

Hidroponski uzgoj biljaka

Grujić Tomas, Nina

Undergraduate thesis / Završni rad

2019

Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj:

**Josip Juraj Strossmayer University of Osijek, Faculty of Agrobiotechnical Sciences Osijek /
Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku, Fakultet agrobiotehničkih znanosti Osijek**

Permanent link / Trajna poveznica: <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:151:346484>

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

Download date / Datum preuzimanja: **2025-03-04**



Sveučilište Josipa Jurja
Strossmayera u Osijeku

**Fakultet
agrobiotehničkih
znanosti Osijek**

Repository / Repozitorij:

[Repository of the Faculty of Agrobiotechnical
Sciences Osijek - Repository of the Faculty of
Agrobiotechnical Sciences Osijek](#)



SVEUČILIŠTE JOSIPA JURJA STROSSMAYERA U OSIJEKU
FAKULTET AGROBIOTEHNIČKIH ZNANOSTI OSIJEK

Nina Grujić Tomas

Sveučilišni preddiplomski studij Poljoprivreda

Smjer Hortikultura

Hidroponski uzgoj biljaka

Završni rad

Osijek, 2019.

SVEUČILIŠTE JOSIPA JURJA STROSSMAYERA U OSIJEKU
FAKULTET AGROBIOTEHNIČKIH ZNANOSTI OSIJEK

Nina Grujić Tomas

Sveučilišni preddiplomski studij Poljoprivreda

Smjer Hortikultura

Hidroponski uzgoj biljaka

Završni rad

Povjerenstvo za ocjenu završnog rada:

1. prof. dr. sc. Irena Jug, mentor
2. prof. dr. sc. Danijel Jug, član
3. doc. dr. sc. Bojana Brozović, član

Osijek, 2019.

TEMELJNA DOKUMENTACIJSKA KARTICA

Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku
Fakultet agrobiotehničkih znanosti Osijek
Sveučilišni preddiplomski studij, smjer Hortikultura

Završni rad

Nina Grujić Tomas

Hidroponski uzgoj biljaka

Sažetak: Hidroponija je inovativna metoda uzgoja biljaka u hranjivoj otopini (bogatijem nutrijentima odnosno anorganskim ionima neophodnim za život biljaka) sa ili bez krutih medija u zaštićenom prostoru, plasteniku ili stakleniku. Hidroponski uzgoj biljaka omogućava uzgoj biljaka cijele godine na površinama na kojima uvjeti nisu pogodni, na tlima smanjene plodnosti te u uvjetima kada je proizvodnja limitirana veličinom površine ili nepovoljnim fizikalno-kemijsko-biološkim svojstvima tla. Prednosti hidroponskog uzgoja ogledaju se i kroz visok intenzitet proizvodnje i stabilan prinos po jedinici površine, te kroz smanjenu potrošnju vode, hraniva i zaštitnih sredstava, ranije dozrijevanje plodova te smanjenu pojavu stresa kod biljaka zbog optimalnih uvjeta rasta i razvoja. Nedostaci hidroponskog uzgoja su visoka cijena početnog ulaganja, nužnost visoke razine znanja, cjelodnevni nadzor i u slučaju bolesti – brzo širenje vodom.

Ključne riječi: hidroponski uzgoj, hranjiva otopina, prednosti, nedostaci

26 stranice, 13 slika, 30 literalnih navoda

Završni rad je pohranjen u Knjižnici Fakulteta agrobiotehničkih znanosti Osijek i u digitalnom repozitoriju završnih i diplomskih radova Fakulteta agrobiotehničkih znanosti Osijek

BASIC DOCUMENTATION CARD

Josip Juraj Strossmayer University of Osijek
Faculty of Agrobiotechnical Sciences Osijek
Undergraduate university study Agriculture, course Horticulture

BSc Thesis

Nina Grujić Tomas

Hydroponics plant cultivation

Summary: Hydroponics is an innovative method of growing plants in a nutrient solution (rich in inorganic ions essential for plant growth) with or without solid medium in a closed environment, like as a greenhouse. Hydroponic plant growing enables growing plants throughout the whole year in areas with unfavourable conditions, in soils with low fertility and in conditions where production is limited by the size of the agricultural land or by unfavourable physical-chemical-biological properties of the soil. Advantages of hydroponic growing are high production intensity and yield stability per unit area, reduced consumption of water, nutrients and pesticides, faster fruit ripening and plants experiencing less stress due to optimal growth conditions. Disadvantages of hydroponic growing are high initial investment costs, need to have expert knowledge, all-day-round monitoring and, in case of a plant disease, rapid spread by water.

Key words: hydroponic growing, nutrient solution, advantages, disadvantages

26 pages, 13 figures, 30 literature references

The thesis is stored in the Library of the Faculty of Agrobiotechnical Sciences Osijek and in the digital repository of bachelor's and master's thesis of the Faculty of Agrobiotechnical Sciences Osijek.

SADRŽAJ

1.	UVOD.....	1
2.	POVIJEST HIDROPONSKOG UZGOJA BILJAKA	3
3.	SUSTAVI HIDROPONSKOG UZGOJA	7
4.	VRSTE HIDROPONSKOG UZGOJA	10
4.1.	Kapilarni hidroponski uzgoj	10
4.2.	Sustav oseke i plime (Ebb and Flow)	10
4.3.	Plutajući hidroponski sustavi (Vodena kultura - Water Culture).....	11
4.4.	Aeroponski uzgoj	12
4.5.	Kapajući ili Drip sustav	13
4.6.	Tehnika hranjivog filma ili NFT	14
5.	HIDROPONSKI UZGOJ S I BEZ SUPSTRATA	16
5.1.	Uzgoj s inernim supstratom	16
5.2.	Hidroponski uzgoj bez supstrata.....	18
6.	PREDNOSTI I NEDOSTACI HIDROPONSKOG UZGOJA	19
6.1.	Prednosti hidroponskog uzgoja	19
6.2.	Nedostatci hidroponskog uzgoja	20
7.	HRANJIVA OTOPINA.....	22
8.	ZAKLJUČAK.....	23
9.	POPIS LITERATURE.....	24

1. UVOD

Biljke su među rijetkim organizmima koji mogu sintetizirati sve potrebne metabolite iz anorganskih iona, vode i CO₂ koristeći pri tome sunčevu energiju .

Obično je tlo najpovoljniji ili najdostupniji medij za rast usjeva. Tlo osigurava dostupne hranjive tvari, zrak; vodu, itd., za učinkovit rast usjeva (Ellis i sur., 1974.). Prisutnost mikroorganizama i nematoda koje potiču razvoj brojnih oboljenja, nepovoljna pH reakcija tla, loša drenaža, zbijanje tla, i dr. predstavljaju ozbiljna ograničenja tla kao jedinog medija za biljnu proizvodnju kojim se omogućuje učinkovit rast usjeva (Beibel, 1960.).

U slijedećih 30 godina predviđa se porast ljudske populacije za 30 % što znači povećanje stanovništva na 9,5 milijardi. Proizvodnja hrane morat će se drastično povećati kako bi se kompenzirao paralelni porast broja stanovništva s potrebama za hranom. S obzirom na značajna ograničenja tla kao supstrata za biljnu proizvodnju, metoda uzgoja biljaka u hranjivim otopinama – hidroponski uzgoj, predstavlja moguće rješenje za uzgoj biljaka.

