba za većom količinom hrane potaknuto je povećano zanimanje za istraživanje mineralne ishrane biljaka kako bi se poboljšala učinkovitost nasada u korištenju mineralnih hranjivih tvari, gnojiva (Zaiter i sur. 1993.). Pri uzgoju jagoda vrlo važan tehnološki zahvat je gnojidba koja u ukupnim varijabilnim troškovima u uzgoju jagoda doprinosi s nešto više od 8%, odnosno na trošak gnojidbe otpada više nego na trošak sredstava za zaštitu bilja (Gluhić 2005.). Osiguravanje pravilne ishrane ključno je za postizanje visokog uroda i kvalitete plodova (Trejo-Tellez i Gomez-Merino 2014.). Zanimljivo je da je prvi zabilježeni simptom nedostatka hraniva upravo kloroza izazvana nedostatkom željeza (Vose 1982.).

Od makroelemenata jagoda najviše koristi kalij, nešto manje dušik pa fosfor (Nikolić i Milivojević 2015.). Poznato je da je jagoda kao biljka jako osjetljiva na nedostatak željeza (Kafkas i sur. 2007.; Torun i sur. 2013.) te zbog toga posebno valja voditi računa o ishrani mikronutrijentima.

Korištenje prekomjernih količina mineralnih gnojiva neizbježno dovodi do akumulacije velike količine kemikalija u nasadu koje dolaze iz gnojiva i ulaze u hranidbeni lanac, utječu na zdravlje potrošača, te imaju izuzetno negativan utjecaj na okoliš (Savci 2012.).

## **1.1. Cilj rada**

Ovim radom nastoji se kroz pregled relevantne literature i uvid u najnovija istraživanja prikazati na koji način i u kojoj mjeri cink (Zn) i željezo (Fe) utječu na uzgoj jagode. Uz saznanja da makro i mikroelementi imaju znatan utjecaj na rast svake biljke cilj ovog rada je detaljnije približiti direktan utjecaj cinka (Zn) i željeza (Fe) na rast i prirodu jagode, kakvoću i karakteristike plodova te usporediti dinamiku i opseg njihovog utjecaja sa drugim mikroelementima. Također, radom se želi ukazati na prednosti pravilne ishrane jagode u održavanju ekološke proizvodnje kroz suvremene načine uzgoja.

## 2. Pregled literature

### 2.1. Vrtna jagoda (*Fragaria x ananassa*)

Jagoda je jedno od najukusnijih, najatraktivnijih, najhranjivijih i osvježavajućih voća u svijetu te uz svoja antioksidativna svojstva, tome duguje svoju popularnost kod potrošača i svoju široku rasprostranjenost.

Moderna kultivirana vrtna jagoda (*Fragaria x ananassa* Duch.) nastala je kao hibrid dvije autohtone američke vrste *Fragaria chiloensis* i *Fragaria virginiana*. *Fragaria virginiana* vrsta je jagode autohtona za područje Sjeverne Amerike, obilatog je roda i vrlo aromatičnih no sitnih plodova. S druge strane, *Fragaria chiloensis*, autohtona vrsta iz Južne Amerike odnosno Čilea odlikuje se krupnim plodovima te je kao takva bila idealna par za križanje sa *Fragaria virginiana* i nastanak moderne vrtne jagode. *Fragaria x ananassa* je komercijalno najznačajnija vrsta među svojim genetskim srodnicima, ona je oktaploid dok je većina srodnih joj vrsta diploidna (Flachowsky i sur. 2011.). Prema sistematskoj podijeli jagoda se svrstava u rod *Fragaria* i porodicu Rosaceae. Njeni su najbliži srodnici *Duchesnea* Smith i *Potentilla* L. (Perikns-Veazie 1995.). Rod *Fragaria* broji 22 različite vrste (Hummer 2008.). Jagoda je po nekim procjenama najvažnija jagodasta voćna vrsta na svijetu te se uzgaja u više od 70 zemalja svijeta (Flachowsky i sur. 2011.).

Jagoda ima jako kratko stablo, visine do 5 cm, to stablo grana se u nekoliko bočnih izbojaka koji čine krošnju jagode koja je rijetko viša od 30 cm. Zahvaljujući tako niskoj stabljici, jagoda može izdržati vrlo niske temperature kada je prekrivena snijegom. Vriježe su organ koji jagodi služi za vegetativno razmnožavanje, a razvijaju se iz aksilarnih pupova u pazušcima listova. One se formiraju od kraja ožujka do kraja listopada. Iz adventivnih pupova na nodijima vriježa razvijaju se nove biljke pri čemu se najprije sa gornje strane formira lisna rozeta, te se potom s donje strane razvijaju žilice i korijenje. Razvijanje novih biljaka preko vriježa ne primjenjuje se u proizvodnim nasadima jer iscrpljuje matične biljke i smanjuje prinos u narednoj godini pa se stoga one uklanjaju. Jagoda ima žiličast i jako razgranat korijen pri čemu je najveća masa korijena raste do dubine od 25 cm. Korijen jagode se sastoji od primarnog, sekundarnog i vlaknastog korijenja te velikog broja korijenovih dlačica koje su znatno duže nego kod drugih jagodastih voćnih vrsta. Korijen učvršćuje jagode u tlu te služi za prenošenje hranjiva i vode u nadzemni dio biljke (Nikolić i Milivojević 2015.). Razvijenost mase korijena ima osobitu važnost u prevenciji kloroze izazvane nedostatkom željeza zbog toga korijenove dlačice usvajaju željezo samo sa svojim vršnim dijelom (Clarkson i Sanderson 1978.). Korijen raste tijekom cijele vegetacijske sezone, no njegov porast najveći je u proljeće i jesen kada lišće ne koristi velike količine vode (Darrow 1966.; Burmistrov 1985.).

Listovi jagode raspoređeni su spiralno i svaki se list razvija iz posebnog nodija. Kut divergencije između susjednih listova iznosi 144° pa se svaki šesti list nalazi iznad prvog. Zbog takvog

rasporeda listova jagoda može optimalno koristiti svjetlost. Jagoda ima složen list koji se sastoji od tri liske, rjeđe se pojavljuju listovi s četiri ili pet liski (Slika 2.1.1.).



Slika 2.1.1. Vrtna jagoda (*Fragaria ananassa*)

izvor: <https://www.pinterest.com/pin/514114113682378547/>

Jagoda kod većine značajnih sorti ima dvospolan cvijet koji se sastoji od 10 do 15 lapova, 5 do 10 latica, 20 do 30 prašnika te 520 do 580 tučaka. U idealnim uvjetima cvat jagode sastoji se od jednog primarnog, dva sekundarna, četiri tercijarna i osam kvartarnih cvjetova te sukladno tome veličina plodova opada od primarnog prema kvartarnim plodovima. Po jednoj biljci obično se razvija 5 do 10 cvatova. Cvatnja traje 20 do 30 dana te cvatnja pojedinog cvijeta traje 4 do 6 dana (Nikolić i Milivojević 2015.). Prvi s cvatnjom započinju primarni cvjetovi te se iz njih razvijaju najkrupniji i najkvalitetniji plodovi. Sekundarni plodovi u prosjeku imaju krupnoću od 80%, tercijarni 47%, dok kvartarni plodovi imaju krupnoću od 32 % u odnosu na primarne (Darrow 1996.). Nedavna istraživanja pokazala su jasnu i značajnu poveznicu između konzumacije voća i povrća i ljudskog zdravlja, odražava se na smanjenje stope oboljenja od srčanih bolesti, karcinoma i drugih degenerativnih bolesti te i na starenje organizma (Dillard i German 2000.). Imavši to na umu, jagoda kao jedna od najpopularnijih i najviše konzumiranih voćnih vrsta u svijetu još više dobiva na važnosti te je njen uzgoj sve značajniji.

U pregledanim radovima, istraživanja su rađena na nekoliko različitih sorata jagode. Sorta 'Chandler' uzgojena je 1983. godine u Kaliforniji. Odlikuje se izrazitom bujnošću te brzim rastom i razvojem grmova. Vrlo produktivna sorta, kasno cvate. Plodovi su srednje veličine, stožastog oblika i crvene svjetlucave površine. Jagode sorte 'Elsanta' prvi su put uzgojene u Nizozemskoj. Brzo razvijaju bujne grmove i daju vrlo dobar prirod. Plodovi su stožasto-okruglastog pravilnog oblika sa sjajno crvenom površinom. 'Pajaro' je poznata američka sorta slabe bujnosti grmova, ali dobrog priroda. Plod je velik, pravilnog stožastog oblika i jednolično sjajne crvene površine (Miloš 1997.).

### 2.1.1. Uzgoj

Uslijed nove osviještenosti potrošača o nutritivnim vrijednostima voća, povećana je i potrošnja jagoda a time i potreba za njihovom proizvodnjom. Mnogi autori uspoređuju kakvoću plodova jagode s obzirom na sustav uzgoja. Na samu kakvoću ploda jagode utječu mnogi čimbenici kao npr. odabir sortimenta, tehnologija odnosno sustav uzgoja, dinamika berbe, izbor malča, temperatura i vlaga zraka u vrijeme dozrijevanja, fertirigacija, te zaštita od bolesti i štetnika. Ovisno o sustavu uzgoja ovi čimbenici utječu više ili manje na kakvoću ploda gdje je u uzgoju na otvorenom polju ona ovisna o pedološkim i klimatskim prilikama dok je u uzgoju u plastičnim tunelima i hidroponu ta ovisnost smanjena. U tim sustavima neki se parametri mogu bolje kontrolirati nego u sustavu proizvodnje na otvorenom polju, te držati u željenim granicama optimuma, kao npr. vodni režim, sunčevo osvjetljenje, temperatura, opskrbljenost tla i biljke svim potrebnim hranjivima itd. (Sturm i sur. 2003.)

Jagodu je moguće uzgajati na velik broj različitih načina, no svi oni se mogu svesti na dva osnovna: uzgoj na otvorenom polju i uzgoj u zaštićenom prostoru (Mratinić 2018.).

