



REPUBLIKA SLOVENIJA
MINISTRSTVO ZA KMETIJSTVO,
GOZDARSTVO IN PREHRANO



DIGITALIZACIJA NA KMETIJAH

Sklop H VISOKOTEHNOLOŠKI RASTLINJAKI

Avtorji: Boštjan Ferenčak, Metka Barbarič, Damjan Jerič

Za vsebino je odgovorna Kmetijsko gozdarska zbornica Slovenije.



Evropski kmetijski sklad za razvoj podeželja:
Evropa investira v podeželje

Organ upravljanja, določen za izvajanje Programa razvoja podeželja 2014-2020 je Ministrstvo za kmetijstvo, gozdarstvo in prehrano.

Leto 2023

KAZALO:

1. Razvoj visokotehnoloških rastlinjakov v svetu in pri nas.....	3
2. Uravnavanje klime	3
2.1 Uravnavanje temperature.....	4
2.2 Svetloba v zaščitenem prostoru in vključevanje umetne osvetlitve	5
2.3 Uravnavanje koncentracije CO ₂	6
2.4 Uravnavanje relativne zračne vlage	6
3. Namakanje v rastlinjakih	7
4. Primerjava pridelovalnih sistemov.....	9
5. Tri pogostejše tehnike hidroponskih sistemov.....	10
6. Rešitve, ki jih prinašajo sodobne tehnologije pri pridelavi vrtnin	11
7. Praktični del s prikazom primerov dobrih praks pridelave v visokotehnoloških rastlinjakih 13	
8. Elementi ekonomičnosti postavitve in upravljanje visokotehnoloških rastlinjakov	15
9. Literatura:	16

1. Razvoj visokotehnoloških rastlinjakov v svetu in pri nas

Z rastjo prebivalstva narašča potreba po pridelavi zadostnih količin hrane, hkrati pa postaja čedalje pomembnejši trajnostni razvoj kmetijstva. Sodobna hidroponska pridelava zelenjave, ki večinoma poteka v zaščitelih prostorih ob vključevanju umetne osvetlitve rastlin v zimskih mesecih omogoča neprekinjeno pridelavo skozi vse leto. S sodobnimi pristopi in optimizacijo pridelave bomo v prihodnje sposobni pridelati dovolj hrane z manjšim okoljskim odtisom. Zelenjadarje v zadnjih letih vse bolj pesti pomanjkanje delovne sile. Sodobne tehnologije pridelave v rastlinjakih omogočajo avtomatizacijo določenih procesov pridelave. Robotizacija se pri pridelavi zelenjave v svetu že uvaja. V majhni meri so roboti prisotni tudi na slovenskih kmetijah in podjetjih s pridelavo zelenjadnic, oz. sadik zelenjadnic.

Zgodovinsko gledano, so se v šestdesetih in sedemdesetih letih postavili v svetu številni rastlinjaki s hidroponskimi sistemi, ki so vključevali nove pristope v pridelavi vrtnin. V osemdesetih letih prejšnjega stoletja je bilo po vsem svetu že veliko avtomatiziranih in računalniško podprtih hidroponskih sistemov. Zlasti razvoj primernih rastnih medijev z optimalnimi fizikalnimi in kemijskimi lastnostmi v zadnjih 30–40 letih je privedel do tega, da ima hidroponsko gojenje v rastlinjakih pomemben delež pridelave po svetu. Napredek v prehrani rastlin in namakanju s sodobnimi pristopi gnojenja in avtomatiziranimi tehnologijami je prav tako naklonjen temu razvoju. V Pomurju je bil prvi sodoben visokotehnološki rastlinjak (steklenjak) velikosti 1 ha namenjen hidroponski pridelavi paradižnika postavljen v Moravskih Toplicah leta 2001 (»Zelenjadarska zadruga Grede d.o.o.«). Rastlinjak, ki je omogočal podaljšanje pridelave paradižnika z okolju prijaznim načinom ogrevanja z geotermalno energijo, je bil sprva tudi učni demonstracijski center za kmete, ki so se želeli preusmeriti v pridelavo vrtnin in tudi za kmetijske svetovalce, ki so se udeleževali posvetov o hidroponski pridelavi vrtnin. Podjetje Grede Tešanovci d.o.o. je prevzelo dejavnosti zadruga in se ukvarja s pridelavo in prodajo visokokakovostnega paradižnika iz tega rastlinjaka. Rastlinjak je opremljen z računalniško vodenim sistemom uravnavanja klime in namakanja.

Računalniško vodeni sistemi uravnavanja klime se uvajajo tudi v pridelavo vrtnin v tleh in v vzgojo sadik v zaščitelih prostorih.

Kmetijstvo se mora podobno kot druge panoge nenehno prilagajati zahtevam kupcev, konkurenci, še bolj kot v preteklosti pa se mora prilagajati tudi vremenskim spremembam. V kmetijskem sektorju se trudimo, da bi pokrili tudi izven sezonsko pridelavo zelenjave. To lahko dosežemo s pridelavo zelenjadnic v zaščitelih prostorih, kjer imajo le-te ugodnejše pogoje za rast, zato so običajno pridelki v zaščitelih prostorih večji kot pri pridelavi na prostem.

2. Uravnavanje klime

Ustrezne mikroklimatske razmere v rastlinjaku so eden izmed najpomembnejših dejavnikov za ekonomsko upravičeno in kakovostno pridelavo vrtnin. Mikroklimatske razmere vplivajo na rast in razvoj rastlin, pojav bolezni in škodljivcev ter višino in kvaliteto pridelka.