Hidroponija je inovativna metoda uzgoja biljaka u hranjivoj otopini (bogatoj nutrijentima odnosno anorganskim ionima neophodnim za život biljaka) sa ili bez krutih medija u zaštićenom prostoru, plasteniku ili stakleniku. Na ovaj način omogućen je uzgoj biljaka tijekom cijele godine bez posljedica koje se pojavljuju u uzgoju na tlima s određenim ograničenjima. Primjenom hidroponskog uzgoja proizvođači ne moraju uvoditi plodored jer biljke ne dolaze u kontakt sa štetnicima, korovima i bolestima

Hidroponski sustav je intenzivno upotrebljavan za istraživanje potreba za hranjivim tvarima, kao i za toksično djelovanje pojedinih elemenata kod Arabidopsisa i drugih biljnih vrsta (Kopittke i sur., 2009., Berezin i sur., 2012., Conn i sur., 2013., Alatorre – Cobos i sur., 2014.). Industrijska primjena hidroponije također se razvijala za kulture poput rajčice i zelene salate (Gent, 2012.), ali se isto tako koristi i u uzgoju ostalog povrća, cvijeća (ruže, frezije) i jagoda. Prema Shrestha i Dunn (2013.) u posljednjih nekoliko godina povećana potražnja za hidroponskim uzgojem biljaka se javila kao posljedica zabrane upotrebe metil bromida kao sredstva za suzbijanje štetočina u proizvodnji presadnica gdje je tlo supstrat za proizvodnju.

Većina biljaka, od žitarica, povrća, voća do stočne hrane, dobro reagiraju na uzgoj u hidroponskim sustavima (RIRDC, 2001.). Resh i Howard (2012.) su proučavali brojne

prednosti hidroponskih sustava (poput minimalne uporabe pesticida, povećanja prinosa i očuvanja vode), njihove nedostatke, tehnike uzgoja kao i različite medije korištene za uzgoj. Prema literaturi, provedena su mnoga ispitivanja hidroponskog uzgoja lisnatog povrća, paprike i rajčice (Arias i sur., 2000., Buchanan i sur., 2013., Koyama i sur., 2013.).

Poljoprivredna proizvodnja na otvorenom, gdje je osnovni supstrat tlo, suočit će se u bliskoj budućnosti s ozbiljnim problemima kao što su osiromašenje i pad produktivnosti poljoprivrednog zemljišta, gubitak organske tvari, smanjenje biološke raznolikosti, krčenja šuma, erozije tla, itd. Veliki problem predstavljaju i područja s nepovoljnim topografskim uvjetima te područja gdje tlo nije dostupno za uzgoj usjeva (poput urbanih djelova) pa se u ovim uvjetima, hidroponski uzgoj u stakleničkoj proizvodnji čini kao jedino moguće rješenje (Butler i Oebker, 2006.). Prema FAO (2005.) 115 zemalja u svijetu ima komercijalnu stakleničku proizvodnju, a u 2019. godini, prema Cuesta Roble, ukupna procijenjena površina stakleničke proizvodnje povrća iznosi 496 800 hektara (<https://www.producegrower.com/article/cuesta-roble-2019-global-greenhouse-statistics>).

Cilj ovog rada je predstaviti hidroponske tehnike uzgoja bilja te ukazati na prednosti i nedostatke ovakvog uzgoja gdje je glavni cilj osigurati svakoj biljnoj vrsti u određenoj fazi rasta potrebnu količinu hraniva i optimalne mikroklimatske uvjete kako bi postigli maksimalne prinose i kvalitetu proizvoda.

2. POVIJEST HIDROPONSKOG UZGOJA BILJAKA

Hidroponija ili hidroponski uzgoj potječe od grčkih riječi *hydro* što znači voda te *ponos* što znači rad. Pojam hidroponski uzgoj seže još u daleku prošlost. Preteču hidroponije pronalazimo još u Astetskom dobu, kada su na jezeru Texacoco proizvodili razne poljoprivredne kulture pa tako i kukuruz u tzv. plivajućim vrtovima. Sličan način uzgajanja vidljiv je bio i u Indiji i Kašmiru.

Izraz *hidroponija* kreirao je profesor William Gericke u ranim 30 - im godinama prošlog stoljeća (Beibel, 1960.) opisujući uzgoj biljaka u vodi koja sadrži otopljene mineralne tvari. Iako hidroponski uzgoj nije novi način proizvodnje (John Woodward je 1699. objavio rezultate eksperimenta uzgoja mente u vodi, a Sachs i Knopp, 1862. su razvili osnove hidroponskog sustava) istraživači sa Sveučilišta Purdue u potpunosti su razvili sustav za komercijalnu proizvodnju tek sredinom 20. stoljeća. U 20. stoljeću se sve više pridavalo značaja beneficijama hidroponskog uzgoja. Sredinom 20. stoljeća hidroponski uzgoj je doživio veliki napredak. Tijekom 1960-ih i 70-ih godina razvijale su se komercijalne hidroponske farme u Arizoni, Abu Dabiju, Belgiji, Kaliforniji, Danskoj, Njemačkoj, Nizozemskoj, Iranu, Italiji, Japanu, Rusiji i drugim državama. Većina hidroponskih sustava automatski kontrolira količinu vode, hranjivih tvari i fotoperiodizma (izmjenu dana i noći) na temelju zahtjeva različitih biljnih vrsta (Resh, 2013.).

Praksa uzgoja u hidroponu koristi se već tisućama godina. Poznati Babilonski viseći vrtovi prve su naznake hidroponije 600. godine prije Krista. Ti vrtovi bili su izgrađeni uz rijeku Eufrat u Babilonu. Budući da je klima u regiji bila suha i nepovoljna, vjeruje se da su stari Babilonci koristili lančani sustav izvlačenja za zalijevanje vrtnih biljaka. Pri toj metodi, voda se izvlačila iz rijeke i izlijevala duž lančanog sustava te se spuštala na stepenice ili u vrt. Tek 1600. godine zabilježeni su znanstveni eksperimenti vezani uz rast biljaka. Belgijanac Jan Van Helmont, svojim je eksperimentom potvrdio da biljke dobivaju potrebne tvari iz vode te da im je potreban ugljični dioksid i kisik iz zraka.

Već spomenuti znanstvenik, englez, John Woodward pratio je rast biljaka pomoću vodene kulture još 1699. godine. Otkrio je da biljke bolje rastu u vodi koja u sebi sadrži čestice tla nego u čistoj vodi. Tako je došao do zaključka da su određene tvari koje omogućuju rast biljka porijeklom iz tla te da na određeni način „prelaze“ u vodu koju biljka usvaja što joj omogućuje rast i razvoj. Poslije ovog otkrića, uslijedile su brojne studije do 1804. godine

kada je De Saussure ustanovio da se biljke sastoje od kemijskih elemenata koji se apsorbiraju iz vode, tla i zraka. Zatim je Boussignault, francuski kemičar, potvrdio te pretpostavke 1851. godine. Eksperimentirao je s uzgojem biljaka u umjetnom mediju, uključujući pijesak, kvarc i drveni ugljen, bez tla. 1860. i 1861. označile su kraj duge potrage izvora hranjivih tvari neophodnih za uzgoj biljaka kada su dva njemačka botaničara Julius von Sachs i Wilhelm Knop isporučili prvu standardnu formulu za hranjive otopine u kojoj će se biljke moći uzgajati. To je bio početak "nutrikulture" koja se danas naziva „vodena kultura“. Primjenom ove metode, korijen biljaka je bio potpuno uronjen u hranjivu otopinu koja je sadržavala dušik (N), fosfor (P), kalij (K), magnezij (Mg), sumpor (S) i kalcij (Ca). Danas te elemente poznajemo kao makroelemente odnosno makrohraniva (Jones, 1982.).

Međutim, tehnika uzgoja biljaka u hranjivoj otopini doživljavana je samo kao eksperiment i koristila se isključivo u laboratoriju za istraživanje biljaka. Tek pojavom stakleničke industrije, zanimanje za hidroponijom je poraslo. U to vrijeme su sva istraživanja na ovom polju bila usmjerena na rješavanje brojnih mogućih problema i implementaciju nutrikulture u komercijalnu proizvodnju.