Kod uzgoja jagode na otvorenom polju razlikujemo uzgoj bez plastičnih folija, uzgoj sa plastičnim folijama, jednoredni način uzgoja, dvoredni način uzgoja, višeredni način uzgoja i uzgoj na povišenim gredicama. Razmak između redova i biljaka odnosno gustoća sklopa uzgoja varira ovisno o tipu uzgoja no najčešće je 25 – 30 cm x 80 – 100 cm za jednoredni tip uzgoja, 35 – 40 cm x 30 – 60 cm kod dvorednog i višerednog, povišene gredece odnosno humci se podižu na visinu od 15 cm. Broj sadnica kreće se od 30 000 do 80 000 biljaka po hektaru. Jagodi je potrebno relativno puno vode, i to za razvoj grma, vriježa i plodova. Najviše vode traže od srpnja do kolovoza, a zbog klimatskih uvjeta u Hrvatskoj baš ti mjeseci često oskudijevaju oborinama. Točna potreba jagode za vodom nije poznata, ali orijentacijski, tlo nasada uvijek mora imati dosta vlage u sloju do 30 cm dubine. Umjereni nedostatak vode uzrokuje obamiranje, jači uvenuće grmova. Navodnjavanje nasada jagode može se vršiti kanalima, kišenjem i kapanjem tj. sustavom „kap-po-kap“. U svim razdobljima razvoja, jagoda mora imati dostatno hraniva u lako pristupačnom obliku. To je najlakše ostvariti u redovito obrađivanom tlu bogatom humusom i hranjivim elementima. Prije sadnje u sustavu uzgoja na otvorenom obavezno je obaviti meliorativnu gnojidbu i prihranu tokom vegetacijskog ciklusa UREA-om ili KAN-om te u rodnom nasadu održavati razinu hraniva na srednje bogatom tlu na razini oko 120 kg/ha dušika, 100 kg/ha fosfora i 150 kg/ha kalija. Jagodu napadaju mnogi kukci, veliki broj parazitskih izazivača bolesti, nematode, virusi, glodavci i puževi. Kako svi oni nisu podjednako opasni i štetni za proizvodnju jagoda, u zaštiti se vodi računa samo o najčešćim i najštetnijim koji se pojavljuju svake godine. Kao glavna kurativna metoda zaštite primjenjuje se prskanje različitim pesticidima ovisno o vrsti nametnika, fungicidima i ostalim preparatima, a kao glavne preventivne mjere zaštite nameću se odabir povoljnih položaja, odabir povoljnog tla za uzgoj te sadnja zdravog „virus-free“ sadnog materijala (Miloš 1997.).



Slika 2.1.1.1. Uzgoj jagoda sa plastičnom folijom

izvor: [https://gospodarski.hr/Multimedia/Pictures/2018/Prilog/Isplativ\\_uzgoj\\_jagoda\\_3.jpg](https://gospodarski.hr/Multimedia/Pictures/2018/Prilog/Isplativ_uzgoj_jagoda_3.jpg) - pristup:  
11.9.2020.

Što se tiče proizvodnje jagoda u zaštićenim prostorima za opskrbu tržišta svježim voćem zastupljen je tip uzgoja u plastičnim tunelima, platenicima i staklenicima. Plastični tuneli pokrivaju jedan, dva ili tri reda odnosno trake i sastavni su dio nasada. Debljina prozirne folije koja čini tunel je 0,07 – 0,1 mm. Armatura je od izolirane žice i elastičnih drvenih ili plastičnih šipki. Radi opsluživanja tuneli ne bi smjeli biti duži od 70 m, a najbolji su od 25 do 50 m. Visoki su 0,5 do 1,7 m. u plastičnim tunelima preporučljivo je tlo malčirati crnom plastičnom trakom debljine od 0,05 do 0,07 mm. Svrha je dobivanje ranijih, kvalitetnijih i čistih plodova. To je oblik nasada zatvorenog tipa koji je najlakše podići i održavati (Miloš 1997.).

U novije vrijeme sve se više širi sustav uzgoja jagode izvan tla odnosno hidroponski uzgoj. Ovaj sustav se najčešće primjenjuje u platenicima (Miloš 1997.). Hidroponski uzgoj podrazumijeva uzgoj u zaštićenom prostoru na posebnom supstratu, uz precizno doziranje potrebnih hranjiva i vode u skladu s fenofazom biljke i uvjetima uzgoja (Mekovec 2008.).

Hidroponskim uzgojem omogućena je berba plodova jagode tijekom cijele godine što omogućuje kontinuirani plasman na tržište s obzirom da je takav tip uzgoja neovisan o vanjskim prilikama. Ovaj tip proizvodnje bazira se na biološkom uzgoju bez pesticida pa stoga ne čudi što je diljem svijeta sve interesantniji i intenzivno se širi (Puljko 2005.).

U hidroponskoj proizvodnji jagoda uzgoj se bazira na korištenju umjetnog supstrata, za razliku od klasične proizvodnje gdje se korijen biljke nalazi u tlu. Biljke su obično na povišenom položaju čime se omogućuje bolje osvjetljenje, a time je i manja opasnost od širenja bolesti i štetnika iz tla. Tako se izbjegava upotreba različitih pesticida. Osnovni tipovi uzgoja u hidroponima su viseći sustav uzgoja, uzgoj na konstrukciji i uzgoj na tlu. Najpovoljnije visine uzgoja su od 1,0 do 1,5 m iznad tla. Najčešće korišteni materijali u supstratu su: treset, perlit, kamena vuna, polistiren, vlakna kokosovog oraha, gline i sl. Biljke se sade u plastične lončice ili vreće (Nikolić i Milivojević, 2010.). Prema Parađiković i Kraljičak (2008.) uzgoj biljaka u velikim hidroponskim sustavima nadziran je automatskim uređajima za analizu i prilagođavanje koncentracije hranjivih elemenata, pH, uvođenje kisika u otopinu (prozračivanje) te je većina hidropona smještena u zaštićene prostore u kojima je nadzor temperature, svjetlosti, vlažnosti zraka i razine CO<sub>2</sub> potpuno automatiziran i kontroliran. Na ovaj način može se brati više puta u sezoni jer je ovo najintenzivniji oblik proizvodnje.



Slika 2.1.1.2. Hidroponski uzgoj jagoda

izvor: <http://g03.s.alicdn.com/kf/HTB1eluMKpXXXXXyXXXXq6xXFXXXO/hydroponic-strawberry-for-gutter.jpg> - pristup: 11.9.2020.

Svjetlost je neophodna za odvijanje procesa fotosinteze biljaka. Razlikujemo više sistema za osvjetljavanje. Postoje posebne fotosintetske svjetiljke koje su prilično skupe, a omogućavaju fotosintezu kada su dani kratki ili kada je duže vrijeme oblačno. Obično se koriste one jačine 400W. Osim fotosintetskih svjetiljki koriste se i drugi tipovi svjetiljki, koje imaju drugu namjenu. Tako postoje i lampe za skraćivanje perioda mirovanja (dormantnosti) (Bašić, 2015.).

Navodnjavanje se najčešće primjenjuje crijevima i mikrocvjećicama, sustav može biti umetnuti i kazetni, vanjski i unutarnji, s i bez otjecanja (Rukavina 2005.; Wilson 1997.). Fertirigacija se obavlja najčešće pomoću injektora - cvjećica koje dovode hranjivu otopinu (koja je prethodno izmiješana u postrojenju) do svake vreće u jednakoj količini.

Prozračivanje se uglavnom obavlja otvaranjem bočnih stranica konstrukcije. CO<sub>2</sub> se dodaje u ranoproljetnom i kasno jesenskom periodu uzgoja, u količini od 350-900 ppm. Dodavanjem CO<sub>2</sub> ukupan prinos se može povećati za 6-10%, a povećava se i udio topljive suhe tvari i ukupnih kiselina u plodu (Bašić 2015.).

Temperatura ne bi smjela prijeći 24°C. Više temperature mogu negativno utjecati na oprašivanje cvjetova, veličinu plodova jagode i na sam urod (Bašić 2015.).

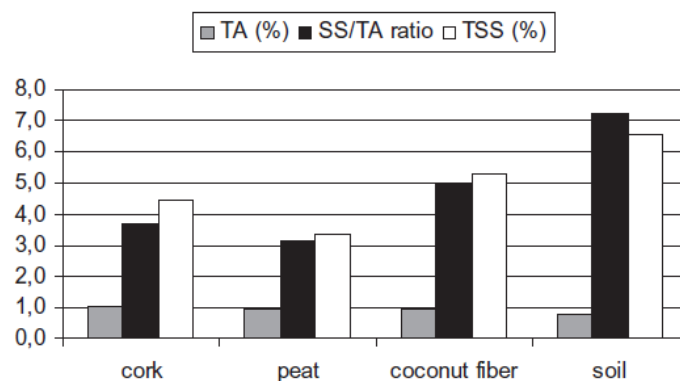
Prema Mekovec (2008.) hidroponski uzgojena jagoda postiže dobru kvalitetu ploda. Manja vrijednost odnosa suhe topive tvari i ukupnih kiselina, te nešto svjetlija nijansa boje hidroponski uzgojenih plodova može se povezati s kraćim danom tijekom kasne jeseni i manjim intenzitetom prirodnog svjetla u periodu dozrijevanja plodova. U svakom slučaju hidroponski uzgoj jagoda je vrlo važna karika u lancu cjelogodišnje ponude jagoda na tržištu.

Velika prednost hidroponskog uzgoja je ta što omogućava uzgoj na površinama na kojima nije bilo uvjeta za uzgoj, s neplodnim tlima ili bez tla, a površina za uzgoj je maksimalno iskorištena. Takav tip uzgoja također omogućuje visok intenzitet proizvodnje i veći prinos po jedinici površine, te manju potrošnju vode, hranjiva i zaštitnih sredstava (Čoga 2014.). Plodovi uzgajani hidroponski su kvalitetni i zdravi, bogati mineralnim tvarima i C vitaminom s manjim udjelom teških metala. Razvijeniji su korijen i nadzemni dio biljke pa se javlja veća ranozrelost voća te je zbog bolje aktivnosti korijena smanjena pojava stresa kod biljke. Kod uzgoja monokulture nema potrebe za plodoredom, upotrebljavaju se sterilne podloge pa nema rizika od korova, a rizik od patogena je zanemariv. Smanjuje se onečišćenje okoliša, a korištenjem zatvorenih hidroponskih sustava čuvaju se i podzemne vode te se eliminiraju ograničavajući čimbenici okoliša (Jug 2016.). Potražnja za hidroponskim uzgojem voća sve je veća zbog smanjenog fizičkog rada, manje potrebom za radom pri obradi, kultiviranju i dezinfekciji (Parađković i Kraljićak, 2008.).

Glavni nedostaci hidroponskog uzgoja su visoki inicijalni troškovi za pokretanje sustava, te činjenica da se primjenjuje sofisticirana tehnologija koja traži educirane osobe za upravljanje cijelim sustavom. To uključuje pripremu i transport hranjive otopine do biljke te odgovarajuću zaštitu, osvjetljenje i prozračivanje. (Čoga, 2014).

Recamales i sur. (2007.) proveli su u zapadnoj Španjolskoj istraživanje u kojem su promatrane glavne nutritivne karakteristike plodova jagode sorte 'Camarosa' uzgajanih na otvorenim i zatvorenim hidroponskim sustavima usporedno sa tradicionalnim dvorednim načinom uzgoja u visokim tunelima. Korišteni su organski supstrati: treset, kompostirano pluto, i kokosova vlakna. Rezultati su prikazani u **Grafu 2.1.1.1**. Mjereni parametri plodova su: udio pepela, udio vode, kiselost, pH, udio škroba, reducirani šećeri, topljiva suha tvar i minerali (Ca, K, Na, Mg, P, N, Cu, Fe, Zn, Mn).





**Graf 2.1.1.1.** ukupna kiselost (TA), topljiva suha tvar (TSS) i omjer šećera i kiselina (SS/TA) plodova jagode (cv. 'Camarosa') iz uzgoja na tlu i u supstratima bez tla  
izvor: Recamales i sur. 2013.

Rezultati istraživanja indiciraju da postoji razlika u kemijsko-fizikalnim karakteristikama i mineralnom sastavu plodova s obzirom na način uzgoja. Plodovi uzgajani na tlu u dvorednom sustavu u visokim tunelima uz preporučenu prihranu mineralnim gnojivima imaju veću pH vrijednost, TSS, SS, SS/TA vrijednosti nego plodovi uzgajani u sustavima bez tla.