2.1 Uravnavanje temperature

Temperatura direktno vpliva na rast, zgodnost, višino pridelka in kvaliteto vrtnin. Dvig in nižanje temperature izven meja optimalnih vrednosti pripelje do počasnejše rasti, ali celo do ustavitve rasti. Ugodno temperaturo je potrebno vzdrževati že ob vzgoji sadik vrtnin, oz. takoj po setvi semen. V času kaljenja je pomembno, da ni temperaturnih nihanj in da vzdržujemo primerno visoko temperaturo za hitro in enakomerno kaljenje (v kalilnikih). Po kalitvi oz. takoj po vzniku setvene plošče premestimo na svetel in nekoliko hladnejši prostor v rastlinjaku, kjer potem tekom rasti sadikam omogočamo optimalno rast tudi z uravnavanjem temperature, tako podnevi kot tudi ponoči. Ob previsoki nočni temperaturi se sadike lahko pretegnejo. Z uravnavanjem temperature vplivamo na boljši razvoj koreninskega in nadzemnega dela sadike. Ko se zaradi zunanjih razmer sadikam ne da zagotoviti dovolj svetlobe (če nimamo dopolnilne osvetlitve), moramo temperaturo gojitvenega prostora znižati, namakanje pa nekoliko zmanjšati. Nenadne spremembe temperature in velike razlike med dnevno in nočno temperaturo prav tako niso ugodne za nadaljnjo rast in razvoj vrtnin. Če bi se želeli izogniti velikim nihanjem temperature v rastlinjaku in omogočiti vrtninam optimalne rastne razmere bi bilo skoraj nujno imeti v rastlinjaki sistem za ogrevanje. Dnevno temperaturo po presajanju sadik v rastlinjake uravnavamo v odvisnosti od sončnega sevanja. Dnevna temperatura uravnava fotosintetsko dejavnost rastlin, nočna pa dihanje (porabo asimilatov). Razmerje med dnevno in nočno temperaturo vpliva na hitrost rasti, razvoj ter količino pridelka.

Pridelovalne površine v zavarovanem prostoru lahko ogrevamo z ogrevalnimi pečmi na trda in tekoča goriva, s plinom ali elektriko; s termogeni na tekoča goriva, plin ali elektriko po ustreznem razvodnem sistemu (cevni razvod tople vode oz. toplega zraka), z uporabo odpadne vode iz energijskih in drugih objektov, z geotermalno energijo (razvod ogrevanja s cevmi in radiatorskimi sistemi). Sodobni zaščiteni prostori morajo biti opremljeni tudi z ventilatorji, ki pozimi razporedijo toploto v vsak del rastlinjaka, v poletnem času pa preprečujejo preveliko vlažnost v rastlinjaku. Te ventilatorje lahko poleti uporabljamo za dodatno prezračevanje notranjosti rastlinjaka.

Pomembno vlogo ima vsekakor tudi zadrževanje toplote v ogrevanih in tudi neogrevanih zaščiteneh prostorih. Zadrževanje toplote v plastenjaki dosežemo z večplastnim pokrivanjem s folijami (kritina iz dvojne folije z zrakom). Zrak je odličen izolator zato takšna izolacija precej vpliva na temperaturo v notranjosti. Dvojna folija z zračnim slojem omogoča zmanjšanje izgub toplote v primerjavi z enojnimi folijami do 35 %. Energijsko senčilne zavese imajo funkcijo senčenja in ohranjanja energije. Ob visokih cenah plina in tekočih goriv je lahko trenutno zelo aktualno ogrevanje z lesno biomaso. Zelo pomemben vir energije za ogrevanje rastlinjakov je ob trenutni visoki ceni energentov tudi geotermalna energija. Z različnimi tehnikami uporabe geotermalne energije lahko skozi celo leto zagotavljamo primerno temperaturo v rastlinjaki. Uporaba geotermalnih virov v kaskadi nudi postopno možnost koriščenja energije tople vode. Geotermalno energijo za ogrevanje rastlinjakov v Pomurju izkoriščajo v 3 večjih rastlinjaki. V Dobrovniku (Ocean orchids d.o.o.) in Renkovcih (Paradajz d.o.o.) izkoriščajo geotermalno energijo neposredno, podjetje Grede v Tešanovcih pa izkorišča toploto iz kaskadnega sistema. Ker so rastlinjaki v Tešanovcih zadnji prejemnik »toplote« v kaskadnem sistemu (odpadna voda iz »term«), imajo zaradi nihanja temperature vode, precej težav z ogrevanjem rastlinjaka. Geotermalna energija je okoljsko zelo sprejemljiv vir ogrevanja, če se voda po uporabi-

izkoristku v rastlinjaku ohlajena vrača- reinjicira v tla. Vzpostavitev povratnih vrtin preko katerih bi se ohlajena »geotermalna voda« vračala v tla predstavlja za uporabnike velik strošek.

Za ogrevanje rastlinjakov, predvsem pa rastlinjakov s hidroponskimi sistemi so zelo primerni cevni toplovodni ogrevalni sistemi. Grelne cevi so tudi glavna vodila za prehod električnih transportnih vozičkov, ki se uporabljajo v hidroponskih sistemih ob spravi pridelkov. Ti sistemi vzdržujejo enakomerne temperature s pozitivnim učinkom na mikroklimo. Gibanje zraka zaradi toplejše cevi/tirnice zmanjša vlažnost okoli rastline. Avtomatizirani načini gretja so prilagodljivi hitrim spremembam temperature.