Početak 1930-ih W.F. Gericke sa Kalifornijskog sveučilišta u Berkeleyu provodio je eksperimente s uzgojem povrća u nutrikulturi. U početku, ovu metodu naziva „akvakulturom“ ali ubrzo napušta taj naziv jer spoznaje da pojam akvakulture podrazumijeva uzgoj vodenih organizama. Nakon toga, na prijedlog W.A. Setchella naziva ovaj oblik uzgoja biljaka „hidroponija“ što se koristi i danas. Gericke je počeo javno promovirati ovaj oblik uzgoja biljaka što je izazvalo nepovjerenje javnosti i sveučilišne zajednice. Usprkos skeptičnom stavu Sveučilišta, Gericke je uspješno uzgajao 25-metarske visoke biljke rajčice u otopinama koje su bile pune hranjivih tvari.

Najranija poznata primjena hidroponskog uzgoja biljaka bila je ranim četrdesetim godinama prošlog stoljeća kada se hidroponija koristila na otoku Wake, koji je bio otok „bez tla“ u Tihom oceanu. Otok je služio kao pristanište za punjenje goriva za američku avionsku kompaniju Pan American Airlines. Manjak tla značio je da je nemoguće uzgajati uobičajenim metodama i svježe povrće je bilo nevjerojatno skupo. Hidroponija je riješila taj problem i osigurala svježe povrće na ovom udaljenom otoku. Nakon Drugog svjetskog rata vojska se još uvijek koristila hidroponskim uzgojem, a u pedesetim godinama prošlog stoljeća metoda hidroponije se proširila na razne zemlje, uključujući Englesku, Francusku,

Italiju, Španjolsku, Švedsku, SSSR i Izrael (<https://www.greenandvibrant.com/history-of-hydroponics>).

Danas je primjena hidroponskog uzgoja (slika 1.) prisutna u cijelom svijetu. Ova rasprostranjenost je posljedica uočavanja brojnih prednosti hidroponije kao što su: veća brzina rasta, ušteda prostora, učinkovitost vode i bolja kontrola štetočina i bolesti. Stoga ne čudi što je hidroponija postala neizostavan dio stakleničke proizvodnje. Gotovo sva gospodarstva koja imaju stakleničku proizvodnju koriste neku vrste hidroponije. Procjenjuje se da je većina zemalja u svijetu započela sa stakleničkom proizvodnjom povrtnih kultura, od kojih najveći udio proizvodnje imaju SAD, Kanada, Nizozemska i Australija.

Hidroponija je nesumnjivo budućnost poljoprivrede, te je značajna metoda uzgoja svježeg povrća u zemljama koje imaju malo obradivog zemljišta. Najveći nedostatak hidroponije je visina troškova. Očekuje se da će pojava novih tehnologija uzgoja biljaka omogućiti veću ekonomsku isplativost. U svijetu u kojem znanstvenici svakodnevno rade na rješavanju pitanja sigurnosti i kvalitete hrane te očuvanju prirodnih resursa na održiv i ekološki način, hidroponija će imati veliku ulogu u čovjekovom budućem opstanku.

Trenutni lider u hidroponskom uzgoju je Nizozemska koja je prije 25 godina imala 3% od ukupnog zaštićenog prostora pod hidroponom, a 10 godina poslije 40% (Parađiković i Kraljićak, 2008.).

Za hidroponski uzgoj potrebna su velika ulaganja jer se koristi automatizirana oprema, visoko kvalitetni supstrati i specijalna gnojiva pa u Hrvatskoj hidroponija još nije zaživjela u mogućnostima u kojima može. Nužno je poznavati potrebe tržišta, kvalitetu i cijenu gotovog proizvoda. U Hrvatskoj se relativno mali broj proizvođača bavi hidroponskim uzgojem a najčešće uzgajane kulture su: paprika, rajčica, salata, kupus, radič i špinat. U drugim državama Europe se u hidroponima uzgajaju još brojne druge kulture (Parađiković i Kraljićak, 2008.).



Slika 1. Hidroponski uzgoj u zaštićenom prostoru
(Izvor: http://pinova.hr/hr_HR/baza-znanja/povrcarstvo/paprika/hidroponski-uzgoj-paprike)

3. SUSTAVI HIDROPONSKOG UZGOJA

Hidroponski uzgoj biljaka je inovativni način uzgoja u kojima bilje uzgajamo u zaštićenim prostorima kao što su plastenici i staklenici s grijanjem, bez tla odnosno u hranjivoj otopini. Takav način uzgoja nam omogućava uzgoj biljaka kroz cijelu godinu. U takvom načinu uzgajanja nema potrebe za plodoredom i sterilizacijom tla, biljke ne dolaze u kontakt sa štetnicima i bolestima te je financijska isplativost veća.

Kod hidroponskog uzgoja postoji razlika u sustavu vlaženja supstrata te se s toga dijele na:

- otvorene sustave (drain to waste) – hranjiva otopina se samo jednom koristi za vlaženje supstrata
- zatvorene sustave – hranjiva otopina se reciklira. Ovaj sustav proizvodnje je ekološki prihvatljiv, jer se višak hranjive otopine, koji se skuplja u spremniku ponovno vraća i može ponovo koristiti što čini uštedu vode do 70 %.

Prema Parađiković i Kraljičak (2008.) u hidroponskom uzgoju razlikujemo dva sustava uzgoja i to :

- sustav proizvodnje bez supstrata: sustavi koji koriste samo hranjivu otopinu, vodu i zrak (Čoga, 2014.). Primjeren je za uzgoj kultura kao što su lisnato povrće i začinsko bilje. Hidroponi bez supstrata obuhvaćaju: tehniku hranjivog filma („Nutrient Film Technique“, NFT), aeroponiju („Root Mist Technique“), plutajući sustav kontejnera („Floating Hydroponics“), (Čoga, 2014.).
- sustav proizvodnje s inertnim supstratom: sustavi koji koriste hranjivu otopinu u kombinaciji sa inertnim supstratima: organskog, anorganskog i sintetskog podrijetla (Čoga, 2014.). U ovom načinu proizvodnje supstrat predstavlja medij čija je uloga učvršćivanje korijena biljke, održavanje količine vode u obliku koji je pristupačan biljkama, otjecanje viška hraniva te prozračivanje. Supstrat ne smije mijenjati svoja kemijska svojstva u dodiru s vodom i hranivima te zadržavati toksične tvari. Mora biti sterilan, inertan i imati odgovarajući kapacitet za vodu (hranjivu otopinu) i zrak.

U sustavima sa supstratom, supstrat mora biti sterilan, bez hraniva, porozan te u isto vrijeme bi trebao omogućiti zadržavanje i otpuštanje vode tj. hranjive otopine. Najčešće se kao supstrati koristi kamena vuna (slika 2.), kokosova vlakna (slika 3.), vulkanski pijesak (slika 4.) i drugi.



Slika 2. Kamena vuna
(<https://www.ikoma.hr/content/product/image/s/kamena-vuna>)



Slika 3. Kokosova vlakna
(<http://frema.si/web/image/product.template/1449/image>)



Slika 4. Vulkanski pijesak (perlit)
(www.archiproducts.com/es/productos/)

4. VRSTE HIDROPONSKOG UZGOJA

4.1. Kapilarni hidroponski uzgoj

Kapilarni uzgoj pasivan je način uzgoja biljaka i zbog svoje jednostavnosti postao je i najčešće korišteni sustav hidroponskog uzgoja. Velika mu je prednost mogućnost korištenja više supstrata, a hranjiva otopina se crpi iz spremnika (slika 5.). Preporuča se za uzgoj sporo rastućeg bilja, npr. cvijeća koje se uzgaja u lončanicama. Nedostatak ovog sustava se pokazuje kod biljaka koje troše velike količine vode i koje mogu brže upiti hranjivu otopinu nego što dolazi iz spremnika. (Dombaj, 2010.).