Sadržaj minerala u plodovima nije bio značajno različit između pojedinih sustava uzgoja, jedino odstupanje vidljivo je za N i P.

Jagode uzgajane u zatvorenom sustavu na supstratu s kokosovim vlaknima pokazuju najmanje odstupanje u svim mjerenim parametrima, od jagoda uzgajanih na tlu pa se prema tome može zaključiti da je supstrat od kokosovih vlakana najprikladniji za uzgoj jagoda bez tla. Hidroponski uzgoj bez tla predstavlja i ekološko rješenje za kontrolu štetnika iz tla jer su značajno smanjenje potrebe za tretiranje zaštitnim sredstvima.

U dvogodišnjem istraživanju Družić i sur. (2006.) provedenom u okolici Zagreba uspoređivane su karakteristike plodova jagode sorte 'Elsanta' obzirom na sustav uzgoja. Korišteni sustavi uzgoja bili su: uzgoj na otvorenom tlu, uzgoj u plastičnim tunelima i hidroponski uzgoj. Na osnovi dobivenih rezultata ustvrdili su kako su svi sustavi uzgoja dali plodove zadovoljavajuće kakvoće, no ipak najbolju kakvoću na osnovi fizikalno-kemijskih parametara postigli su plodovi uzgajani u plasteniku. Najslabije rezultate postigli su plodovi uzgajani u hidroponskom sustavu uzgoja. Najbolje fizikalno – kemijske parametre imali su plodovi uzgojeni u plasteničkom načinu uzgoja, dok su vrijednosti za osnovni kemijski sastav plodova uzgajanih na polju bili odmah iza plodova uzgajanih u plasteničkom načinu uzgoja.

### 3. Uloga mikronutrijenata u uzgoju vrtne jagode

Iz mnogih različitih istraživanja je zaključeno da mikronutrijenti i ostali biljni regulatori rasta imaju značajan utjecaj na rast i razvoj jagode te stoga mogu biti iskoristivi u ekološkoj i održivoj proizvodnji voća uz smanjeni udio korištenja kemijskih mineralnih gnojiva. Biljne vrste razlikuju se u svojoj potrebi pojedinih hranjivih tvari pa je optimalnu količinu i kombinaciju istih nužno određivati pojedinačno za svaki kultivar (Nestby i sur. 2005.). Prethodnih desetljeća važnost tretiranja nasada nutritivnim otopinama bila je značajno manja obzirom da je većina elemenata bila prirodno prisutna u tlu i dostupna biljci. Danas, uslijed sve intenzivnije kulture, korištenja gnojiva neuravnoteženog sastava te povećanja slanosti i pH vrijednosti tla, mikronutrijenti iz tla više nisu u dovoljnoj mjeri dostupni za unos i opskrbu biljke (Sudha i sur. 2018.; Suman i sur. 2017.).

Ljudsko zdravlje u potpunosti je ovisno o hranjivim sastojcima iz biljaka koje direktno ili indirektno, hraneći se biljojedima, svakodnevno unosimo u tijelo. Elementi potrebni i sadržani u biljci sudjeluju u proizvodnji velikog broja vitamina, minerala i brojnih drugih fitokemikalija koje nam osiguravaju neometan tijek metabolizma (Della Penna 1999.). Mikronutrijenti su hranjive tvari potrebne organizmu u malim količinama, a za biljke su najznačajniji bor, željezo, bakar, cink, magnezij, mangan i molibden. Navedeni elementi u konačnici su jednako važni za rast, prinos i kvalitetu biljke kao i makronutrijenti jer upravo odgovarajućom integracijom obaju možemo najlakše kontrolirati rast i kvalitetu voćnih nasada (Suman i sur. 2017.).

Ovisno o proizvodnom sustavu, dostupnost nutrijenata u supstratu je znatno drugačija. Ukupna slika unosa hranjivih tvari jagode dobiva se praćenjem unosa nutrijenata između kraja berbe i novog rasta tj. početka nove sezone. Taj period u životu biljke uključuje važne procese koji se odvijaju u jesen ili tijekom umjetno smanjenog trajanja dana, kao što su inicijacija i razvoj cvijeta, strukturalne promjene u staničnoj stijenci i plazmatskim membranama te akumulacija nutritivnih rezervi kao priprema za potencijalne okolišne stresove (Nestby i sur. 2005.). Očito je, prema tome, da mikronutrijenti sudjeluju u svim metaboličkim i staničnim procesima, najčešće kao enzimi i katalizatori brojnih reakcija koje posljedično promiču vegetativan rast, cvjetanje te broj i sastav plodova voćnih nasada (Suman i sur. 2017.). Njihov nedostatak često ograničava prinos i razvoj plodova zbog čega se koriste brojne metode kako bi se odredile i osigurale optimalne koncentracije esencijalnih tvari za pojedini kultivar (Sudha i sur. 2018.; Nestby i sur. 2005.).

Za tretiranje biljnim nutritivnim otopinama najčešće se koristi folijarna metoda zbog dobre učinkovitosti i brzog djelovanja te mogućnosti planiranja tretmana nakon sadnje. Na taj je način moguće korigirati koncentracije pojedinih elemenata koji su u nedostatku prije nego njihov manjak počne osjetno utjecati na pad prinosa ili kvalitete plodova. U odnosu na tretiranje kroz tlo, folijarnim nanošenjem hranjive otopine smanjuje se i rizik rasipanja mikronutrijenata ili njihove fiksacije u tlu (Suman i sur. 2017.). Istraživanja Kazemi (2014.) pokazala su kako je upravo sadržaj mikronutrijenata u listu presudan za bolje zametanje plodova, produktivnost i kvalitetu prinosa jagode (Kazemi 2014.).

### 3.1. Utjecaj Fe na rast, razvoj i prirod vrtne jagode

Željezo je metal srebrnkastog sjaja te je jedan od tehnički najvažnijih materijala zbog mogućnosti široke primjene i dostupnosti. Pretpostavlja se da je na Zemlju došlo pomoću meteorita, a prvi zapisi o njegovom korištenju stari su otprilike 4000 godina. Na zraku nije stabilno pa njegova površina, nakon određenog vremena, postane prekrivena slojem hrđe – hidratiziranog željezovog oksida. Željezo čini 5% svake tone Zemljine kore, a godišnje ga se proizvede preko milijardu tona (Filipović i Lipanović 1973.). Nadalje, brojne biomolekule vežu ili ugrađuju željezo u svoju strukturu pa je tako ono centar funkcije i strukture hemoglobina, najpoznatijeg krvnog pigmenta. Svaki dan prehranom unesemo 1 mg željeza, a u tijelu muškaraca ima ga tri puta više nego kod žena (Miller 2013.).

Podrijetlo željeza u tlu vezano je za mnogobrojne primarne i sekundarne minerale. U procesima njihova raspadanja dolazi do oslobađanja željeza, a ono u kiselim tlima vrlo brzo iznova gradi sekundarne minerale. Svježe istaloženi minerali željeza su u vidu amorfnih koloida pristupačnih za ishranu bilja. Rezerve u tlu su najvećim dijelom anorganske prirode, a ukupni sadržaj željeza obično je između 0,5 - 4,0% (Vukadinović i Vukadinović 2011.).

U tablicama koje slijede, žuto su naglašene maksimalne vrijednosti usporedivih parametara. To se odnosi uglavnom na tretiranje nutritivnim otopinama pojedinih spojeva dok će se utjecaj kombinacije nutrijenata promatrati odvojeno.

U biljnim organizmima, željezo je nužno za osnovne metaboličke funkcije biljke, koenzim je za otprilike 140 različitih enzima koji kataliziraju jedinstvene biokemijske reakcije (sinteza klorofila i tilakoida, razvoj kloroplasta) te je potreban za niz koraka u biosintetskim procesima (Kazemi 2014.). Zbog navedenog, optimalna koncentracija željeza povećava produktivnost fotosinteze što se očituje u stvaranju većih količina šećera, a time i povećanja udjela ukupno topljivih krutina odnosno šećernih spojeva u soku ploda (Suman i sur. 2017.).

Porastom kiselosti i uz prisutnost fosfora nastaju vrlo teško pristupačni fosfati željeza, dok se u lužnatoj sredini željezo nalazi u obliku teško topljivih oksida. Stoga kalcizacija i fosfatizacija kiselih tala može znatno smanjiti raspoloživost željeza (Vukadinović i Vukadinović 2011.).

U četirima znanstvenim istraživanjima stranih autora o utjecaju željeza na karakteristike rasta i razvoja ploda vrtne jagode korištena je otopina željezovog (II) sulfata u tri varijacije čistoće (masenog udjela  $\text{FeSO}_4$  u otopini) ili koncentracije. Ekka i sur. (2018.) za tretiranje odabrali su 0,2% i 0,4% otopine željeza. Kultivar 'Chandler' odabran je kao ispitivani uzorak tri od pet puta, kada su u središtu promatranja bili kultivari 'Pajaro' i 'Elsanta'. Sva tri kultivara veoma su komercijalno popularna te imaju slična vizualna obilježja kvalitete u obliku velikih sočnih plodova jarko crvene boje i pravilnog oblika.

Istraživanje koje su proveli Sudha i sur. 2018.-te godine mjeri utjecaj željeza na prirod, ukupno otopljene krutine, udio šećera u plodu, titratibilne kiseline, pH vrijednost, koncentraciju vitamina C i vijek trajanja ploda jagode cv. 'Chandler'. Rezultati pokazuju kako je 0,2%-tna otopina FeSO<sub>4</sub> dala najbolje rezultate u usporedbi s istovrsnim otopinama većih koncentracija te jednaka tri udjela otopina bora i ZnSO<sub>4</sub>. Ipak, bolje vrijednosti odabranih parametara postigle su se s većim koncentracijama cinkovog sulfata. Zanimljivo je i kako je 0,6%-tna otopina FeSO<sub>4</sub> dala daleko najlošije vrijednosti, bližeći se postupno vrijednostima kontrolnog netretiranog uzorka, a u slučaju ukupnog udjela kiselina i lošije od kontrole (Sudha i sur. 2018.). Sažeti rezultati mogu se očitati u **Tablici 3.1.1**. Originalno su parametri ukupno otopljenih krutina, udjela šećera i kiselina, pH vrijednosti i količine vitamina C mjereni tri puta, odnosno treći, peti i sedmi dan od ubiranja ploda. Zbog lakše preglednosti i usporedbe, izračunat je prosjek triju vrijednosti zaokružen na dva decimalna mjesta.

**Tablica 3.1.1.** Fizikalno-kemijska obilježja ploda vrtne jagode tretirane otopinama FeSO<sub>4</sub> različite koncentracije

	prirod (g)	TSS (°Brix)	udio šećera (%)	ukupna kiselost (%)	pH	vitamin C	životni vijek (dani)
kontrola	467,30	7,40	7,42	1,08	3,19	49,32	1,63
FeSO <sub>4</sub> (0,2%)	808,85	8,99	8,17	0,63	3,50	50,58	2,31
FeSO <sub>4</sub> (0,4%)	841,35	9,10	8,25	0,60	3,59	50,69	2,33
FeSO <sub>4</sub> (0,6%)	582,60	7,72	7,54	0,97	3,24	49,75	1,93

izvor: Sudha i sur. 2018.