Za uravnavanje temperature v zavarovanih prostorih sta zelo pomembna zračenje in višina zavarovanega prostora. Ohlajanje zraka v zaščiteneh prostorih omogoča zračenje. Z zračenjem uravnavamo tudi relativno zračno vlago. Visoke temperature v rastlinjakih preprečujejo dobro oprашitev in oploditev npr. paprike in paradižnika, pri visokih temperaturah tudi kalcij ni več dobro mobilen (posledice pomanjkanja kalcija se kažejo v odmiranju oz. gnilobi na muhi plodov pri plodovkah, ali robnem ožigu listov pri solati). Visoke temperature in močna osvetlitev lahko na rastlinah povzročata sončne ožige. Zračenje lahko zagotavljamo z bočnim, čelnim ali slemenskim prezračevanjem. Slemensko prezračevanje je lahko enostransko ali dvostransko. Najboljše prezračevanje rastlinjakov omogoča kombinacija bočnega in slemenskega zračenja. Pogosto zračenje pomaga iz rastlinjaka odvesti del toplote, kar pa v toplih poletnih mesecih večinoma ne zadošča. Uravnavanje primerne temperature dosežemo tudi z ventiliranjem. V rastlinjaku lahko v primeru previsokih temperatur le-to znižujemo tudi s senčenjem – z uporabo senčil iz različnih materialov. Pogosto uporabljamo senčilne mreže (mreže lahko namestimo nad ali pod folijo visoko nad rastlinami-le te zmanjšajo direktno sončno svetlobo za 30% ali več), tkanine, ali nanašamo premaze za senčenje rastlinjakov. Senčenje in zračenje je lahko uravnavano avtomatsko s pomočjo računalnika preko senzorjev za temperaturo in svetlobo. Hlajenje v rastlinjaku lahko izvajamo tudi s sistemom zamegljevanja ali oroševanja.

2.2 Svetloba v zaščitnem prostoru in vključevanje umetne osvetlitve

Osvetlitev je v vrtnarstvu zelo pomembna, saj pomanjkanje svetlobe neugodno vpliva na fotosintezo. Primerna osvetlitev pospešuje rast, cvetenje, razvoj plodov, barvil, aromatičnih in hranilnih snovi, vitaminov in na trpežnost pridelkov. Na primerno osvetlitev v rastlinjaku vplivamo že z ustrezno postavitvijo rastlinjaka, s pokrivanjem tal z belo folijo, umetnim dosvetljevanjem, senčenjem. Jakost svetlobe v rastlinjaku je odvisna od kritine in vpadnega kota sončnih žarkov. Od pomladi do jeseni je običajno svetlobe dovolj, včasih celo več, kot je potrebno, saj se zaradi močnega osončenja preveč poviša tudi temperatura. V zimskih mesecih naravne svetlobe za optimalno rast, razvoj in ohranjanje kakovosti večine vrtnin primanjkuje. Pomanjkanje lahko odpravimo z dodatnim, umetnim osvetljevanjem. Absorpcija svetlobe je višja in fotosinteza najbolj učinkovita s svetili, ki oddajajo primerno barvo (valovno dolžino) svetlobe. Za rastline je najpomembnejši moder (vegetativna rast) in rdeč (cvetenje in razvoj plodov) spekter svetlobe. Če v zaščiteneh prostorih želimo gojiti rastline preko celega leta moramo svetila uporabljati strokovno in poleg dovajanja umetne osvetlitve upoštevati še ostale

parametre (temp., relat. zračna vlaga, CO₂...), ki so prav tako pomembni za normalno rast rastlin. Dobro moramo poznati osnovne zahteve in potrebe gojenih rastlin po svetlobi. Prekomerno dovajanje umetne svetlobe negativno vpliva na rast in razvoj, kvaliteto in količino pridelka. Nepravilna uporaba in izbira luči za umetno osvetljevanje lahko poslabša ekonomiko pridelave ali povsem uniči pridelek. Večina starejših svetil (HPS) je energetske zelo potratnih, pri novejših (LED) svetilih, pa velja, da so energetske bistveno bolj varčne. LED-svetilke imajo veliko prednosti v primerjavi s klasičnimi (HPS in drugimi) lučmi, saj nudijo možnost prilagoditve jakosti osvetlitve in s tem možnost gojenja različnih vrst rastlin ob uporabi istih luči. V raziskavi so pri paradižniku ugotovili, da najvišjo produktivnost dosežemo, če paradižnik osvetljujemo s svetlobo med 600 in 700 nm, kar pomeni, da mora biti svetloba sestavljena iz 60–65 % rdeče barve, preostali del (35–30 %) celotne osvetlitve pa uravnotežimo z modro in zeleno barvo oz. svetlobo.

Tuje raziskave, na temo umetne osvetlitve v vrtnarstvu so izvedene v kontroliranih pogojih pridelave ali nam nepodobnih agroklimatskih pogojih. Zato je smiselno, da raziskave o uporabi luči (LED, HPS, LASER), izbiri najbolj optimalnega spektra, in načinu postavitve luči v prostor nadaljujemo v domačih agroklimatskih pogojih in pridobimo izkušnje, ki bodo primerne za slovenskega pridelovalca (Blaž Germšek).

2.3 Uravnavanje koncentracije CO₂

Normalna koncentracija CO₂ v atmosferi je 0,03 %, v zaščiteneh prostorih z gojenimi zelenjadnicami pa je lahko koncentracija zelo spremenljiva. Ponoči koncentracija narašča, preko dneva pa se zmanjšuje. V primeru močne osvetlitve pride do hitrega padca CO₂, kar lahko močno vpliva na razvoj rastlin. Priporočena je regulacija koncentracije s pomočjo reguliranega zračenja ali z dovajanjem CO₂.

2.4 Uravnavanje relativne zračne vlage

Zračna vlaga je pomemben rastni dejavnik. Odstopanja od relativno ozkih intervalov optimalne vlažnosti zraka vplivajo na razvoj rastlin, najbolj pa je prizadeta faza cvetenja. Zaradi izhlapevanja vode iz tal in listov rastlin (evapotranspiracije) se viša relativna zračna vlaga v zaščitenem prostoru. Čim bolj rastlina transpirira, tem hitreje raste. Za 1 kg sušine mora rastlina sprejeti in oddati 300 do 800 l vode, zato morajo imeti rastline na voljo zadosten stalen dotok vode. Z višanjem temperature se zelo poveča transpiracija, zato morata biti toplota in vlaga v ustreznem razmerju. Presuh zrak povzroči, da rastline intenzivno oddajajo vodo. Zračno vlago lahko zvišamo s pomočjo megljenja ali oroševanja. V kolikor je v zaščitenem prostoru previsoka zračna vlaga, rastline slabše rastejo in so bolj dovzetne za pojav bolezni. Zato je v pomembno intenzivno zračenje, ne samo zaradi visoke temperature, temveč tudi zaradi previsoke vlage.