Slika 5. kapilarni (Wick) hidroponski uzgoj

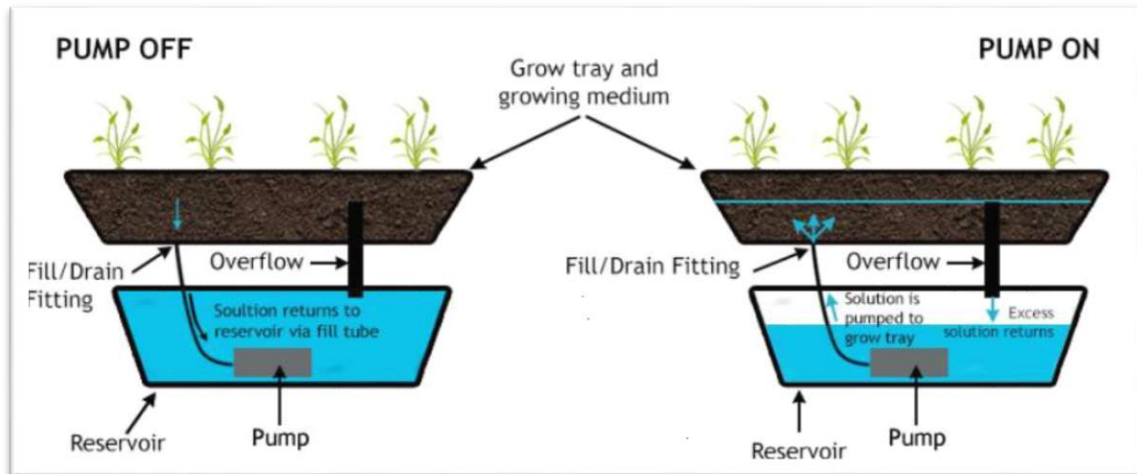
(<https://hidroponikpd.weebly.com/1-wick-system.html>)

4.2. Sustav oseke i plime (Ebb and Flow)

Ovaj sustav radi na principu intervala tijekom kojih se natapaju uzgojne posude hranjivom otopinom i vraćaju otopinu nazad u spremnik (slika 6.). Postupak se obavlja pumpom koja je povezana s kontrolnim satom. Kada se sat uključi, hranjiva otopina se pumpa u uzgojnu posudu, a kada se isključi, otopina se vraća natrag u spremnik slobodnim padom. Timer (kontrolni sat) je namješten tako da se ovaj postupak ponavlja nekoliko puta dnevno što ovisi o veličini i vrsti biljke, temperaturi, vlažnosti i vrsti supstrata koji se koristi za uzgoj.

Najveći nedostatak ovog sustava je što se korijen i supstrat vrlo lako mogu isušiti. Do isušivanja dolazi ako se prekine vodeni ciklus, a potrebe biljke nisu zadovoljene (Dombaj,

2010.). Rješenje problema je u korištenju supstrata koji zadržava višak vode, a on može biti u obliku kamene vune, vermikulita, kokosovih vlakana i dr.



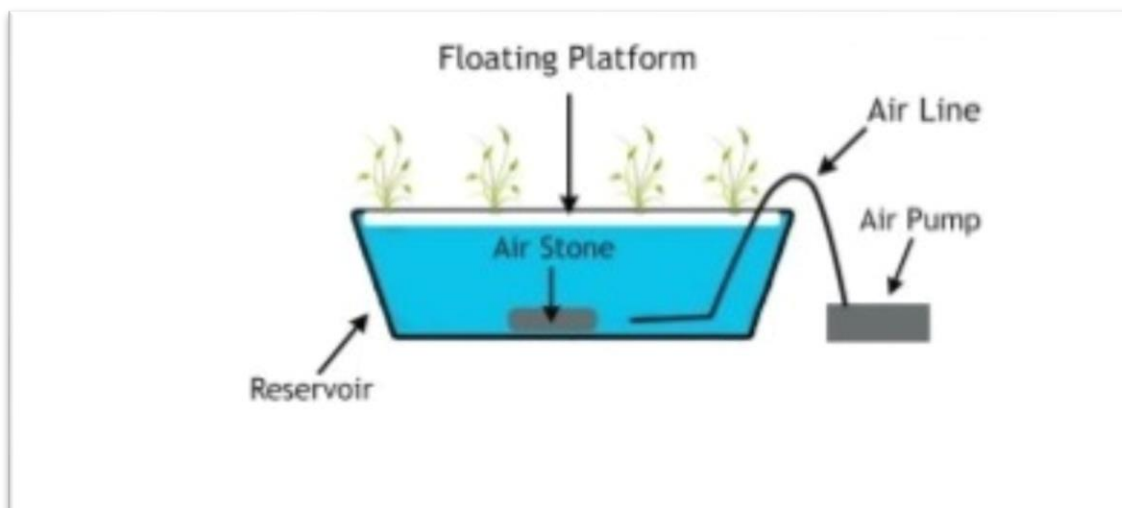
Slika 6. Prikaz sustava plime i oseke

(<https://zelenastanica.com/growtips/nacini-uzgoja>)

4.3. Plutajući hidroponski sustavi (Vodena kultura - Water Culture)

Ovi sustavi su temeljeni na jednostavnom principu plitkih bazena ispunjenih hranjivom otopinom u kojoj plutaju polistirenske ploče ili kontejneri s biljkama. Sustav vodene kulture (slika 7.) uključuje bazen u kojem se biljke uzgajaju na način da plutaju na stiropornoj podlozi ili se biljke nalaze u kontejneru. Korijen biljke je u potpunosti uronjen u vodu, a za uzgoj je neophodna zračna pumpa koja se koristi za prozračivanje vode tj. unošenje dovoljne količine kisika u vodu. Na ovaj način biljkama je osiguran neograničen pristup vodi, hranivima i kisiku tijekom 24 sata.

Potrošnja vode je vrlo racionalna jer nema gubitaka evaporacijom i procjeđivanjem koji su uobičajeni u konvencionalnom uzgoju gdje je tlo supstrat za biljnu proizvodnju.

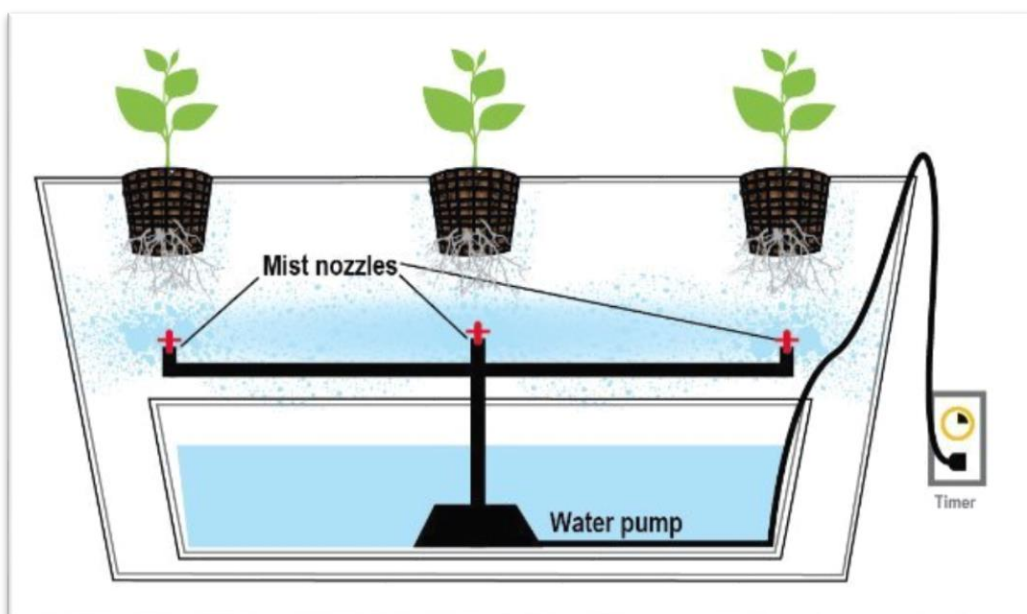


Slika 7. Sustav vodene kulture

(<https://hidroponikpd.weebly.com/4-water-culture-system.html>)