Iste udjele otopine željezovog (II) sulfata koristili su Chaturvedi i sur. (2005.), također na kultivaru 'Chandler'. Uz već poznate parametre, u svoj su znanstveni rad uključili i visinu biljke, broj listova, vriježi, cvjetova i zametnutih plodova po biljci, ukupan broj plodova te mase plodova. Vrtne jagode tretirane 0,2%-tnom otopinom FeSO<sub>4</sub> dale su najveći broj cvjetova, najviše zametnutih plodova i ukupno najviše plodova najveće mase te maksimalan sadržaj ukupno otopljenih krutina u plodu, u odnosu na biljke tretirane jednakim udjelima cinkovih otopina (Chaturvedi i sur. 2005.). Vrijednosti odabranih parametara dobivene folijarnim nanošenjem željezovih otopina vidljive su u **Tablici 3.1.2**.

**Tablica 3.1.2.** Parametri vegetativnog rasta, razvoja i kakvoće ploda za različite udjele FeSO<sub>4</sub>

Parametar	0,2% FeSO <sub>4</sub>	0,4% FeSO <sub>4</sub>	0,6% FeSO <sub>4</sub>	kontrola
<b>visina biljke (cm)</b>	18,28	17,34	15,87	15,52
<b>broj listova/biljka</b>	23,24	20,77	19,66	19,21
<b>broj vriježi/biljka</b>	1,90	1,65	1,57	1,95
<b>broj cvjetova/biljka</b>	3,33	2,78	2,67	2,22
<b>broj zametnutih plodova/biljka</b>	2,80	2,35	2,10	1,77
<b>ukupan broj plodova/biljka</b>	16,88	14,25	12,00	11,20
<b>prirod plodova/biljka (g)</b>	140,47	118,38	95,29	86,42
<b>masa plodova (g)</b>	7,98	7,90	7,40	6,85
<b>TSS (°Brix)</b>	9,42	8,96	8,74	8,70
<b>vitamin C (mg/100 g pulpe)</b>	65,94	65,74	65,53	65,52
<b>kiselost (%)</b>	0,967	0,965	0,963	0,962
<b>životni vijek (dani)</b>	2,71	2,58	2,55	2,45

izvor: Chaturvedi i sur. 2005.

Radom je također potvrđena otrovnost željezovog (II) sulfata u većim koncentracijama obzirom da se ponovno može primijetiti kako se rezultati dobiveni tretiranjem 0,6%-tnom otopinom približavaju vrijednostima kontrolnog uzorka odnosno kako značajno usporavaju rast, prinos i parametre kvalitete vrtne jagode. Parametri kvalitete ploda obuhvaćaju sadržaj askorbinske kiseline, kiselost i životni vijek ploda (Chaturvedi i sur. 2005.). Znanstveno istraživanje iz 2018. godine sličnog cilja pažnju usmjerava na vrstu nutritivne otopine, odnosno pronalazi zamjenu sulfatnim otopinama korištenjem „otopina mikronutrijenata“. Nejasno navedeno, autori rada Ekka i sur. (2018.) ne objašnjavaju postupak pripreme otopina. Pod pretpostavkom da su se pokušali simulirati uvjeti vode iz prirode, moguće je da je riječ o otopinama željezovih hidroksida odnosno željezovih dvovalentnih i trovalentnih iona. Otopine bi u tom slučaju trebale biti određenih i podešenih pH vrijednosti kako bi se osigurala dominantnost željenih specija (Hem i Cropper, 1962.). Jagode sorte 'Chandler' tretirane su, između ostalog i 0,2% te 0,4%-tnim otopinama željeza u tri puta svakih 30 dana. U odnosu na rezultate dobivene tretiranjem biljaka otopinama bakra i cinka istih udjela, dvaju otopina bora manjih koncentracija te 1%-tne otopine sva četiri mikronutrijenta, 0,4%-tna otopina željeza prouzročila je maksimalne vrijednosti u istraživanju (Ekka i sur. 2018.). Ekstremi su naglašeni i prikazani, kao i rezultati kontrolnog primjerka te otopine željeza nižeg udjela, u **Tablici 3.1.3.**

U usporedbi s prethodna dva znanstvena istraživanja ove vrste, otopina željeza bez sulfatnih iona pokazuje povoljniji utjecaj na rast i razvoj jagode i njenih plodova osobito u višim koncentracijama kada bi u sulfatnom spoju već počela izazivati otrovnost. Zanimljivo je i kako

vrtna jagoda tretirana 0,4%-tnom otopinom željeza pokazuje najbolji omjer zrelih i zametnutih plodova. Dijeljenjem ukupnog broja plodova po biljci brojem zametnutih plodova, dobivamo omjer dospjelih plodova biljke prihranjivane 0,4%-tnom željezovom otopinom u iznosu 35,57%. Otopina bakra istog masenog udjela kojom je postignut najveći broj zametnutih plodova ima omjer dospjelih plodova od 24,23%. Obzirom da je istraživanje provedeno na biljkama vrtno jagode u neposrednoj blizini, vrlo se vjerojatno mogu isključiti vanjski čimbenici kao razlog manjeg broja dospjelih plodova nego bi se uzrok trebao tražiti u nutritivnom sadržaju biljke koji osigurava njen maksimalan razvoj i prirod. Tretman željezom u kontekstu ovog rada pokazao je najveći utjecaj na visinu biljaka vrtno jagode, raširenost biljke, broj listova, duljinu peteljke, broj cvjetova i plodova po biljci te ukupan prinos plodova. Također, najviše je utjecao i na količinu topljive suhe tvari, ukupnih šećera i askorbinske kiseline u plodovima prihranjivanih vrtnih jagoda (Ekka i sur. 2018.).

**Tablica 3.1.3.** Utjecaj željezovih otopina na vegetativan rast, prirod i kvalitetu vrtno jagode cv. 'Chandler'

Parametar	0,2% Fe	0,4% Fe	kontrola
<b>visina biljke (cm)</b>	16,37	20,11	16,27
<b>raširenost biljke (cm)</b>	26,33	30,33	23,44
<b>broj listova/biljka</b>	26,33	30,33	23,44
<b>duljina peteljke (cm)</b>	12,84	16,83	12,42
<b>broj cvjetova/biljka</b>	23,86	32,34	18,46
<b>broj zametnutih plodova/biljka</b>	85,76	85,07	91,34
<b>ukupan broj plodova/biljka</b>	20,43	30,26	16,84
<b>prirod plodova/biljka (g)</b>	261,75	474,34	177,05
<b>masa plodova (g)</b>	12,81	15,67	10,51
<b>promjer primarnog ploda (cm)</b>	23,73	29,65	22,74
<b>promjer sekundarnog ploda (cm)</b>	28,36	35,85	27,15
<b>relativna gustoća</b>	1,15	1,36	1,10
<b>TSS (°Brix)</b>	8,57	8,72	7,93
<b>ukupni šećeri</b>	5,55	6,92	5,15
<b>vitamin C (mg/100 g pulpe)</b>	49,24	49,35	48,75
<b>kiselost (%)</b>	0,20	0,16	0,20
<b>pH soka ploda</b>	4,57	4,29	4,68
<b>cijena:kvaliteta</b>	1:1,45	1:2,27	1:1,11

izvor: Ekka i sur. 2018.

Otopine nekih vrsta željezovih iona korištene su i u istraživanju na kultivaru 'Pajaro' iz 2014. godine pod autorstvom M. Kazemi. Rađeni su tretmani sa otopinama cinkovog sulfata, željeza i kalcija triju različitih koncentracija. Najbolje rezultate pokazale su vrtne jagode tretirane otopinom cinkovog sulfata masene koncentracije 150 mg/L, ali plodovi tretirani otopinom željeza najveće koncentracije zaostaju vrlo malo za maksimalnim vrijednostima. Rezultati ovog rada potvrđuju kako je štetne učinke FeSO<sub>4</sub> u višim koncentracijama i udjelima moguće izbjeći korištenjem otopina vjerojatno dobivenih hidrolizom željeza, bez prisustva sulfatnih iona. Takve otopine bolje konkuriraju nutritivnim otopinama cinka te više utječu na poboljšanje rasta, razvoja i priroda vrtne jagode (Kazemi 2014.). Ipak, za veći ili jednak uspjeh potrebno je koristiti koncentriranije otopine željeza nego što je slučaj s otopinama željezovog sulfata što može biti financijski zahtjevnije. Sve vrijednosti postignute tretiranjem otopinama željeza prikazane su u Tablici 3.4.

**Tablica 3.1.4.** Utjecaj folijarnog nanošenja otopine željeza na vegetativan rast i reproduktivne karakteristike ploda vrtne jagode cv. 'Pajaro'

Parametar	250 mg Fe/L	500 mg Fe/L	1000 mg Fe/L	kontrola
<b>masa suhe tvari (g)</b>	12,8	13	16,4	8,6
<b>broj vriježi</b>	2,89	3	3,4	2,11
<b>površina lista (cm<sup>2</sup>)</b>	23,5	31	45	18,14
<b>duljina korijena (cm)</b>	17,8	20,3	30	11,36
<b>broj cvjetova</b>	10	10	15	7,2
<b>duljina cvatnje (dani)</b>	13,6	20,7	33	15,7
<b>masa primarnog ploda (g)</b>	11,83	12	18	9,11
<b>masa sekundarnog ploda (g)</b>	10,2	8,7	15,8	7
<b>broj ahenija u primarnom plodu</b>	136,5	186,7	220,5	134,1
<b>broj ahenija u sekundarnom plodu</b>	101,8	163,8	209,8	108

izvor: Kazemi 2014.

Prema Lietenu (2000.), koncentracija od 10 mikromola željeza po litri otopine je minimalna koncentracija potrebna da se ostvari prihvatljiv vegetativni i reproduktivni razvoj biljke vrtne jagode cv. 'Elsanta' uzgajane u tresetnim vrećama. Ipak, preporuča se doza od 20 mikromola Fe po litri otopine kako bi se izbjegli potencijalni rizici u padu priroda (Nestby 2005.).



### 3.1.1. Esencijalnost i simptomi nedostatka Fe

Željezo je kemijski element 8. skupine Periodnog sustava elemenata, metal srebrnkastog sjaja te je jedan od tehnički najvažnijih materijala zbog mogućnosti široke primjene i dostupnosti. Pretpostavlja se da je na Zemlju došlo pomoću meteorita, a prvi zapisi o njegovom korištenju stari su otprilike 4000 godina. Na zraku nije stabilno pa njegova površina, nakon određenog vremena, postane prekrivena slojem hrđe – hidratiziranog željezovog oksida. Željezo čini 5% svake tone Zemljine kore, a godišnje ga se proizvede preko milijardu tona (Filipović i Lipanović, 1973.). Nadalje, brojne biomolekule vežu ili ugrađuju željezo u svoju strukturu pa je tako ono centar funkcije i strukture hemoglobina, najpoznatijeg krvnog pigmenta. Svaki dan prehranom unesemo 1 mg željeza, a u tijelu muškaraca ima ga tri puta više nego kod žena (Miller 2013.).