3. Namakanje v rastlinjakih

Brez namakanja v rastlinjakih ne moremo pridelovati ničesar. Ob tem, da imamo v rastlinjakih padavine in zračno vlago pod nadzorom, pa moramo zaradi tega več pozornosti nameniti namakanju. Namakanje moramo načrtovati že ob postavitvi rastlinjaka, ko moramo namakalni sistem prilagoditi kulturi, ki jo bomo pridelovali in predvsem tehničnim možnostim, da bo pridelava taka, kot si želimo.

Že pred postavitvijo rastlinjaka moramo razmišljati, koliko vode bomo rabili, in kje jo bomo dobili. Viri vode so lahko različni, pomembno je, da je voda primerna za namakanje in v zadostni količini. Zato je potrebno pridobiti vodno pravico za koriščenje vode.

Sestavni deli namakalnega sistema

Namakalni sistem sestavlja centralna enota s črpalko, filtrirnim sistemom, fertigacijsko napravo in osrednjim računalnikom, ki krmili vse enote med sabo in skrbi za pravilno delovanje. Programsko opremo računalnika je možno nastaviti glede na želje in potrebe rastline, s tem da imamo celoten sistem pod nadzorom v realnem času. Sestavni del vsakega namakalnega sistema je sistem senzorjev, ki nenehno pošilja računalniku podatke. Po rastlinjaku je voda speljana po primarnem, sekundarnem in terciarnem vodu, ki je načrtovan tako, da nam omogoča natančno dovajanje vode do rastline.

Kakovost vode

Kakovostna in neoporečna voda je osnova za namakanje in kakovostne pridelke. V vsakem primeru vodo pred vstopom v primarni vod prefiltriramo. Glede na kakovost vode se tudi odločamo o stopnji filtracije. Poznati moramo trdoto in pH vode, priporočamo pa tudi periodično mikrobiološko analizo vode. Glede na nečistoče prilagodimo stopnjo filtracije, v primeru prisotnosti mikroorganizmov pa tudi za razkuževanje vode s pomočjo UV presvetljevanja ali ozonifikacije. Manj primerna metoda je kloriranje zaradi možne fitotoksičnosti klora na rastlino.

Načini namakanja v rastlinjakih

V rastlinjakih se večinoma uporablja lokalizirano namakanje (kapljični sistem), saj ne želimo da so rastline mokre. S tem preprečimo, da se ustvarijo ugodni pogoji za pojav bolezni, prav tako ob tem potrebujemo manj zaščite s FFS. Oroševanje po listih se uporablja v manjšem obsegu, večinoma v pridelavi sadik, kjer imamo veliko število rastlin na majhnem prostoru in ni možno k vsaki rastlini napeljati kapljača.

Namakanje lahko poteka enosmerno, če imamo rastline v zemlji, v kolikor pa rastline niso v zemlji, pa uporabljamo sistem, kjer odvečno vodo zbiramo in jo ponovno uporabimo. Na ta način porabimo manj vode na enoto pridelka.

V sodobnih rastlinjakih je v uporabi več različnih načinov namakanja. Pri namakanju paradižnika ali jagod se uporabljala lokalizirano pulzno namakanje, kjer rastlina po kapljaču večkrat na dan dobi vodo s hranili, ki je tako rastlini vedno na voljo. Odvečna voda se zbira v drenažnih kanalih in se vrača v sistem.

Pri pridelavi okrasnih rastlin se uporabljajo poplavne mize, na katerih so rastline, tako da si rastlina sama vzame vodo glede na potrebe. Namakanje se vrši glede na potrebe rastline.

Fertigacija

V rastlinjakih se povečini gnojenje izvaja s pomočjo fertigacije, kjer posamezna hranila raztopimo v vodi in jih skupaj z vodo dovajamo rastlini. Pri tem moramo biti zelo natančni, v pomoč so nam sistemi za fertigacijo, ki natančno dozirajo posamezna hranila glede na potrebe rastline. Celoten proces mešanja in nadzor krmili centralna enota, ki so ji v pomoč senzorji, ki nenehno analizirajo določene parametre. Na ta način se sistem lahko hitro samodejno ustavi, preden bi v primeru neprimerne raztopine na rastlinah povročili škodo.

Ob fertigaciji moramo biti pozorni predvsem na električno prevodnost, pH in trdoto vode, saj so posamezne rastline lahko zelo občutljive predvsem ne neprimerno elektroprevodnost vode (EC). Vrednost se meri tako ob vstopu vode v primarni vod, v tleh, v primeru zbiranja odvečne vode (hidroponika) pa tudi na izhodu. Vsaka rastlina ima zaradi tega drugačne potrebe po hranilih in vrednosti EC, saj se ob povišani vrednosti EC zmanjša pridelek, pojavljajo pa se težave v rasti, ki lahko privedejo tudi do propadanja rastlin. Če je vrednost EC na vstopu in izstopu enaka pomeni da rastlina črpa tako hranila kot vodo in je prehrana uravnotežena.

V primeru da je vrednost EC na izstopu višja kot na vstopu pomeni da rastlina črpa več vode, oz. je koncentracija hranil previsoka in je potrebno dodati več vode.

V primeru da je vrednost na izhodu EC manjša, pa rastlina črpa več hranil kot vode, kar pomeni da je hranil premalo.

Pomembno je, da se za vsako kulturo posebej pripravijo recepti za fertigacijo, zelo pomemben pa je tudi nadzor.

V primeru hidropnike, kjer se voda vrača v sistem vse skupaj uravnava računalniški sistem in sproti prilagaja raztopino.

Zelo pomemben faktor je tudi vrednost pH vode za namakanje, ki jo v primeru neprimerne vrednosti uravnamo pred vstopom v primarni vod.

Sodobni fertigacijski sistem se sestoji centralne enote in 6 – 8 dozatorjev za posamezna hranila oz raztopine za uravnavanje pH vrednosti.