4.4. Aeroponski uzgoj

Aeroponski uzgoj jedan je od najkvalitetnijih hidroponskih uzgoja. Korijen biljke nalazi se u zraku te se po njemu svakih nekoliko minuta raspršuje hranjiva maglica (slika 8.). Tim postupkom biljkama je dostupna dostatna količina kisika i hraniva te biljke rastu 50 % brže nego u uzgoju sa supstratom (Shrestha i Dunn, 2013.). Za ovaj uzgoj neophodni su držači stabljike jer se biljke ne mogu ukorijeniti u supstrat. Uz to, treba osigurati i neprozirna korita, jer je korijenje osjetljivo na svjetlo. Prednost aeroponskog uzgoja je lako premještanje i čišćenje korita kod pranja i dezinfekcije.



Slika 8. Aeroponski sustav uzgoja

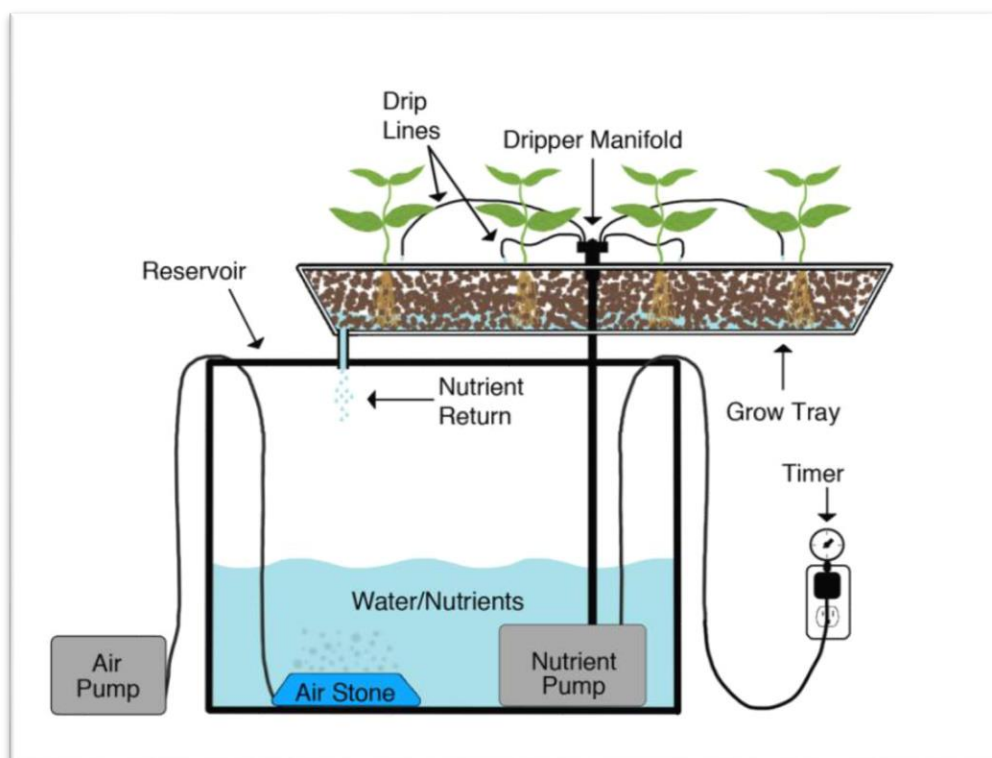
(<http://medigrowinnovation.com/2017/03/03/hydroponic-aeroponic-system/>)

4.5. Kapajući ili Drip sustav

U svijetu je najviše zastupljen sustav hidroponskog uzgoja sa supstratom (slika 9.). Koristi se i u Hrvatskoj za proizvodnju plodovitog povrća. Otopina hranjivih soli dovodi se podvodnom pumpom do svake biljke posebno s malom kapaljkom. U zatvorenom sustavu višak hranjive otopine koja otječe, vraća se u spremnik za ponovnu upotrebu. Otvoreni sustav ne preuzima već korištenu hranjivu otopinu (Dombaj, 2010.).

Preddnosti drip sustava su u tome što biljka ima potporanj za rast korijena, koristi se manja količina vode te je ovaj sustav pogodan za uzgoj više kultura odjednom.

Način funkcioniranja hidroponskog kapljičnog sustava je jednostavan. Voda (hranjiva otopina) ispumpava se iz rezervoara kroz cijevi do biljke (gdje se nalazi korijen biljke), odakle iz kabine kaplje na supstrat za rast biljke. Hranjiva otopina se odlijeva, natapajući korijenje i supstrat sve do dna posude. Odatle hranjiva otopina teče kroz otvor/otvore, a gravitacija omogućuje descendentno kretanje hranjive otopine kroz cijev sve do rezervoara.

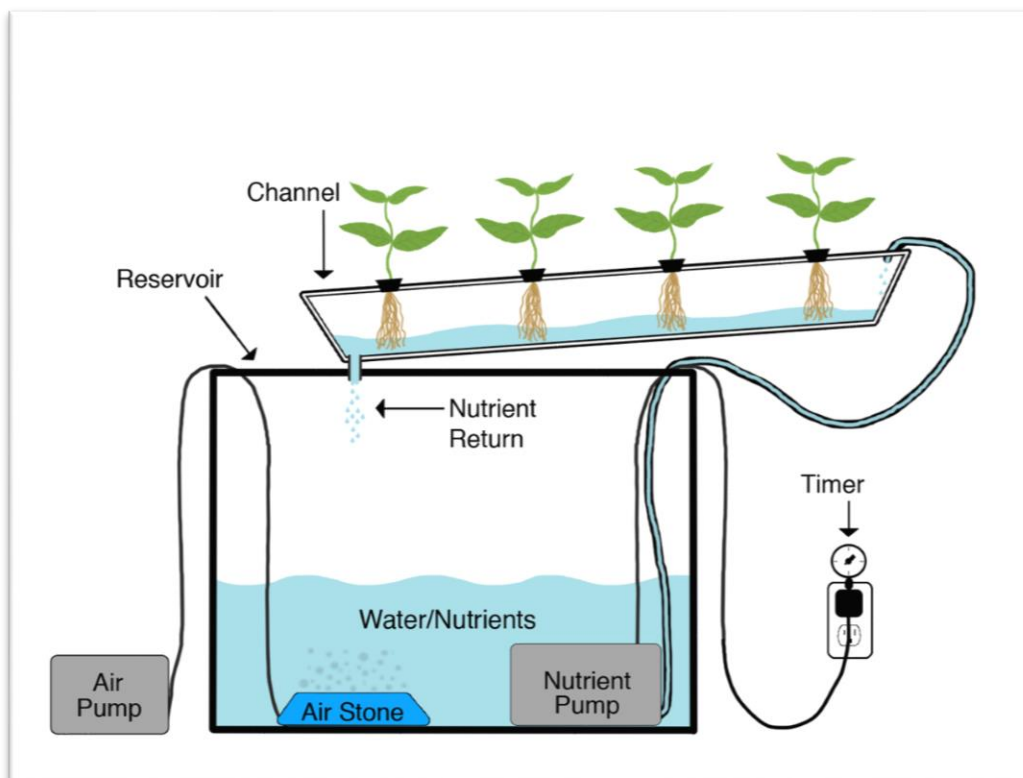


Slika 9. Prikaz kapajućeg sustava

(<https://zelenastanica.com/growtips/nacini-uzgoja>)

4.6. Tehnika hranjivog filma ili NFT

Tehnika hranjivog filma (slika 10.) razvijena je 70-tih godina u Engleskoj i mnogi je smatraju najboljom hidroponskom metodom. Radi na principu spremnika s vodom i hranivima unutar kojeg je pumpa za vodu i raspršivanje zraka (Shrestha i Dunn, 2013.). Voda otječe konstantno i vrlo sporo kroz plastične cijevi u kojima su rupičasti lončići s biljkama. Medij za rast je zrak i malo hidro supstrata u lončićima. Korijen je u stalnom dodiru s vodom i hranivima. Hranjiva otopina obogaćena je kisikom te protječe do kraja cijevi i vraća se nazad, odnosno reciklira se.