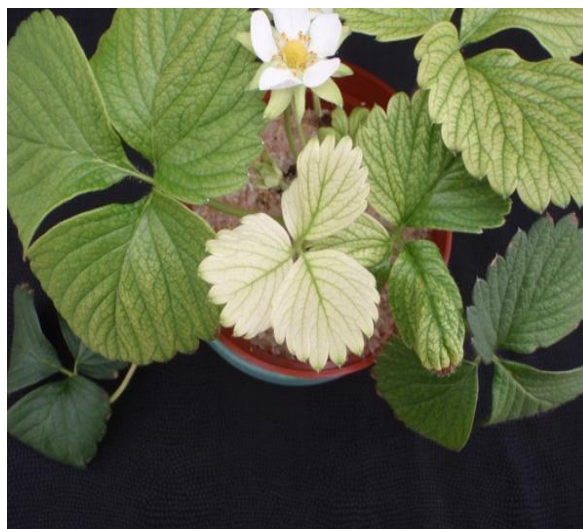
U biljnim organizmima, željezo je nužno za osnovne metaboličke funkcije biljke, koenzim je za otprilike 140 različitih enzima koji kataliziraju jedinstvene biokemijske reakcije (sinteza klorofila i tilakoida, razvoj kloroplasta) te je potreban za niz koraka u biosintetskim procesima (Kazemi 2014.). Zbog navedenog, optimalna koncentracija željeza povećava produktivnost fotosinteze što se očituje u stvaranju većih količina šećera, a time i povećanja udjela ukupno topljivih krutina odnosno šećernih spojeva u soku ploda (Suman i sur. 2017.).

Željezo u biljkama potrebno u biosintezi klorofila i aktivaciju brojnih enzima uključujući enzime za fotosintetske i respiracijske procese oksidacije i redukcije. Također, željezo pospješuje sintezu ugljikohidrata te je nužno za održavanje metaboličkih funkcija biljke (Suman i sur. 2017.). Sudjeluje u redukciji nitrata i sulfata, asimilaciji dušika i prijenosu elektrona. Polivalentnost željeza i njegova sposobnost da stvara stabilne kelatne komplekse čine ga jednim od najvažnijih biljnih mikronutrijenata (Ministarstvo poljoprivrede 2013.).

Zbog značajnog utjecaja na kvalitetu ploda biljke, željezo je ograničavajući čimbenik u agrarnoj proizvodnji. Prema istraživanju Kazemi iz 2014.-te godine, nedostatak željeza usporava rast biljke, broj biljnih stanica te njihovu veličinu i podjelu, kao i sadržaj klorofila, proteina, škroba i šećera. Uslijed nedovoljne koncentracije željeza u biljnom tkivu često dolazi do kloroze (Kazemi 2014.). Simptomi kloroze najbolje se očituju u promjeni boje najmlađih listova od svijetlo žute do žuto-zelene, kasnije limun žute ili čak bijele te pojavi nekrotičnih pjega, najprije uz rub biljke pa na interkostalnim površinama. Klorotični listovi jagode mogu se vidjeti na Slikama 3.1.1.1. i 3.1.1.2. Moguće je da samo dio biljaka na zemljištu ili čak samo pojedini listovi iste biljke budu zahvaćeni klorozom (Ministarstvo poljoprivrede 2013.).



**Slika 3.1.1.1.** Uznapredovali simptomi kloroze na listu jagode



**Slika 3.1.1.2.** Bijeli klorotičan list jagode

Izvor: <https://content.ces.ncsu.edu/strawberry-iron-fe-deficiency> -pristup: 18.8.2020.

Deficijencija željeza usporava vegetativni rast, daje prinos ispod ciljanog i lošiju kvalitetu ploda. Ovisno o okolišnim karakteristikama mijenjaju se prisutne i dostupne specije željeza. Nedostatak željeza u biljkama najčešće nije izazvan nedostatkom istog u tlu, već nedostupnošću željeza za biljku zbog previsoke pH vrijednosti kod lužnatih tala. Osjetljivost biljke na nedostatak željeza povezana je sa slabijom sposobnosti biljke da apsorbira i iskoristi uneseni esencijalan mikronutrijent (Suman i sur. 2017.).

Suvišak željeza rijetko se pojavljuje osim u vrlo kiselim, gotovo anaerobnim tlima gdje je toksično djelovanje suviška željeza moguće. Kritična granica otrovnosti za Fe je 400-1000 ppm (u prosjeku 500 ppm). Toksično djelovanje željeza najbolje se primjećuje u inhibiciji vegetacijskog rasta, plavozelenom i tamnom lišću te tamnoj boji korijena (Vukadinović i Vukadinović, 2011.).

Najčešći uzroci kloroze na vapnenačkim tlima su povećanje koncentracije hidrogenkarbonatnih i karbonatnih te nitratnih iona, kao i povećanje lužnatosti tla odnosno dodatan porast pH vrijednosti. Alkalna tla sadrže značajne koncentracije tzv. „aktivnog“ kalcija koji sprječava unos željeza u biljku, a u spoju s hidrogenkarbonatnim anionom daje kalcijev bikarbonat  $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$  koji usporava metabolizam biljke, aktivno unošenje i translokaciju željeza. Također, daljnjim povećavanjem pH vrijednosti smanjuje se i redukcija trovalentnog željezovog kationa u dvovalentni fiziološki aktivniji  $\text{Fe}^{2+}$ . Stupanj kloroze možemo saznati iz omjera koncentracije  $\text{Fe}^{2+}$  kationa i ukupne koncentracije željeza u biljci. Sama ukupna koncentracija mikroelementa nije dovoljna jer se ukupni sadržaj željeza vrlo malo razlikuje između zdrave i bolesne biljke (Ministarstvo poljoprivrede 2013.).

### 3.2. Utjecaj Zn na rast, razvoj i prirod vrtne jagode

U razmatranje je uzeto istih pet znanstvenih radova kao i u prethodnom poglavlju uz još jedno dodatno istraživanje Yadav i sur. (2017.) na kultivaru 'Winter Dawn'. U trećini istraživanja korištene su nutritivne otopine cinka, najčešće 0,2% i 0,4%. Preostali rezultati dobiveni su korištenjem otopine cinkovog sulfata u tri varijacije čistoće.

Suddha i sur. (2018.) pokazali su kako se 0,4%-tna otopina cinkovog sulfata pokazala najboljom nutritivnom otopinom pojedinačnih spojeva za rast i razvoj ploda jagode. U odnosu na otopine željezovog sulfata i bora, tretman otopinom cinkovog sulfata dao je najveće vrijednosti priroda jagode, ukupno otopljenih krutina, udjela šećera, koncentracije vitamina C i životnog vijeka plodova jagode. Dobivena je i minimalna vrijednost ukupne kiselosti, što je poželjan ekstrem u tom slučaju. S druge strane, 0,6%-tna otopina ZnSO<sub>4</sub> pokazuje značajno niže vrijednosti kvalitativnih parametara, no ipak ne odskaače toliko ekstremno od istovrsne otopine manje koncentracije kao što je to slučaj kod 0,6%-tne otopine željezovog sulfata. Eksperimentalne vrijednosti prikazane su u **Tablici 3.2.1.**

**Tablica 3.2.1.** Neka fizikalno-kemijska obilježja ploda vrtne jagode tretirane otopinom ZnSO<sub>4</sub> različite čistoće

Parametar	0,2% ZnSO <sub>4</sub>	0,4% ZnSO <sub>4</sub>	0,6% ZnSO <sub>4</sub>	kontrola
<b>prirod (g)</b>	606,75	908,15	727,70	467,30
<b>TSS (° Brix)</b>	7,87	9,28	8,49	7,40
<b>udio šećera (%)</b>	7,62	8,35	7,54	7,42
<b>ukupna kiselost (%)</b>	0,89	0,54	0,97	1,08
<b>pH</b>	3,28	3,52	3,24	3,19
<b>vitamin C</b>	49,91	50,77	49,75	49,32
<b>životni vijek (dani)</b>	2,02	2,34	2,19	1,63

izvor: Sudha i sur. 2018.

Chaturvedi i sur. (2005.) proučavali su djelovanje nutritivnih otopina na karakteristike vegetativnog razvoja ploda jagode cv. 'Chandler' uz neke kemijske parametre kvalitete. U ovom znanstvenom istraživanju, svaka od otopina ZnSO<sub>4</sub> različitih koncentracija pokazala je ekstremne vrijednosti za određene parametre. Ipak, najviše maksimalnih vrijednosti postigla je 0,4%-tna otopina cinkovog sulfata i to u parametrima visine biljke, broja listova i vriježi te najvećoj koncentraciji askorbinske kiseline. S druge strane, 0,2%-tna otopina ZnSO<sub>4</sub> dala je najveću masu ploda jagode dok je 0,6%-tna otopina omogućila najdulji životni vijek ploda jagode. U usporedbi s 0,6%-tnom otopinom FeSO<sub>4</sub> koja je djelovala otrovno na biljku, otopina cinkovog sulfata iste koncentracije dala je najlošije rezultate među istovrsnim

otopinama, ali nije izazvala degradaciju biljnih parametara kvalitete u tolikoj mjeri. Dobivene vrijednosti s naglašenim ekstremima prikazane su u **Tablici 3.2.2.**

**Tablica 3.2.2.** Parametri vegetativnog rasta, razvoja i kakvoće ploda za različite udjele ZnSO<sub>4</sub>

Parametar	0,2% ZnSO <sub>4</sub>	0,4% ZnSO <sub>4</sub>	0,6% ZnSO <sub>4</sub>	kontrola
<b>visina biljke (cm)</b>	17,74	<b>18,85</b>	16,20	15,52
<b>broj listova/biljka</b>	22,30	<b>24,93</b>	22,10	19,21
<b>broj vriježi/biljka</b>	1,82	<b>2,10</b>	1,65	1,95
<b>broj cvjetova/biljka</b>	3,11	3,22	2,89	2,22
<b>broj zametnutih plodova/biljka</b>	2,40	2,60	2,30	1,77
<b>ukupan broj plodova/biljka</b>	15,20	16,10	13,10	11,20
<b>prirod plodova/biljka (g)</b>	132,09	133,82	106,82	86,42
<b>masa plodova (g)</b>	<b>8,12</b>	7,85	7,68	6,85
<b>TSS (°Brix)</b>	9,15	9,32	9,02	8,70
<b>vitamin C (mg/100 g pulpe)</b>	65,74	<b>66,10</b>	65,78	65,52
<b>kiselost (%)</b>	0,972	0,968	0,964	0,962
<b>životni vijek (dani)</b>	2,60	2,71	<b>2,95</b>	2,45

izvor: Chaturvedi i sur. 2005.