Slika 1: Sodoben centralni sistem za namakanje in fertigacijo v rastlinjaih (Vir. Spletna stran Netafim)

Pri hidroponskih sistemih običajno »čiste vode« brez hranil za namakanje vrtnin ne uporabljamo. V hidroponskih sistemih se pri oskrbi vrtnin z vodo v poslužujemo predvsem fertigacije. Poraba vode v hidroponskih sistemih zavisi od same vrste hidroponskega sistema. Hranila, potrebna za rast rastlin, se v hidroponski pridelavi nahajajo v raztopini, ki se dovaja neposredno koreninam, zato lahko prilagodimo sestavo in količino raztopine potrebam rastline v določeni fazi rasti. Rastline v hidroponiki imajo običajno manjši koreninski sistem, zato lahko več energije usmerijo v rast listov in stebel. Poznamo različne hidroponske sisteme: zaprte, kjer hranilna raztopina po sistemu kroži in odprte, kjer hranilno raztopino po uporabi zamenjamo. Glede na načine gojenja v hidroponskih sistemih ločimo med sistemi brez substrata: plavajoče sisteme (vodne kulture) - pri teh sistemih so gojene vrtnine vložene v plošče ali mreže v vodne bazene s hranilno raztopino; tehniko hranilnega filma- NFT (Nutrient Film Technique) pri kateri rastline rastejo s koreninami v dolgih plastičnih kanalih ali ceveh, v katerih se na dnu v tanki plasti preteka hranilna raztopina; tehniko globinskega pretakanja (DFT) - hranilna tekočina se pretaka z višjega nivoja na nižji in je zato velika površina tekočine izpostavljena difuziji zraka. Posebno varčen sistem z vodo je aeroponsko gojenje (izmenjevanje oskrbe s hranilno raztopino in z zrakom v enakomernih časovnih presledkih) v cevni ali kanalskih sistemih, oz. oroševanjem koreninskega sistema s hranilno raztopino s pomočjo finega razprševanja z meglilnimi šobami v zaprtih sistemih. Pri agregatnih hidroponskih sistemih nudi trden substrat rastlini oporo in ugodne fizikalne razmere za rast in razvoj korenin. Ti sistemi so lahko odprti ali zaprti (neizrabljena, odvečna) hranilna raztopina se vrača nazaj v rezervoar. Sistemi dovajanja hranilne raztopine in koncentracija hranil so prilagojeni samim tehnikam pridelave, gojenim vrstam, sortam, razvojnim stadijem gojenih rastlin, času pridelave in okoljskim dejavnikom. Glavna sestavina vsake hidroponske hranilne raztopine je voda, zato pripravo raztopine začnemo z analizo vzorca vode. Optimalen pH hranilne raztopine za zelenjadnice v hidroponskih sistemih se giblje med 5,5-6,5.

Pri paradižniku, ki ga v hidroponiki običajno gojimo na trdnih substratih (najpogosteje v kameni volni, v zadnjem času pa v kokosovih vlaknih) je pogostost namakanja s hranilno raztopino odvisna od razvojnega stadija, klimatskih razmer in letnega časa in se lahko izvaja od 2 do 30 krat dnevno. Fertigacijo uravnava računalniški sistem.

4. Primerjava pridelovalnih sistemov

V hidroponskih sistemih pridelave vrtnin je poraba vode manjša kot pri pridelavi v tleh. Glavna razlika glede oskrbe rastlin s hranili, med gojenjem v tleh in hidroponskim gojenjem je prav v natančnosti odmerjanja in razpoložljivosti določenih elementov, potrebnih za rast rastlin. To velja še posebej za avtomatizirane sisteme, kjer je količina dodanih hranil nadzorovana preko sistema za nadzor in uravnavanje. Nekateri viri navajajo, da je poraba vode v hidroponskih sistemih za 70- 90 % manjša, kot pri klasični pridelavi v tleh. Poraba delovne sile je manjša kot pri pridelavi v tleh v tem pogledu, da v hidroponiki ni potrebno izvajati zatiranja plevelov, manj dela je tudi s pranjem, ker pridelki niso umazani. Glavna težava hidroponskih sistemov so visoki stroški vzpostavitve sistema in odvisnost od električne energije.

5. Tri pogostejše tehnike hidroponskih sistemov

- **Vodne kulture** (floating sistem) pri teh sistemih so gojene vrtnine vložene v plošče v vodne bazene s hranilno raztopino. Gre za eno izmed enostavnejših hidroponskih tehnik. V sistemu vodnih kultur lahko vzgajamo sadike, ki jih potem lahko presadimo v tla, lahko pa vzgajamo vrtnine v bazenih do spravila. Pri plavajočem sistemu potrebujemo bazen globine 5- 40 cm. Pri plitvem moramo pogosto dovajati hranilno raztopino. Potrebna je tudi aeracija hranilne raztopine. V vodo vpihujemo zrak preko difuzorjev s kompresorjem. Prednosti plavajočega sistema so: sistem zahteva malo vzdrževanja, ni potrebno namakanje (zalivanje), ni potrebno kolobarjenje, rastline so zelo uniformne (ni robnega učinka), ker imajo stalno na razpolago vodo in hranila hitreje rastejo, v hladnem obdobju lahko vodo rahlo dogrevamo, v vročem obdobju voda/hranilna raztopina ohlaja koreninski sistem in okolico, spravilo je lahko delovno bolj prijazno, rastline niso umazane. Potrebne so redne meritve pH in EC hranilne raztopine.

- **NFT (tehnika hranilnega filma)** je zelo razširjen tekočinski hidroponski sistem pri katerem se hranilna raztopina v tankem sloju pretaka po dnu kanalov v katerih so korenine rastlin. NFT sistemi so primerni za gojenje solate in zelišč. Hranilno raztopino s pomočjo pretočne črpalke dovajamo do kanalov. Hranilna tekočina iz kanalov odteče do drenažnih cevi in zbirnega rezervoarja, kjer jo občasno analiziramo po potrebi dodajamo hranila, uravnavamo pH in EC. Hranilna raztopina lahko po sistemu kroži neprekinjeno ali v časovnih presledkih.