Slika 10. Tehnika hranjivog filma

(<http://aquaponicsgetdes.blogspot.com/2017/10/nutrient-film-technique-nft-hydroponic>)

5. HIDROPONSKI UZGOJ S I BEZ SUPSTRATA

5.1. Uzgoj s inertnim supstratom

Glavni oblik proizvodnje povrća u hidroponskom uzgoju je uzgoj sa supstratima. Supstrat predstavlja medij koji ima ulogu pričvršćivanja korijenovog sustava, izmjenu zraka i održavanje dostupnosti vode. Supstrat mora biti sterilan i inertan, treba sadržavati kapacitet za vodu, zrak i hranjivu otopinu i dobar odnos mikro i makro pora. U dodiru s hranivima i vodom, ne smije mijenjati svoj sastav i zadržavati toksične tvari (Parađiković, 2009.). Razlikujemo supstrate organskog, anorganskog i sintetičkog podrijetla:

1. Organski supstrati: treset, rižine ljuske, kokosova vlakna, kora drveta, borove iglice i drugi. Navedeni supstrati imaju veliku sposobnost zadržavanja vode.
2. Anorganski supstrati: kamena vuna, vermikulit, kvarcni pijesak, stiropor i drugi. Navedeni supstrati imaju vrlo malu sposobnost izmjene kationa i to rezultira smanjivanjem njihove sposobnosti oslobađanja vezanih hraniva. Svoju strukturu zadržavaju tijekom dužeg vremena.
3. Sintetički supstrati: ekspanzirani poliuretani, ekspanzirani polistireni i urea formaldehid. Oni se javljaju kao nusproizvod industrije namještaja. Imaju nešto manji kapacitet zadržavanja vode od kamene vune, visoko su porozni te ukoliko se dezinficiraju vodenom parom moguće ih je koristiti duži vremenski period.

Izbor supstrata kao medija za uzgajanje ovisi o klimatskim uvjetima, tipu opreme u plasteniku i zahtjevima biljaka. Najrašireniji i najčešće korišten supstrat u hidroponskom uzgoju povrća je kamena vuna (slika 11.). To je inertni materijal koji se sastoji od vlakana bazaltnih stijena koje su topljive na 1600°C, pretvaraju se u lavu koja se centrifugalno razbacuje u tanke niti koje se hlade i prešaju u razne dimenzije. Slabo je alkalna, fiziološki inertna i biološki nerazgradiva. Kamena vuna ima pH vrijednost 7-7,5; ima dobar kapacitet zadržavanja vode te budući da nema pufernu sposobnost, lako se snižava pH na željenu vrijednost. Na tržištu se pojavljuje u raznim oblicima, dimenzijama i gustoći (Parađiković, 2009.).

Prednosti kamene vune su sljedeće:

- ekonomično korištenje hraniva
- smanjen rast korijena

- smanjen rizik od bolesti i štetnika
- nema korova
- lakša kontrola uzgoja
- moguća reciklaža nakon korištenja.

Nedostatci kamene vune su:

- skupa reciklaža – opasnost od otpada
- visoka početna ulaganja
- uvjetovana otpornost na vlagu, plijesan i nametnike



Slika 11. Uzgoj rajčice na kamenoj vuni

(<https://www.zadarskilist.hr/>)

Kokosov supstrat pripada u inertni materijal, sačinjen je od kokosovih vlakana. Zbog sitnih mikroskopskih stanica koje ga grade, ima dobro svojstvo zadržavanja hranjive otopine te također zadržava i poroznost (Parađiković, 2009.) Zbog tih svojstava može biti alternativa tresetu i staklenoj vuni. U sebi sadrži 70% lignina i korisne mikrobe, a pH vrijednost iznosi 5,2 - 6,8 (Parađiković, 2009.).

Ponovno vlaženje lakše je nego kod treseta jer nisu potrebi dodatci, odnosno sredstva za vlaženje, jer sam supstrat ima dobru poroznost i drenaža je bolja nego kod treseta. Manje se skuplja i otporan je na zbijanje. Razlaganje traje sporije od treseta, nema korova i patogena.

Prednosti kokosovog supstrata su:

- omogućen je lakši pristup tekućinama s korisnim supstancama u korijenovom sustavu
- dobra izmjena zraka
- podloga prikladna i lagana za upotrebu
- ne dehidrira i ne stvara se kora
- kod presađivanja, posadi se sadnica zajedno sa spremnikom i bez uklanjanja podloge, a pri tome korijen neće biti oštećen i biljka će preživjeti u 100 % slučajeva

5.2. Hidroponski uzgoj bez supstrata

U hidroponski uzgoj bez supstrata pripada tehnika hranjivog filma, aeroponija (horizontalna i vertikalna), sustavi plutajućih kontejnera i vodena kultura. Europski proizvođači najčešće odabiru način uzgoja tehnikom hranjivog filma. Ta se tehnika pokazala kao najbolja u proizvodnji salate i ljekovitog bilja, rijetko se koristi u proizvodnji paprike i rajčice (Parađiković, 2009.) .

6. PREDNOSTI I NEDOSTACI HIDROPONSKOG UZGOJA

Prednosti i nedostaci hidroponskog uzgoja detaljnije su opisani u časopisu Hidroponika (Nga T. Nguyen, Samuel A. McInturf, David G. Mendoza-Cozalt, izdanje br.113, 2016.) pod naslovom „Prilagodljivi sustav za proučavanje raspodjele nutrijenata i odgovara biljaka na dostupnost nutrijenata i izloženost toksičnim elementima“.

Hidroponski sustavi su se prvenstveno koristili kao metoda za biološka istraživanja u kojima su se proučavale potrebe biljaka u komercijalne svrhe, a najčešći primjer su salata i rajčica. Brojni hidroponski sustavi osmišljeni su za proučavanje reakcije biljaka na biotske i abiotske stresove. Korištenje hidroponije pogodno je za slučajeve kada nutritivni medij treba biti pod kontrolom i kada je korijen potrebno izolirati za analizu, pa na ovaj način ostaje neoštećen za daljnju primjenu.

Potražnja za funkcionalnom hranom i rezanim lisnatim povrćem u porastu je u mnogim zemljama Europe (Toth i sur., 2012.). U Hrvatskoj je također prisutna potrošnja rezanog lisnatog povrća koji vodi prema proširenju tržišta. Kontinuirana opskrba tržišta takvim proizvodima zahtjeva proizvodnju u zaštićenom prostoru, posebno kada je uzgoj na otvorenom ograničen, a cijene visoke (Toth i sur., 2012.).

6.1. Prednosti hidroponskog uzgoja

Upravljanjem abiotskim čimbenicima u zaštićenom prostoru postižu se optimalni uvjeti za rast biljaka i skraćenje proizvodnog ciklusa. Specijalizirani proizvođači lisnatog povrća u konvencionalnoj proizvodnji na tlu susreću se s gljivičnim bolestima, korovima i nematodama pa nisu u mogućnosti planirati veliku cjelogodišnju proizvodnju (Pimpini i Enzo, 1997.).