Za razliku od prethodna dva istraživanja, Ekka i sur. (2018.) koristili su nutritivne otopine elemenata. Jagode cv. 'Chandler' tretirane su 0,2% i 0,4%-tnim otopinama cinka. Otopina cinka manje koncentracije postigla je maksimalne vrijednosti za parametre prosječne mase i veličine (promjer primarnog i sekundarnog ploda) plodova te relativne gustoće. Otopina cinka veće koncentracije dala je lošije rezultate, ali i dalje veće od kontrolnih za većinu parametara. U slučaju zametnutih plodova, 0,4%-tna otopina cinka pokazala je manju vrijednost od kontrolne. Također, obje su nutritivne otopine zakiselile sok ploda u odnosu na netretirani plod jagode. Rezultati istraživanja mogu se vidjeti u **Tablici 3.2.3.**

**Tablica 3.2.3.** Utjecaj cinkovih otopina na vegetativan rast, prirod i kvalitetu vrtne jagode cv. 'Chandler'

Parametar	0,2% Zn	0,4% Zn	kontrola
<b>visina biljke (cm)</b>	19,84	18,38	16,27
<b>raširenost biljke (cm)</b>	29,11	27,17	23,44
<b>broj listova/biljka</b>	29,11	27,17	23,44
<b>duljina peteljke (cm)</b>	15,23	12,73	12,42
<b>broj cvjetova/biljka</b>	29,74	25,36	18,46
<b>broj zametnutih plodova/biljka</b>	90,04	84,15	91,34
<b>ukupan broj plodova/biljka</b>	25,73	21,75	16,84
<b>prirod plodova/biljka (g)</b>	424,77	293,20	177,05
<b>masa plodova (g)</b>	16,54	13,49	10,51
<b>promjer primarnog ploda (cm)</b>	32,46	24,15	22,74
<b>promjer sekundarnog ploda (cm)</b>	42,36	31,55	27,15
<b>relativna gustoća</b>	1,64	1,24	1,10
<b>TSS (°Brix)</b>	8,64	8,59	7,93
<b>ukupni šećeri</b>	6,86	6,07	5,15
<b>vitamin C (mg/100 g pulpe)</b>	49,33	49,24	48,75
<b>kiselost (%)</b>	0,14	0,17	0,20
<b>pH soka ploda</b>	4,32	4,48	4,68
<b>cijena:kvaliteta</b>	1:2,13	1:1,72	1:1,11

izvor: Ekka i sur. 2018

U istraživanju provedenom na jagodi cv. 'Pajaro', Kazemi i sur. (2014.) tretirali su list jagode prije berbe otopinama cinkovog sulfata različitih koncentracija. Za sve mjerene parametre, otopina ZnSO<sub>4</sub> koncentracije 150 mg/L pokazala je najbolje rezultate. Obje otopine manjih koncentracija postigle su manji broj cvjetova nego kontrolni uzorak. Svi drugi parametri pokazuju benefit u odnosu na netretiranu biljku. Povećanjem koncentracije cinkovog sulfata, povećavaju se i vrijednosti mjerenih parametara odnosno poboljšavaju se karakteristike vegetativnog rasta i kvalitete ploda jagode. Vrijednosti nakon tretmana trima nutritivnim otopinama, kao i vrijednosti kontrolnog uzorka prikazane su u **Tablici 3.2.4.**

**Tablica 3.2.4.** Utjecaj folijarnog nanošenja otopine cinkovog sulfata na vegetativan rast i reproduktivne karakteristike ploda vrtne jagode cv. 'Pajaro'

Parametar	50 mg ZnSO <sub>4</sub> /L	100 mg ZnSO <sub>4</sub> /L	150 mg ZnSO <sub>4</sub> /L	kontrola
masa suhe tvari (g)	10,80	12,50	17,08	8,60
broj vriježi	2,54	3,45	5,10	2,11
površina lista (cm <sup>2</sup> )	29,00	33,65	46,30	18,14
duljina korijena (cm)	16,00	29,70	33,11	11,36
broj cvjetova	6,80	7,00	15,70	7,20
duljina cvatnje (dani)	16,00	21,50	35,00	15,70
masa primarnog ploda (g)	12,30	12,00	18,30	9,11
masa sekundarnog ploda (g)	8,60	9,00	16,30	7,00
broj ahenija u primarnom plodu	156,70	175,80	221,80	134,10
broj ahenija u sekundarnom plodu	115,60	159,80	210,40	108,00

izvor: Kazemi 2014.

Rezultati istraživanja Lietena i sur. iz 2005. godine, pokazala su kako bi se za zadovoljavajući rast i kvalitetu ploda jagode kultivara 'Elsanta' uzgajane na kamenoj vuni trebala koristiti nutritivna otopina s 5-15  $\mu$ mol Zn/L. Kod 'Elsanta' jagoda uzgajanih u tresetnim vrećama, koncentracija nutritivne otopine za optimalan rast, prirod i zamatanje plodova trebala bi biti 7,5-10  $\mu$ mol Zn/L. Nutritivne otopine koncentracija većih od 30  $\mu$ mol Zn/L izazvale su otrovnost i nedostatak željeza što je povećalo deformaciju ploda i smanjilo prirod jagode (Nestby 2005.).

U istraživanju iz 2014.-15. godine, Yadav i sur. mjerili su dane protekle do određenih značajnih događaja kao što su prva pojava cvjetova, zamatanje plodova, prva i zadnja berba te broj mogućih branja plodova jagode cv. 'Winter Dawn'. Uzorci su tretirani s 4 različita biljna regulatora rasta (NAA, GA3, BA i morfaktin) i otopinama borne kiseline te cinkovog sulfata. Ukupno je odrađeno 16 tretmana različitih koncentracija navedenih biljnih regulatora rasta i mikronutrijenata. Otopine cinkovog sulfata dobro konkuriraju u dobivenim vrijednostima u odnosu na biljne regulatore rasta i drugu nutritivnu otopinu. Ipak, samo je 0,2%-tna otopina ZnSO<sub>4</sub> dala maksimalnu vrijednost istraživanja i to za parametar broja berbi. Obje otopine cinkovog sulfata dale su vrlo slične vrijednosti mjerenih parametara. U **Tablici 3.2.5.** prikazane su sve izmjerene vrijednosti za otopine cinkovog sulfata.

**Tablica 3.2.5.** Utjecaj cinkovog sulfata na cvatnju, zametanje plodova i berbu jagode (*Fragaria ananassa* Duch.) cv. 'Winter Dawn'

Parametar	0,2% ZnSO <sub>4</sub>	0,4% ZnSO <sub>4</sub>
prva pojava cvijeta (dani)	33,70	33,80
prvo zametanje plodova (dani)	41,74	41,34
prva berba (dani)	60,34	59,15
zadnja berba (dani)	91,44	92,21
broj branja	29,78	28,89

izvor: Yadav i sur. 2015.

### 3.2.1. Esencijalnost i simptomi nedostatka cinka (Zn)

Cink je kemijski element 12. skupine Periodnog sustava elemenata i vrlo važan mikronutrijent za žive organizme i tehničku industriju. Koristi se najčešće za pocinčavanje u svrhu zaštite od korozije ili kao legura u kemiji materijala. Cink čini 0,0065% Zemljine kore, a najveći proizvođači u 21. stoljeću su Kina, Australija i Peru. Za ljudsko tijelo je značajan jer je neizostavan dio enzima ugljikove anhidraze koji pokreće brojne reakcije u metabolizmu ugljikovog dioksida, u gušterači pomaže sa skladištenjem inzulina te je dio enzima koji razgrađuju proteine u probavnom traktu (Britannica 2020.)

Mikronutrijenti su zbog svoje konstitucijske uloge esencijalni za svaku biljku, cink (Zn) je mikroelement koji sudjeluje u mnogim enzimskim reakcijama i ima vrlo važnu strukturalnu, funkcionalnu i regulatornu ulogu u velikom broju enzimima te se stoga također smatra esencijalnim za svaku biljku. Cink je također ključan u iskorištavanju ugljikohidrata, metabolizmu fosfora (P) i sintezi RNA (Yadav i sur. 2015.).

Esencijalan za normalan rast i razvoj biljke, cink je nužan za sintezu triptofana, prekursora IAA (indol-3-octene kiseline) koja potiče rast biljnih tkiva. Metalna je komponenta u brojnim enzimima i proteinskim spojevima, regulatorni koenzim u sintezi proteina i auksina, fotosintezi, diobi stanica, održavanju membranske strukture i dr. reakcijama koje doprinose zdravom biljnom organizmu (Kazemi 2014). Odgovarajuća količina cinka važna za kontrolu unosa tvari kroz korijen, akumulaciju natrija u izdancima i vegetativan rast biljke. Cink pospješuje i stvaranje RNA i ribosoma pa se povećanje visine biljke, broja listova i vriježi pripisuje upravo optimalno dostupnoj količini tog mikroelementa. Također, prema rezultatima nekih znanstvenih istraživanja, stimulira i aminokiseline i pomaže pri fotosintezi i akumulaciji ugljikohidrata (Chaturvedi i sur. 2005.). Prema istraživanju Vincekovića i sur. iz 2020. godine, veće koncentracije cinka povećavaju nutritivnu vrijednost ploda odnosno ukupne polifenole, flavonoide, antocijane te antioksidativnu aktivnost ploda. Nedostatak cinka često uzrokuje smanjen rast prašnika i peludnih cjevčica što može rezultirati pojavom deformiranih plodova (Vinceković i sur. 2020.).

Kritičnom vrijednošću nedostatka cinka smatra se koncentracija od 15-30 ppm Zn u stanici lišća. Nedostatak cinka najčešće se primjećuje po međužilnoj klorozi lišća, sitnim listovima i rozetastom obliku mlađeg lišća. Suvišak cinka je rijetka pojava koja se događa samo na kiselim tlima i rudištima. Kritična granica suviška cinka kreće se od 200 do 500 ppm u stanici lišća. Očituje se nižim rastom, manjim listovima s crvenkasto mrkim pjegama koje se pojavljuju podjednako na mlađem i starijem lišću po čemu se simptom razlikuje od simptoma suviška željeza i mangana (Vukadinović i Vukadinović, 2011.).



Slika 3.2.1.1. Simptomi nedostatka cinka kod jagode

izvor: <https://content.ces.ncsu.edu/strawberry-zinc-zn-deficiency> - pristup:16.9.2020.



## 4. Učinak kombinacije mikronutrijenata na rast, razvoj i kvalitetu vrtne jagode

Od pet odnosno šest razmatranih relevantnih znanstvenih radova, u dva (Suddha i sur. 2018., Ekka i sur. 2018.) se uključuju i kombinacije mikronutrijenata u tretmane za poboljšanje rasta, razvoja i kvalitete biljnih jedinki vrtne jagode i njenih plodova.

U znanstvenom istraživanju koje su proveli Suddha i sur. (2018.) koristile su se tri istovrsne otopine kombinacije mikronutrijenata s različitim masenim udjelima. Nutritivne otopine sadržavale su cinkov i željezov sulfat te bor u obliku borne kiseline s varijacijama masenih udjela od 0,2%, 0,4% i 0,6%. Otopina udjela 0,4% dala je najviše najboljih rezultata u usporedbi s druge dvije nutritivne otopine. Otopina triju mikronutrijenata manjeg udjela pokazala se najboljom za postizanje najvećeg udjela šećera u plodu jagode. Najkoncentriranija otopina udjela 0,6% dala je značajno najlošije rezultate. Isto se dogodilo i u prethodno razmatranim istraživanjima s pojedinačnim otopinama spojeva istog udjela. Takvi rezultati mogli bi ukazivati na postojanje nekakve vrste kritične koncentracije određenih (skupina) elemenata koja kod biljke izaziva slabiji, suprotan ili toksičan učinak. Ipak, svi su tretmani pokazali bolje vrijednosti mjerenih parametara od kontrolnog uzorka.