- **Agregatni sistemi** – v teh zelo razširjenih hidroponskih sistemih se korenine razvijajo v substrati. Kameno volno, ki je bila najpogosteje koriščen substrat v hidroponskih sistemih, zaradi problemov recikliranja v zadnjih letih nadomeščajo organski substrati iz kokosovih vlaken. Kokosova vlakna imajo skoraj nevtralen pH in zadržujejo vodo, hkrati pa koreninam zagotavljajo zadostno količino kisika. Rastlinjak mora biti opremljen z avtomatskim namakalnim sistemom, oz. s sistemom za fertigacijo in računalniškim sistemom, ki zelo natančno uravnava hranilno raztopino in čas dodajanja hranilne raztopine. Število namakanj tekom dneva zavisi od vrste gojene rastline (najpogosteje plodovke, jagode), vremenskih razmer, osvetlitve, substrata in razvojnega stadija rastlin.

Kot zanimivost velja omeniti tudi najnovejši pristop pri pridelavi zelenjave to je sistem vertikalnega pridelovanja, kjer se uporablja večinoma hidroponski ali aeroponski način pridelave. Ta sistem omogoča še bolj kontrolirano pridelavo z višjimi pridelki po enoti površine, manjšo porabo vode, hranilnih snovi in FFS, kot ga omogočajo horizontalni hidroponski sistemi. Nekatero sisteme vertikalnega pridelovanja lahko imenujemo že rastlinske tovarne z umetno razsvetljavo. Slabosti takega načina pridelave so predvsem v veliki porabi energije in zato zelo visokih stroških, tako da ob trenutno zelo visokih stroških energije niso zanimivi.

6. Rešitve, ki jih prinašajo sodobne tehnologije pri pridelavi vrtnin

- V visokotehnoloških rastlinjakih je okolje popolnoma nadzorovano, saj lahko npr. že majhni odmiki temperature od optimalne za rast, razvoj in npr. dozorevanje plodov (za 1 °C, oz. v nekaterih primerih celo samo nekaj desetink stopinje celzija) vpliva na slabšo rast, kakovost pridelkov in nekoliko poznejše doseganje tehnološke zrelosti. Sodobni rastlinjaki so opremljeni s sodobno tehnologijo in tehnično opremo, ki rastlini omogoča nemoteno rast in razvoj skozi vse leto. Rastlinjaki so opremljeni s senzorji za zbiranje podatkov. Ker senzorji delujejo ves čas, lahko prilagajamo nastavitve znotraj rastlinjaka, kadar koli je to potrebno za ustvarjanje optimalnega okolja za gojene rastline. Računalniški sistem uravnava klimo (temperatura, vlaga, svetloba in ravni CO₂), namakanje in fertigacijo.

-Prednosti uvedbe robotike v vrtnarsko panogo so predvsem v tem, da lahko zmanjšajo potrebe po delovni sili. Pomanjkanje delovne sile v kmetijstvu postaja čedalje večji problem. V svetu so razviti odlični roboti za spravilo jagod in tudi roboti za spravilo paprike. Roboti za spravilo paprike (SWEPER) s pomočjo kamere določijo razdaljo do plodu in njegovo barvo (oz. primerno zrelost). Spravilo lahko roboti opravljajo tudi ponoči.



Slika 2: Robot za spravilo paprike (Vir: [Farming Robot | farming robots are change the agriculture industries | farming robot revolution - YouTube](#))

Agronauta je projekt, kjer sedem španskih gospodarskih družb in sedem raziskovalnih organizacij skupaj razvija robotski pobiralec za paradižnik češnjevcev. Razviti želijo širši koncept, ki vključuje tudi nov sistem pakiranja in odpreme embalaže iz rastlinjaka, programsko opremo pa želijo nadgraditi do stopnje, da bo sposobna prilagajati pridelavo paradižnika glede na povpraševanje trga. Tudi v Sloveniji na fakulteti za elektrotehniko na pobudo pridelovalca paradižnika proučujejo možnosti uporabe robotov v rastlinjaku. Razvijajo mobilno platformo, ki bi omogočala izvedbo digitalnega dvojčka, torej nekakšne virtualne pametne kopije pridelave paradižnika v rastlinjaku po zgledu industrije. Na podlagi segmentiranja barvnih in globinskih slik posameznih rastlin in plodov naj bi napovedali potreben čas zorenja in predvideno količino plodov.

Med robotskimi sejalcji in sadilniki so razviti predvsem veliki roboti. Je pa predstavljen na spletu tudi manjši robot, ki lahko poleg setve opravlja tudi zalivanje in puljenje plevelov.



Slika 3: Robot, ki seje in puli plevela

Ročna setev semen in pikiranje sadik sta zelo zamudni opravili. Popolnoma avtomatizirano setev omogočajo sejalne linije. Le-te so sestavljene iz več sklopov. Začnejo se s polnilcem zemlje oz. substrata, ki napolni platoje in se nadaljujejo s sejalno mizo, ki poseje semena v platoje. Posejani platoji potujejo skozi dozator vermikulita, perlita, peska ali zemlje, zatem pa proti namakalnemu sistemu, ki platoje zalije. Sejalna linija se konča z napravo, ki zlega platoje enega na drugega. Smisel pikiranja je vzgoja sadik s čvrstejšim stebлом in dobro razvitim koreninskim sistemom. Pikiranje najpogosteje izvajamo pri vzgoji sadik nekaterih plodovk (paprika, paradižnik, jajčevci).