Iz tih razloga, uzgoj povrća se sve više mijenja iz konvencionalne proizvodnje u tlu na hidroponski uzgoj. Hidroponski uzgoj rješava probleme gljivičnih oboljenja, nematoda i korova, ali i druge probleme vezane za tlo, sa ciljem postizanja kvalitetnijih proizvoda i većih prinosa uz smanjenje troškova proizvodnje i utjecaja na okoliš (Toth i sur., 2012.)

Hidroponski uzgoj dozvoljava kontrolu različitih čimbenika rasta i omogućuje čisti materijal pri berbi (Toth i sur., 2012.). Veći prinos u hidroponu temelji se na efikasnijem korištenju hraniva i vode koje rezultira ranijom berbom, ubrzanim rastom, većim brojem proizvodnih

ciklusa i produkcijom biomase u jedinici vremena i površini (Toth i sur. 2012.). Za ostvarivanje većih prinosa i kvalitetnih proizvoda, potrebno je odrediti optimalni sastav hranjive otopine, gustoću sjetve i odgovarajuću sortu, ovisno o razdoblju uzgoja i namjeni (Toth i sur., 2012.).

Prednosti hidroponskog uzgoja su velike, posebice kada se uspoređuju s uzgojem na površinama na kojima nije bilo uvjeta za uzgoj, na tlima smanjene plodnosti gdje bi ulaganja u povećanje plodnosti tla bila neisplativa za proizvođača te u uvjetima kada je proizvodnja limitirana veličinom površina. Prednosti hidroponskog uzgoja ogledaju se i kroz visok intenzitet proizvodnje i stabilan prinos po jedinici površine, te kroz smanjenu potrošnju vode, hraniva i zaštitnih sredstava, veću ranozrelost povrća i smanjenu pojavu stresa kod biljaka zbog bolje aktivnosti korijena (Čoga, 2014.).

Prema Jug (2013.) kod hidroponika, uzgoj je kontroliran automatskim uređajima za prilagođavanje koncentracije hranjivih elemenata, pH otopine, uvođenje kisika u otopinu (prozračivanje), itd. Većina hidroponskih načina uzgoja kombinirana je sa staklenicima uz nadzor temperature, svjetlosti, vlažnosti zraka, te prilagođavanje (povećanje) koncentracije CO₂. Time je omogućen uzgoj u svim razdobljima godine pod najpovoljnijim uvjetima. Visina prinosa je višestruko veća u odnosu na poljske uvjete, kakvoća proizvoda je visoka i moguće je detaljno planirati marketing proizvoda.

Kod uzgoja jedne kulture 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 podzemne vode. Smanjen je fizički rad, manja potreba za radom pri obradi, kultivaciji, dezinfekciji (Parađiković i Kraljičak, 2008.)

6.2. Nedostaci hidroponskog uzgoja

Svaki sustav ima svoje prednosti i nedostatke. Iako je ovdje nedostataka malo, oni su vrlo značajni za ovaj način uzgoja. Osim što su početna ulaganja visoka, postavljanje hidroponskog sustava je složeno i vremenski dugotrajno.

Nedostatak hidroponskog uzgoja je i sofisticirana tehnologija koja traži educirane osobe za upravljanje sustavom čija kontrola mora biti na dnevnoj bazi (priprema i transport hranjive otopine do biljke, zaštita, osvjetljenje, prozračivanje). Pri pojavi bolesti i štetnika, zaraza se

brzo širi putem vode. Prema istraživanju Cvjetković i sur. (2016.) dokazani su uzročnici bolesti u hidroponskom uzgoju (*Botrytis cinerea*, *Passalora fulva*, *Sclerotinia sclerotiorum*, *Erysiphe cichoracearum*, *Pseudomonas corugata*, *Phytophthora parasitica*, *Fusarium oxysporum*, *Phytium spp.*) u uzgoju na kamenoj vuni. Intenzivnija proizvodnja povrća u Hrvatskoj počela je unazad 5 godina. Nezabilježene bolesti u Hrvatskoj su se pojavile uvođenjem tehnike plutajućih kontejnera i akvaponije. Tako je 2011. godine na salati (slika 12.), a 2012.godine na matovilcu zabilježena trulež korijena u uzgoju u plutajućim kontejnerima.



Slika 12. *Pythium spp* na salati

(<https://blog.agrivi.com/hr/post/upravljanje-bolestima-uzrokovanim-pythium-gljivicama>)

Nedostatak hidroponskih tehnika uzgoja na supstratima je i dodatni problem zbrinjavanja i recikliranja anorganskih i sintetskih supstrata nakon korištenja u hidroponskom uzgoju.

7. HRANJIVA OTOPINA

Hranjiva otopina je stručno napravljena otopina u obliku lako topivih soli. Hranjive otopine, kao supstrat biljne ishrane, koriste se u hidroponima (slika 13.), a priređuju po različitim "receptima" zavisno od biljne vrste. Otopina mora sadržavati sve hranjive elemente u optimalnom odnosu, imati određenu pH-vrijednost, električnu vodljivost i koncentraciju ukupnih vodotopivih soli sukladno zahtjevima uzgojne kulture. Priprema se iz vodotopivih kompleksnih gnojiva ili pojedinačnih hranjivih soli, uz dodatak kiseline. Većini biljaka odgovara standardna otopina kao što je Hoagland broj 2, Pennigsfeld ili Gericke. Osmotski tlak hranjivih otopina za uzgoj biljaka u hidroponima obično je između 0.5 i 1.5 bar. pH vrijednost se mora češće kontrolirati i održavati na određenoj vrijednosti koja će ovisiti o biljnoj vrsti i njezinim zahtjevima za pH vrijednošću.

Hranjiva otopina se priprema u pojedinačnim ili u specijalnim mikserima. Spremnici za gnojiva pumpaju točno određenu količinu iz uskladištene otopine u glavni vod u ciklusu navodnjavanja. Mikser za hraniva miješa hraniva iz spremnika, s vodom u spremnicima za miješanje, kontrolirajući vodu nakon pumpanja u glavni vod za opskrbu biljaka. Hraniva se prave na osnovi analize vode, i nužno je obratiti pažnju na pH i EC. Najpovoljniji i preporučeni pH je oko 6, a EC oko 2,5.



Slika 13. Hidroponski uzgoj u stakleniku
(<https://3.bp.blogspot.com>)

8. ZAKLJUČAK

Povećanjem populacije također se povećavaju zahtjevi za hranom, a tradicionalni način uzgajanja ne može ispuniti sve veće potrebe. Klimatske promjene također zahtijevaju promjene u načinu proizvodnje hrane. Neophodni su novi načini uzgajanja da bi se izbjegla moguća kriza u bliskoj budućnosti. Mnoge provedene studije su potvrdile da je hidroponski način uzgoja ekonomski isplativ i ekološki prihvatljiv. Ovaj sustav uzgoja biljaka omogućava uzgoj na površinama na kojima uvjeti nisu pogodni, na tlima smanjene plodnosti te u uvjetima kada je proizvodnja limitirana veličinom površine ili nepovoljnim fizikalno-kemijsko-biološkim svojstvima tla. Prednosti hidroponskog uzgoja ogledaju se i kroz visok intenzitet proizvodnje i stabilan prinos po jedinici površine, te kroz smanjenu potrošnju vode, hraniva i zaštitnih sredstava, ranije dozrijevanje plodova te smanjenu pojavu stresa kod biljaka zbog optimalnih uvjeta rasta i razvoja.