**Tablica 4.1.** Fizikalno-kemijska obilježja ploda vrtne jagode tretirane otopinama kombinacije mikronutrijenata različitih udjela

Parametar	0,2%	0,4%	0,6%	kontrola
	ZnSO <sub>4</sub> + B + FeSO <sub>4</sub>	ZnSO <sub>4</sub> + B + FeSO <sub>4</sub>	ZnSO <sub>4</sub> + B + FeSO <sub>4</sub>	
<b>prirod (g)</b>	948,4	<b>1010,5</b>	542,1	467,30
<b>TSS (° Brix)</b>	9,46	<b>9,62</b>	7,57	7,40
<b>udio šećera (%)</b>	<b>8,52</b>	8,45	7,46	7,42
<b>ukupna kiselost (%)</b>	0,51	0,41	1,03	1,08
<b>pH</b>	3,63	<b>3,73</b>	3,22	3,19
<b>vitamin C</b>	50,93	<b>51,04</b>	49,62	49,32
<b>životni vijek (dani)</b>	2,41	<b>2,51</b>	1,82	1,63

izvor: Sudha i sur. 2018.

Sljedeća kombinacija mikronutrijenata korištena je u radu Ekke i sur. iz 2018. godine. Odabrana je 1,0%-tna otopina željeza, cinka, bora i bakra. Tretman je dao bolje rezultate nego kod kontrolnog uzorka, ali zaostaje za rezultatima drugih nutritivnih otopina korištenih u znanstvenom istraživanju. Najveće razlike u vrijednostima u odnosu na uspješnije tretmane vide se u pogledu veličine biljke i ploda te prirodu i broju generativnih dijelova biljke. Kombinacija mikronutrijenata u ovom je radu dala manji broj zametnutih plodova nego kontrolni uzorak te najkiseliji sok ploda jagode među rezultatima istraživanja.

**Tablica 4.2.** Utjecaj kombinacije mikronutrijenata na vegetativan rast, prirod i kvalitetu vrtne jagode cv. 'Chandler'

Parametar	1,0% Fe + Zn + B + Cu	kontrola
<b>visina biljke (cm)</b>	17,93	16,27
<b>raširenost biljke (cm)</b>	28,57	23,44
<b>broj listova/biljka</b>	28,57	23,44
<b>duljina peteljke (cm)</b>	13,45	12,42
<b>broj cvjetova/biljka</b>	26,84	18,46
<b>broj zametnutih plodova/biljka</b>	86,94	91,34
<b>ukupan broj plodova/biljka</b>	23,35	16,84
<b>prirod plodova/biljka (g)</b>	363,80	177,05
<b>masa plodova (g)</b>	15,58	10,51
<b>promjer primarnog ploda (cm)</b>	26,36	22,74
<b>promjer sekundarnog ploda (cm)</b>	33,36	27,15
<b>relativna gustoća</b>	1,24	1,10
<b>TSS (°Brix)</b>	8,37	7,93
<b>ukupni šećeri</b>	6,06	5,15
<b>vitamin C (mg/100 g pulpe)</b>	49,25	48,75
<b>kiselost (%)</b>	0,15	0,20
<b>pH soka ploda</b>	4,19	4,68
<b>cijena:kvaliteta</b>	1:1,98	1:1,11

izvor: Ekka i sur. 2018.

#### 4.1. Akumulacija hranjivih sastojaka tijekom uzgoja vrtne jagode

Prema Albregtsu i Howardu (1980.), najveći dio akumulacije elemenata događa se nakon što biljka počne davati svoje plodove. Mjerljivo se očituje kao porast u prosječnoj masi suhe tvari prvih plodova koja nastavlja rasti do kraja sezone pa čak i u nekim ubranim plodovima jagode. Prema njihovom istraživanju iz 1980. godine, više se dušika, fosfora, kalija i bora akumuliralo u ubranom plodu nego u tkivima biljke. Nakon sredine sezone, skoro se sav sadržaj ranije navedenih hranjivih elemenata uz magnezij i cink akumulira u ubranom plodu. Ukupna akumulacija kalcija se udvostručila od sredine sezone do kraja berbe, a najviše ga je pronađeno u vegetativnim dijelovima biljke.

Od mikronutrijenata, željezo se pokazalo najsklonijim za akumulaciju. Najviše željeza akumuliralo se u korijenu biljke jagode, a u značajnim količinama nađen je i u odumrlim listovima biljke. Najmanje ga se akumuliralo u cvijetu i stabljici te neubranim plodovima dok ubrani plodovi sadrže 12 puta više željeza. Najveći sadržaj cinka nađen je u ubranim plodovima i korijenu biljke, a najmanji u cvijetu i stabljici. Što se tiče makronutrijenata, najviše se akumulira kalija pa natrija, a najmanje magnezija i fosfora. Raspodjela akumulacije elemenata u pojedinim biljnim organima otprilike je slična. Sve izmjerene vrijednosti prikazane su u **Tablici 4.1.1.**

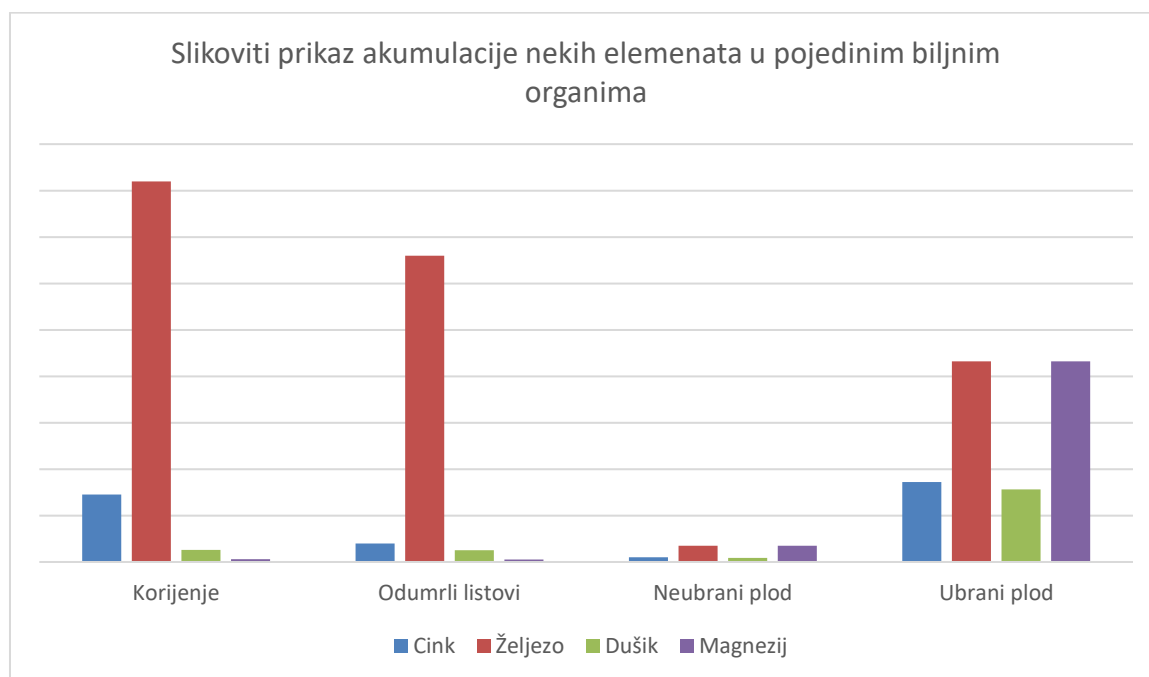
**Tablica 4.1.1.** Akumulacija elemenata u biljnim organima na kraju sezone berbe (podaci od dvije sezone osim za Mn) kao prosjek tri genotipa

Biljni organi	Akumulacija elementa, kg/ha					Akumulacija elementa, g/ha				Prirod, kg/ha
	N	P	K	Ca	Mg	Fe	Zn	Mn	B	
Korijenje	5,2	0,8	3,4	5,7	1,2	<u>164,0</u>	29,0	27,0	9,0	
Peteljke	2,5	0,6	7,1	3,0	0,7	17,0	6,0	6,0	4,0	
Cvijet i stabljika	<u>0,8</u>	<u>0,2</u>	<u>1,0</u>	<u>0,4</u>	<u>0,1</u>	<u>5,0</u>	<u>1,0</u>	<u>3,0</u>	<u>1,0</u>	
Listovi	14,4	1,5	8,7	9,2	1,8	69,0	12,0	43,0	11,0	
Odumrli listovi	5,1	0,8	2,0	<u>9,6</u>	1,1	132,0	8,0	36,0	11,0	
Neubrani plodovi	1,7	0,4	2,1	0,7	0,2	7,0	2,0	<u>3,0</u>	<u>1,0</u>	
Ubrani plodovi	<u>31,3</u>	<u>5,6</u>	<u>40,5</u>	3,9	<u>3,1</u>	86,4	<u>34,5</u>	<u>47,3</u>	<u>44,1</u>	29,9
Zbroj	61,0	9,9	64,8	32,5	8,2	480,4	92,5	165,3	81,1	30,3

izvor: Albregts i Howard 1978.; 1980.

Može se općenito primijetiti kako se najmanje svih mjerenih nutrijenata akumuliralo u cvijetu i stabljici biljke. Takav je rezultat očekivan obzirom da se nutrijenti iz cvijeta koriste za oblikovanje i razvoj ploda. Također, stabljika je biljni organ koji je prilično samoodrživ na način

da prilikom transporta hranjivih tvari iz korijena prema vrhu biljke uzima onoliko hranjivih tvari koliko joj je potrebno za održavanje svoje stanične strukture i funkcije. Nadalje, na temelju prikupljenih podataka iz istraživanja Albregtsa i Howarda (1978.; 1980.), vidljivo je kako se uglavnom najviše nutrijenata akumulira u ubranom plodu.



izvor: Albregts i Howard 1978.; 1980.

Istraživanje Lietena i Misottena (1993.), na jagodama sorte 'Elsanta', uglavnom je potvrdilo podatke dobivene u istraživanju Albregtsa i Howarda (1980.). Analizirane jagode uzgajane su u tresetnim vrećama tijekom proljetne sezone. Rezultati su prikazani u **Tablici 4.1.2.** Usporedbom dobivenih vrijednosti također se može zaključiti kako se kultivirane jagode drugačijih genotipa ne razlikuju previše u količini elemenata koje unose iako vrsta tla i način uzgoja mogu utjecati na to.

**Tablica 4.1.2.** Akumulacija elemenata u biljnim organima na kraju sezone branja za jagodu cv. 'Elsanata'

Biljni organ	Akumulacija elementa, kg/ha					Akumulacija elementa, g/ha				Prirod, kg/ha
	N	P	K	Ca	Mg	Fe	Zn	Mn	B	
Plod	62,3	7,7	110,9	3,8	3,5	404,0	43,0	191,0	69,0	59,5
Ostali	34,4	10,0	47,9	52,3	10,3	4656,0	105,0	1247,0	256,0	
Zbroj	125,5	17,7	158,8	56,1	13,8	5060,0	148,0	1438,0	325,0	59,5

izvor: Lieten i Misotten 1993.