Slika 4: Robot za pikiranje sadik omogoča hitro in natančno presajanje (Vir: Spletna stran Zeleni svet)

V Španiji strokovnjaki s pomočjo dronov spremljajo mikroklimatske razmere v rastlinjakih. Droni merijo koncentracije ogljikovega dioksida, temperaturo, vlažnost in osvetljenost. Nameščen imajo algoritem, ki jim omogoča avtonomno letenje po rastlinjaku. Droni po preletu rastlinjaka „ustvarijo“ karte temperature, vlažnosti, osvetljenosti in koncentracije CO₂.

7. Praktični del s prikazom primerov dobrih praks pridelave v visokotehnoloških rastlinjakih

V praktičnem delu bo predstavljen obrat za vzgojo sadik s sodobno sejhalno linijo, kalilniki, ki omogočajo hitro in enakomerno klitje semen in vzgoja sadik v skrbno uravnavani klimi v sodobno opremljenih rastlinjakih z računalniško uravnavano klimo in namakanjem ter robot za pikiranje sadik. Na dveh lokacijah bo predstavljena hidroponska pridelava paradižnika in jagod v agregatnih sistemih s šotnim substratom. Šotni substrat je nekoliko dražji od kamene volne, vendar je z vidika varovanja okolja ugodnejši. Pridelava solate s hidroponsko tehniko hranilnega filma poteka brez substrata. Pri uravnavanju klime in namakanju bodo izpostavljeni: viri vode za namakanje, hranila, izbira energentov za ogrevanje ter učinkovito izkoriščanje letih na enoto pridelka. Klimo v rastlinjakih je potrebno uravnavati tako, da se v čim večji meri izognemo pojavu bolezni, obenem pa je treba zagotavljati tudi ugodne razmere za uspešno biotično varstvo pred škodljivci. Vremenske razmere v posameznih letih imajo velik vpliv na stroške pridelave v rastlinjakih, saj je najcenejši vir ogrevanja in primerne osvetlitve naravni (čim boljši izkoristek energije sonca). Redno čiščenje kritine ima lahko velik vpliv na ustrezno osvetlitev rastlin. Ob premočnem sončnem sevanju uravnavano senčenje in zračenje pomagata vzpostaviti boljše pogoje za rast in razvoj rastlin. Predstavljene bodo tudi možnosti uporabe sodobnih tehnoloških rešitev pri pridelavi v rastlinjakih, ki niso visokotehnološki (vgradnja naprav, ki omogočajo avtomatsko odpiranje in zapiranje stranic glede na nastavljene zelene parametre). Spremljanje temperature, vlažnosti tal, temperature zraka in relativne zračne vlage z nameščeno vremensko postajo, ki »pošilja podatke meritev« na računalnik, nudi podporo pri odločitvah glede namakanja in zračenja. Optimalna izkoriščenost naravnih danosti in dejavnikov, ki omogočajo ugodne pogoje za rast in razvoj rastlin lahko v precejšnji meri zmanjša stroške pridelave in izboljša ekonomičnost pridelave vrtnin v visokotehnoloških rastlinjakih.

DRUŽINSKO PODJETJE CORNUS d.o.o.

Podjetje z največjimi rastlinjaki za vzgojo sadik v Sloveniji že od 1992 prideluje sadike zelenjave, začimbnic in dišavnic ter jagod. Na 3 ha površin letno vzgojijo cca. 15. milijonov sadik, s katerimi bi lahko zasadili kar 400 ha površin. Sadike so pridelane z domačim znanjem. Imajo sodobno sejhalno linijo in robota za pikiranje sadik, sodoben sistem namakanja in ogrevanja rastlinjakov. Klimo v rastlinjakih nadzira računalniški sistem.

DRUŽBI PARADAJZ d.o.o in FRIŠKO d.o.o.

DRUŽBA PARADAJZ d.o.o. - pridelava paradižnika v Renkovcih v rastlinjaku na 9 ha površine. Sistem pridelave je hidroponski v substratu iz kokosovih vlaken. Paradižnik namakajo z deževnico. Rastline so nameščene na visoke žlebove, kar omogoča dobro kroženje zraka. Klima in namakanje sta računalniško vodena. Paradižnik pridelujejo v 11 mesečnem ciklusu s pričetkom spravila v marcu in zaključkom v decembru. Rastlinjak ogrevajo predvsem z geotermalno energijo in s toplotno črpalko. Škodljivce obvladujejo z biotičnim varstvom. Na 9 ha pridelajo cca. 4500 t paradižnika letno.

FRIŠKO d.o.o. - v Mali Polani pridelujejo paradižnik na 2,4 ha in pridelajo 700 t paradižnika letno. Obirajo ga od decembra do septembra. V rastlinjaku paradižnik v zimskih mesecih dodatno umetno osvetljujejo. Oba rastlinjaka sta opremljena tudi s senčili.

PANORGANIX d.o.o.

V podjetju pridelujejo solato in zelišča praktično vse leto. Posebnost je pridelava žive solate, ki jo prodajajo s koreninami. Pridelava solate in zelišč je hidroponska – tehnika NFT. Celoletno pridelavo omogoča umetna osvetlitev in ogrevanje (na lesne sekance). Za vzdrževanje idealne vlage in temperature so rastlinjaki opremljeni s sistemom megljenja. Sistem klime je avtomatiziran.

PANVITA d.o.o.

Panvita je zgradila 2 ha velik rastlinjak za gojenje jagod. Gojenje jagod poteka v vrečah z napolnjenih s substratom. Vreče so položene v kanale, kateri se dvigajo in spuščajo (up & down sistem), ter je tako v največji meri izkoriščen pridelovalni prostor-rastlinjak. Skupna dolžina kanalov je 30.000 metrov. Rastlinjak je razdeljen v 4 sektorje, namakanje pa je še dodatno razdeljeno na podsektorje. Skupno število sadik je 250.000. Zaenkrat poteka pridelava enkrat rodnih sort, katerih obiranje poteka del v jesenskem času, glavnina pa v spomladanskem času. Namakanje in gnojenje poteka preko kapljačev, ki so vtaknjeni v substrat. Možno je slemensko in bočno zračenje rastlinjaka. Rastlinjak je prav tako opremljen s termogeni za ogrevanje, megljenjem, z vremensko postajo ter opremo za fertirigacijo. Vse ključne funkcije krmili računalnik in avtomatika, prav tako pa je možno vklapljanje in izklapljanje posameznih komponent tudi na daljavo.