Hidroponski način uzgoja postao je trend u mnogim zemljama svijeta. Prinosi su viši u odnosu na tradicionalni način uzgoja, plodovi veći, zdraviji i nutritivno bogatiji antioksidansima. Hidroponija je intenzivni oblik poljoprivrede, koji može ispuniti zahtjeve potrošača za kvalitetnim proizvodom tijekom cijele godine. Hidroponija više nije proizvodnja budućnosti već predstavlja sadašnjost.

9. POPIS LITERATURE

1. Arias, R., Lee, T. C., Specca, D., Janes, H. (2000.): Quality comparison of hydroponic tomatoes (*Lycopersicon esculentum*) ripened on and off vine. *Journal of Food Science*, 65(3), 545–548.
2. Alatorre-Cobos, F., Calderón-Vázquez, C., Ibarra-Laclette, E., Yong-Villalobos, L., Pérez-Torres, C.-A., Oropeza-Aburto, A., Herrera-Estrella, L. (2014.): An improved, low-cost, hydroponic system for growing *Arabidopsis* and other plant species under aseptic conditions. *BMC Plant Biology*, 14(1), 69.
3. Beibel, J.P. (1960.): *Hydroponics -The Science of Growing Crops Without Soill.* Florida Department of Agric. Bull. 180.
4. Berezin, I., Elazar, M., Gaash, R., Avramov-Mor, M., Shaul, O. (2012.): The Use of Hydroponic Growth Systems to Study the Root and Shoot Ionome of *Arabidopsis thaliana*. In: Asao T, editor. *Hydroponics - A Standard Methodology for Plant Biological Researches.* InTech;. ISBN: 978-953-51-0386-8
5. Buchanan, D. N., Omaye, S. T. (2013.): Comparative Study of Ascorbic Acid and Tocopherol Concentrations in Hydroponic- and Soil-Grown Lettuces. *Food and Nutrition Sciences*, 04(10), 1047–1053
6. Butler, J.D., Oebker, N.F. (2006.): *Hydroponics as a Hobby Growing Plants Without Soil.* Circular 844. Information Office, College of Agriculture, University of Illinois
7. Conn, S. J., Hocking, B., Dayod, M., Xu, B., Athman, A., Henderson, S., Gilliam, M. (2013.): Protocol: optimising hydroponic growth systems for nutritional and physiological analysis of *Arabidopsis thaliana* and other plants. *Plant Methods*, 9(1), 4.
8. Cvjetković B., Fabek S., Sever Z. (2016): Bolesti korijena u hidroponskom uzgoju i osvrt na parazite *Thielaviopsis basicola* (Berk. & Broome) Ferraris i *Pythium* sp. *Glasilo biljne zaštite*, 16 (2016), 6; 548-556
9. Čoga L., (2014.): *Ishrana bilja u zaštićenim prostorima.* Interna predavanja, Agronomski fakultet, Zagreb.
10. Dombaj, S. (2010.): Hidroponski sistem uzgoja biljaka. <https://www.agroklub.com/hortikultura/hidroponski-sistemi-uzgoja-biljaka/2431/>
(Datum pristupa: 24.06.2019.)

11. Dombaj, S. (2010.): Hidroponski sistemi uzgoja biljaka. <http://arhiva.savjetodavna.hr/adminmax/File/savjeti/Hidroponskisistemuzgojabiljaka.pdf>.
(Datum pristupa : 24.06.2019.)
12. Ellis, N.K., Jensen, M., Larsen, J., Oebker, N. (1974): Nutri-culture Systems Growing Plants Without Soil. Station Bulletin No. 44. Purdue University, Lafayette, Indiana.
13. Gent, M.P.N. (2012.): Composition of hydroponic lettuce: effect of time of day, plant size, and season. *J. Sci. Food Agric.* 92:542–550
14. Jones, J. B. (1982.): Hydroponics: Its history and use in plant nutrition studies. *Journal of Plant Nutrition*, 5(8), 1003–1030.
15. Jug,I. (2013.): Supstrati i gnojidba. Nastavni materijal za modul „Osnove tloznanstva i biljne proizvodnje. Fakultet agrobiotehničkih znanosti Osijek <http://ishranabilja.com.hr/literatura/tloznanstvo/Supstrati%20i%20gnojidba.pdf>
Datum pristupa: 19.08.2019.
16. Kopittke, P.M., Blamey, F.P.C., Asher, C.J., Menzies, N.W. (2009.): Trace metal phytotoxicity in solution culture: a review. *J. Exp. Bot.* 61:945–954.
17. Koyama, M., Nakamura, C., Kozo, N. (2013.): Changes in phenols contents from buckwheat sprouts during growth stage. *Journal of Food Science and Technology*, 50(1), 86–91
18. Nguyen, N. T., McInturf, S. A., & Mendoza-Cózatl, D. G. (2016.): Hydroponics: A Versatile System to Study Nutrient Allocation and Plant Responses to Nutrient Availability and Exposure to Toxic Elements. *Journal of visualized experiments : JoVE*, (113), 54317. doi:10.3791/54317 (Datum pristupa: 10.08.2019.)
19. Nicola S., Hoeberechts J., Fontana E. (2005.): Comparison Between Traditional and Soilless Culture Systems to Produce Rocket (*Eruca Sativa*) with Low Nitrate Content. *Acta Horticulturae* 697: 549-553 (Datum pristupa: 10.08.2019.)
20. Nicola S., Hoeberechts J., Fontana E. (2007.): Ebb-and-Flow and Floating Systems to Grow Leafy Vegetables: a Review for Rocket, Corn Salad, Garden Cress and Purslane. *Acta Horticulturae* 747: 585-592 (Datum pristupa: 20.08.2019.)
21. Osvald J., Kogoj-Osvald Marija (2005.): Hidroponsko gojenje vrtnin. Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za agronomijo, Ljubljana, Slovenija (Datum pristupa: 10.08.2019.)

22. Parađiković, N., Kraljićak, Ž., (2008.):
http://www.obz.hr/hr/images/Zasticeni_prostori-plastenici_i_staklenici.pdf
(Datum pristupa: 08.08.2019.)
23. Parađiković, N. (2009.): Opće i specijalno povrćarstvo. Materijal za studente preddiplomskih smjerova, Poljoprivredni fakultet u Osijeku, Osijek.
24. Pimpini F., Enzo M. (1997.): Present status and prospects for rocket cultivation in the Veneto region. str. 51-66 u Rocket: a Mediterranean crop for the world (Padulosi S. i Pignone D., ur.). International Plant Genetic Resources Institute, Rim, Italija
(Datum pristupa: 10.08.2019.)
25. Resh, H.M. (2013.): Hydroponic Food Production: a Definitive Guidebook for the Advanced Home Gardener and the Commercial Hydroponic Grower. CRC Press, Boca Raton, FL.
26. RIRDC - Rural Industries Research and Development Corporation (2001.). Hydroponics as an Agricultural Production System, Publication No 01/141, Project No HAS-9A, (RIRDC), Australian Government, Kingston, PO Box 4776, ACT 2604. (Datum pristupa : 10.08.2019.)
27. Shrestha A., Dunn B. (2013.): Hydroponics. Oklahoma Cooperative Extension Service, Oklahoma State University, Division of Agricultural Sciences and Natural Resources. https://www.researchgate.net/publication/280235408_Hydroponics
(Datum pristupa:07.08.2019.)
28. Toth, N., Fabek, S., Benko, B., Žutić, I., Stubljar, S. i Zeher, S. (2012.). Učinak abiotskih čimbenika, gustoće sjetve i višekratne berbe na prinos rige u plutajućem hidroponu. Glasnik Zaštite Bilja, 35 (5), 24-34 (Datum pristupa: 10.08.2019.)
29. <https://www.greenandvibrant.com/history-of-hydroponics>
(Datum pristupa:07.08.2019.)
30. <https://www.producegrower.com/article/cuesta-roble-2019-global-greenhouse-statistics> (Datum pristupa: 18.08.2019.)