## 5. Zaključak

Jagoda kao jedna od najznačajnijih i najrasprostranjenijih voćnih vrsta u svijetu predmet je brojnih znanstvenih istraživanja. Zbog sve većeg trenda konzumacije jagode povećana je i potreba za proizvodnjom odnosno za unaprjeđenjem postojećih sustava uzgoja. Ishrana jagode jedna je od ključnih stavki u njenom uzgoju, a značaj mikronutrijenata u ishrani sve je više prepoznat. Kroz različita istraživanja utvrđeno je da optimalna opskrbljenost jagoda željezom i cinkom osigurava bolje zdravlje biljke tijekom uzgoja, bolji prirod te kvalitetnije i krupnije plodove. Također, uslijed nedostatka ključnih mikronutrijenata kao što su cink i željezo, dolazi do pojave bolesti i ostalih problema pri uzgoju. Tretmani cinkom i željezom najčešće se primjenjuju u obliku nutritivnih otopina sulfata koncentracije 0,2-0,4 %. Oba elementa pokazala su pozitivan utjecaj na prirod, količinu topljive suhe tvari, ukupne šećere i količinu vitamina C u plodovima. Kod primjene tretmana cinkom i željezom u kombinaciji sa nekim drugim mikronutrijentima također su vidljivi pozitivni rezultati na vegetativan rast biljke, razvitak generativnih organa i naposljetku kvalitetu plodova.

## 6. Popis literature

1. Albrechts E.E. i Howard C.M. (1978). Elemental composition of fresh strawberry fruit. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 103 (3): 293-296.
2. Albrechts E.E. i Howard C.M. (1980). Accumulation of nutrients by strawberry plants and fruit grown in annual hill culture. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 105(3): 386-388.
3. Bašić V. (2005). Kvaliteta plodova sorte jagode Elsanta iz hidroponskog uzgoja. Diplomski rad. Agronomski fakultet. Sveučilište u Zagrebu.
4. Burmistrov A. D. (1985). Jagodnyje kulture. Leningrad, Agropromizdat: 245-252.
5. Clarkson D.T., Sanderson J. (1978). Sites of absorption and translocation of iron in barley roots. Tracer and microautoradiographic studies. *Plant Physiology* 61: 731-736.
6. Čoga L., (2014). Ishrana bilja u zaštićenim prostorima. Interna predavanja, Agronomski fakultet, Zagreb
7. Darrow G.M. (1996). *The strawberry: history, breeding, and physiology*. Holt, Rinehart and Winston, New York.
8. Della Penna D. (1999). Nutritional Genomics: Manipulating Plant Micronutrients to Improve Human Health. *Science* 285 (5426): 375-379
9. Dillard C.J. i German J.B. (2000). Phytochemicals: Nutraceuticals and human health. *J. Sci. Food Agric.* 80, 1744–1756.
10. Domoto P., Gleason K., Lewis D. (2008). Production guide for commercial strawberries. Iowa State University-University Extension. *Horticulture* 2-3, 2008, 1-9.
11. Družić J., Voća S., Čmelik Z., Dobričević N., Duralija B., Skendrović Babojelić M. (2006). Utjecaj sustava uzgoja na kakvoću plodova jagode sorte Elsanta. *Pomologia Croatica* 12 (4).
12. Duralija B. (2015). Tehnologija proizvodnje jagoda. *Glasilo biljne zaštite* 15(5): 311-314
13. Ekka R.A., Kerketta A., Lakra S., Saravanan S. (2018). Effect of Zn, B, Cu and Fe on Vegetative Growth, Yield and Quality of Strawberry (*Fragaria x Ananassa* Duch.) cv. Chandler. *International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences* 7: 2886-2890
14. Filipović I., Lipanović S. (1973). *Opća i anorganska kemija*. Školska knjiga, Zagreb.
15. Flachowsky H., Hofer M., Hanke M-V. (2011). *Strawberry. Fruit, Vegetable and Cereal*.

16. Gluhic D. (2013). Željezo u gnojidbi poljoprivrednih kultura. Glasnik zaštite bilja, Vol. 36 No. 1: 46-51.
17. Hem J.D., Cropper W.H. (1962). Survey of Ferrous-Ferric Chemical Equilibria and Redox Potentials. Geological survey water-supply paper
18. Hummer K. (2008). Global conversation strategy for *Fragaria* (strawberry). Scripta Horticulturae 6: 1-87.
19. Jug I. (2016). Odlike održive, konvencionalne i ekološke poljoprivrede. Poljoprivredni fakultet Osijek, Osijek.
20. Kafkas E. Silberbush M., Paydas S. (2007). Physiological characterization of strawberry cultivars with differential susceptibility to iron deficiency. World J. Agric. Sci. 3: 196-203.
21. 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 1: 21-26
22. Lieten F. (2000). Zinc Nutrition of Strawberries Grown on Peat Bags. National Research Centre for Strawberries, Proefbedrijf der Noorderkempen Voort 71, 2328 Meerle, Belgium. Advances in Strawberry Research, Volume 19: 8-12.
23. Lieten F. i Misotten C. (1993). Nutrient uptake of strawberry plants (cv. Elsanta) grown on substrate. Acta Hort. 348: 299-306.
24. Mekovec Maja (2008). Kvaliteta plodova jagode iz hidropona. Završni rad. Agronomski fakultet. Sveučilište u Zagrebu.
25. Miller J.L. (2013). Iron Deficiency Anemia: A Common and Curable Disease. Cold Spring Harbor Perspectives in Medicine 3 (7)
26. Miloš T. (1997.) Jagoda. Naklada „Jurčić“, Zagreb
27. Mratinić E. (2018). Jagoda. Beograd, Partenon
28. Nestby R., Lieten F., Pivot D., Raynal Lacroix C., Tagliavini M. (2005). Influence of Mineral Nutrients on Strawberry Fruit Quality and Their Accumulation in Plant Organs. International Journal of Fruit Science 5 (1): 139-156
29. Nikolić D., Milivojveić M. (2015). Jagoda. U: JAGODASTE VOĆKE Tehnologija gajenja Drugo dopunjeno izdanje. Univerzitet u Beogradu Poljoprivredni fakultet. 11-168.
30. Parađiković N., Kraljičak Ž., (2008). Zaštićeni prostori plastenici i staklenici. Poljoprivredni fakultet Osijek, Osijek.

31. Perkins-Veazie P. (1995). Growth and ripening of strawberry fruit. *Horticultural Reviews* 17: 267-297.
32. Puljko M. (2005). Suvremene tehnologije uzgoja jagode. Stručni rad. *Glasnik zaštite bilja* 4/2005.
33. Recamales A.F., Medina J.L., Hernanz D. (2007). Physicochemical characteristics and mineral content of strawberries grown in soil and soilless system. *Journal of Food Quality* 30: 837-853 *Reviews* 17: 267-297.
34. Rukavina L. (2005). Hidroponski uzgoj jagode. Diplomski rad. Agronomski fakultet, Sveučilište u Zagrebu.
35. Savci S. (2012). An Agricultural Pollutant: Chemical Fertilizer. *Int. J. Environ. Sci. Develop.* 3: 77-80.
36. Southon S. (2000). Increased fruit and vegetable consumption within the EU: Potential health benefits. *Food Res. Int.* 33, 211–217.
37. Sturm K., Koron D., Stampar F. (2003). The composition of fruit of different strawberry varieties depending on maturity stage. *Food Chemistry*, 83, 417-422.
38. Sudha G., Saravanan S., Subash Chandra Bose B. (2018). Effect of micronutrients on quality and shelf-life of strawberry (*Fragaria x ananassa* Duch.) cv. chandler. *Journal of Pharmacognosy and Phytochemistry* 7 (6): 2239-2241
39. Suman M., Sangma P.D., Singh D. (2017). Role of Micronutrients (Fe, Zn, B, Cu, Mg, Mn and Mo) in Fruit Crops. *International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences* 6: 3240-3250
40. Torun A.A., Serce S. Kacar Y.A., Erdem N., Erdem H., Bicen B., Tolay I. (2013). Determination of factors affecting sensitivity of two strawberry species to iron deficiency. *Int. J. Food, Agric. Environ.* 11: 785-789.
41. Trejo-Tellez L.I., Gomez-Merino F. C. (2014). Nutrient management in strawberry: Effects on yield, quality and plant health. U: *Strawberries* (ur. Malone N.), Nova Science Publishers, Inc., str. 240-267.
42. Vinceković M., Jurić S., Vlahoviček Kahlina K., Marijan M., Duralija B., Nekić P. (2020). Application of zinc microparticles in hydroponic cultivation of strawberries (*Fragaria x ananassa*). 55th Croatian & 15th International Symposium on Agriculture, Vodice.
43. Vose P.B. (1982). Iron nutrition in plants: A world overview. *J. Plant Nutri.* 5(4-7): 233-249.
44. Vukadinović V., Vukadinović V. (2011). *Ishrana bilja*. Poljoprivredni fakultet u Osijeku, Osijek.



45. Wilson D. (1997). Strawberries uner protection; Grower Guide No6 2nd Series; Nexus media limited.
46. Yadav I., Singh J., Meena B., Singh P., Meena S., Neware S., Patidar D.K. (2017). Strawberry Yield and Yield Attributes After Application of Plant Growth Regulators and Micronutrients on cv. Winter Dawn. Chemical Science Review Letters 6 (21): 589-594.
47. Zaiter H.Z., Saad I., Nimah M. (1993). Yield of iron-sprayed and non-sprayed strawberry cultivars grown on high pH calcerous soils. Journal of Plant Nutrition. 16(2): 281-296.

**Popis korištenih izvora – poveznica:**

FAOSTAT (2019). <http://www.fao.org/faostat/en/#data/QC/visualize> Pristupljeno: 18. kolovoza 2020.

Ministarstvo poljoprivrede (2013). <http://www.savjetodavna.hr/2013/05/09/kloroza> Pristupljeno 21. kolovoza 2020.

Britannica (2020). <http://www.britannica.com/science/zinc> Pristupljeno: 21. kolovoza 2020.

## Životopis

Sven Jančković rođen je 20.3.1995. u Zagrebu. Osnovnu školu pohađao je u Zagrebu. Srednjoškolsko obrazovanje stječe u Zagrebu u X. gimnaziji „Ivan Supek“ na prirodoslovno-matematičkom smjeru. 2013. godine upisuje preddiplomski studij Hortikultura na Sveučilištu u Zagrebu Agronomskog fakulteta koji završava 2017. godine nakon čega upisuje diplomski studij Hortikultura-voćarstvo.

Koristi se engleskim jezikom na razini C1.

Tijekom fakultetskog obrazovanja na Agronomskom fakultetu sudjelovao je u brojnim izvannastavnim aktivnostima. Od akademske godine 2017/2018. do 2018/2019. član je studentskog zbora Agronomskog fakulteta i fakultetskog vijeća. Tada je također član etičkog povjerenstva, zamjenik pravobranitelja Agronomskog fakulteta te član vijeća biotehničkog područja Sveučilišta u Zagrebu.

Godine 2016. sa nekolicinom kolega osniva studentsku udruhu „Klub studenata Agronomskog fakulteta“ te nakon višegodišnjeg aktivnog članstva, od 2018. do 2020 obnaša dužnost predsjednika udruge.

Kroz svoje osnovnoškolsko, srednjoškolsko i fakultetsko obrazovanje aktivno se bavi sportom te predstavlja škole i fakultet na raznim natjecanjima.