Slika 5: Jagode v sodobnem rastlinjaku Panvite

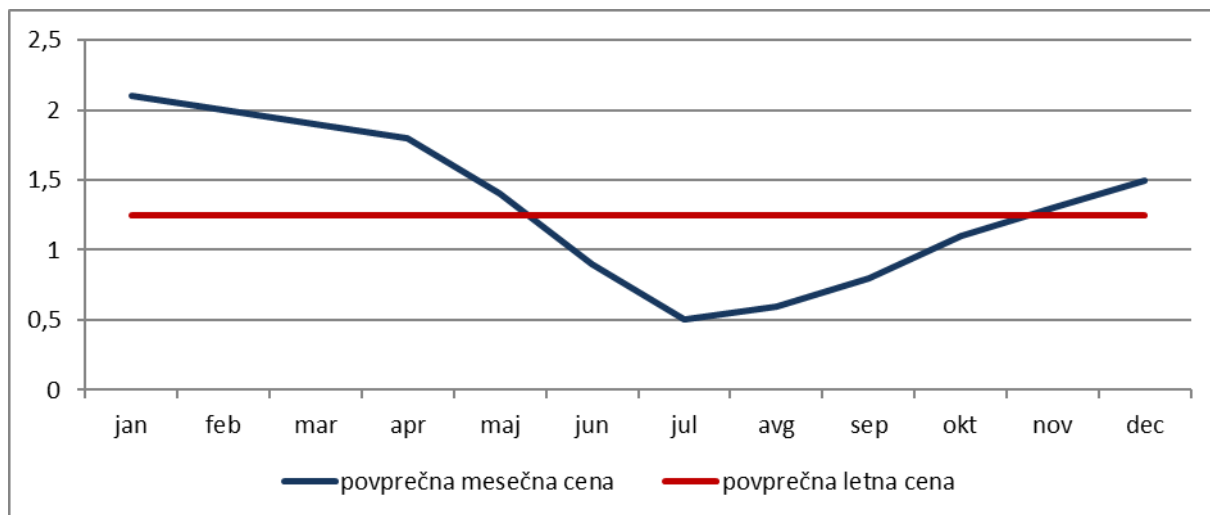
Predstavljen bo tudi primer dobre prakse hidroponske pridelave na kmetiji. Mlad zelenjadar je preizkusil in uspešno prideloval solato nekaj let na plavajočem sistemu, v lanskem letu pa je opustil prvoten način pridelave in se lotil pridelave s tehniko hranilnega filma NFT. Fertigacija je računalniško vodena.

8. Elementi ekonomičnosti postavitve in upravljanje visokotehnoloških rastlinjakov

Že samo poimenovanje rastlinjakov (visoko tehnološki) govori o visoko tehnoloških rešitvah proizvodnje vrtnin, ki so povezane z visokimi stroški postavitve in nakupa opreme za delovanje rastlinjakov. Višina investicijskih stroškov lahko znaša tudi do 4 milijone € na hektar proizvodnje in je odvisna od različnih tehnoloških rešitev postavitve rastlinjakov, nakupa stopnje tehnološke opremljenosti in od velikosti rastlinjaka.

S postavitvijo visoko tehnoloških rastlinjakov dosegamo dosti večje pridelke v primerjavi s proizvodnjo na prostem. Višina pridelkov je odvisna od vrste vrtnin in tehnologije proizvodnje ter lahko doseže tudi do 10 x večji pridelek kot v sistemih na prostem. Povečevanje pridelka se predvsem odraža s proizvodnjo izven sezone proizvodnje na prostem. S postavitvijo zaščitenega prostora, z namakanjem, dodatnim ogrevanjem in osvetljevanjem lahko sezono proizvodnje zelo močno podaljšamo. Vendar pa vsi ti dejavniki podaljšanja sezone proizvodnje pomenijo rast stroškov investicije in tudi rast stroškov same proizvodnje. Po drugi strani pa lahko s proizvodnjo izven sezone dosegamo višje prodajne cene na trgu. Namreč, prodajna

cena proizvodov je najnižja ko je na prostem glavna sezona, ker je takrat ponudba na trgu največja. S proizvodnjo vrtnin izven sezone pa se ponudba na trgu zmanjšuje in tako se odkupne cene povečujejo. Zaradi sezone proizvodnje je pomemben tudi vpliv začetne ponudbe vrtnin v pomladnih mesecih. Temu je tako zaradi tega, ker so želje potrošnikov po sveži zelenjavi v pomladnih mesecih dosti večje kot ostali čas v letu. Potrošniki tako kljub nekoliko višjim cenam posegajo po zelenjavi, pridelani izven sezone v zaščitениh prostorih.



Slika 6: Prikaz spreminjanja prodajne cene v odvisnosti od sezone proizvodnje

Proizvodnja v visoko tehnoloških rastlinjakih ni več toliko odvisna od narave, vendar je povezana z velikimi kapitalnimi vlaganji v postavitve rastlinjakov in zelo dovršeno proizvodnjo, ki pa je zelo občutljiva na stroške proizvodnje in na dogajanje na trgu.

9. Literatura:

Germšek, B. 2015. Umetna osvetlitev v vrtnarstvu. Novi izzivi v agronomiji 2015: Zbornik simpozija, Laško (29. in 30.januar) 2015 -Ljubljana: Slovensko agronomsko društvo, 2015: 294-300

[Farming Robot | farming robots are change the agriculture industries | farming robot revolution - YouTube](#)

Fussy, A, Papenbrock. J. An Overview of Soil and Soilless Cultivation Techniques—Chances, Challenges and the Neglected Question of Sustainability. Institute of Botany, Leibniz University Hannover, *Plants* **2022**, 11(9), 1153