



Agencija za
strukovno obrazovanje
i obrazovanje odraslih



NAVODNJAVANJE U ZAŠTIĆENIM PROSTORIMA

Božidar Benko



Projekt je sufinancirala Europska unija iz Europskog socijalnog fonda.

**Autor:**

Božidar Benko

Sektor:

Poljoprivreda, prehrana i veterina

Naziv standarda kvalifikacije:

Agromeliorator/Agromelioratorka

Razina HKO-a: 4.1**Modul:**

Izborni modul

Skup ishoda učenja:

Navodnjavanje u zaštićenim prostorima

Razina SIU-a: 4**Ishodi učenja:**

1. raščlaniti osnovne elemente i sustave navodnjavanja u zaštićenim prostorima
2. izračunati parametre za navodnjavanje u zaštićenim prostorima prema zahtjevima zadanih kultura
3. postaviti odgovarajuću opremu za navodnjavanje u zaštićene prostore
4. podesiti elemente sustava navodnjavanja u zaštićenim prostorima
5. provjeriti kvalitetu vode za navodnjavanje zaštićenih prostora
6. primijeniti odgovarajuće tehnike i tehnologije navodnjavanja u zaštićenim prostorima
7. ukloniti dijelove sustava za navodnjavanje nakon završetka proizvodnog ciklusa.

Ključni pojmovi:

kvaliteta vode za navodnjavanje, potrebe povrća za vodom, navodnjavanje kapanjem, subirigacija, mikrorasprskivači, dijelovi sustava za navodnjavanje, turnus navodnjavanja, obrok navodnjavanja

CSVET: 2 boda**Datum izrade DOM-a:**

26. srpnja 2023.

Napomena:

Riječi i pojmovni sklopovi koji imaju rodno značenje korišteni u ovom dokumentu (uključujući nazive strukovnih kvalifikacija, zvanja i zanimanja) odnose se jednako na oba roda (muški i ženski) i na oba broja (jedinu i množinu), bez obzira na to jesu li korišteni u muškom ili ženskom rodu, odnosno u jednini ili množini.





Agencija za
strukovno obrazovanje
i obrazovanje odraslih

NAVODNJAVANJE U ZAŠTIĆENIM PROSTORIMA

Božidar Benko



Projekt je sufinancirala Europska unija iz Europskog socijalnog fonda.

SADRŽAJ

UVOD	5
1. Navodnjavanje u zaštićenim prostorima	6
2. Kakvoća vode za navodnjavanje	8
Fizikalna svojstva	9
Kemijska svojstva	9
Biološka svojstva	11
Potrebe povrća za vodom	11
3. Sustavi za navodnjavanje	13
Lokalizirano navodnjavanje	13
Navodnjavanje kapanjem	14
Navodnjavanje mikrorasprskivačima	19
Izrada plana navodnjavanja	20
Norma navodnjavanja	20
Turnus navodnjavanja	21
Obrok navodnjavanja	22
ZAKLJUČAK	25

UVOD

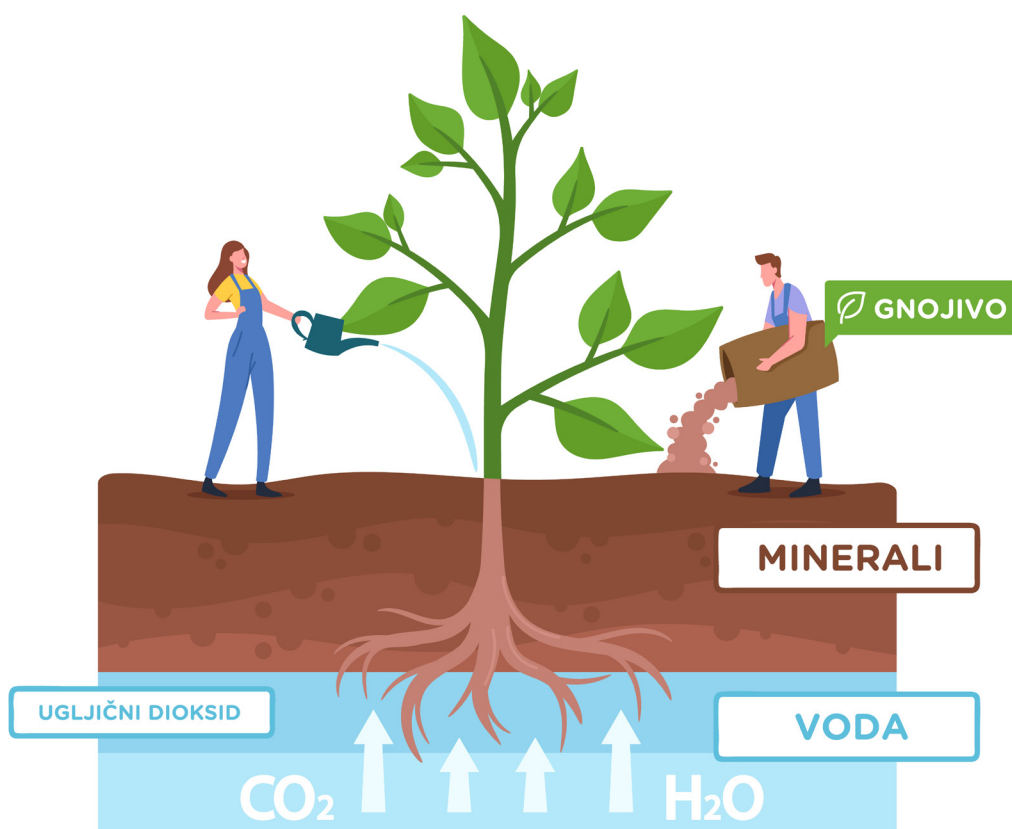
Uzgoj povrća je gotovo neostvariv bez navodnjavanja jer sve povrćarske kulture imaju povećane zahtjeve za vlagom u tlu, odnosno supstratu. Povrće koje se uzgaja u zaštićenim prostorima, zbog specifičnih uvjeta uzgoja zahtijeva poseban režim navodnjavanja, odnosno svu vodu neophodnu za rast i razvoj potrebno je dodati putem sustava za navodnjavanje. Temeljne su pretpostavke za navodnjavanje da postoji dovoljna količina vode i da je ona zadovoljavajućih kemijskih, fizikalnih i bioloških značajki. U zaštićenim prostorima najviše se primjenjuje lokalizirano navodnjavanje (mikronavodnjavanje) i to sustavima za navodnjavanje kapanjem te mikrorasprskivačima.

Nakon proučavanja ovih obrazovnih materijala moći ćete:

- raščlaniti osnovne elemente i sustave navodnjavanja u zaštićenim prostorima
- izračunati parametre za navodnjavanje u zaštićenim prostorima prema zahtjevima zadanih kultura
- postaviti odgovarajuću opremu za navodnjavanje u zaštićene prostore
- podesiti elemente sustava navodnjavanja u zaštićenim prostorima
- provjeriti kvalitetu vode za navodnjavanje zaštićenih prostora
- primijeniti odgovarajuće tehnike i tehnologije navodnjavanja u zaštićenim prostorima
- ukloniti dijelove sustava za navodnjavanje nakon završetka proizvodnog ciklusa.

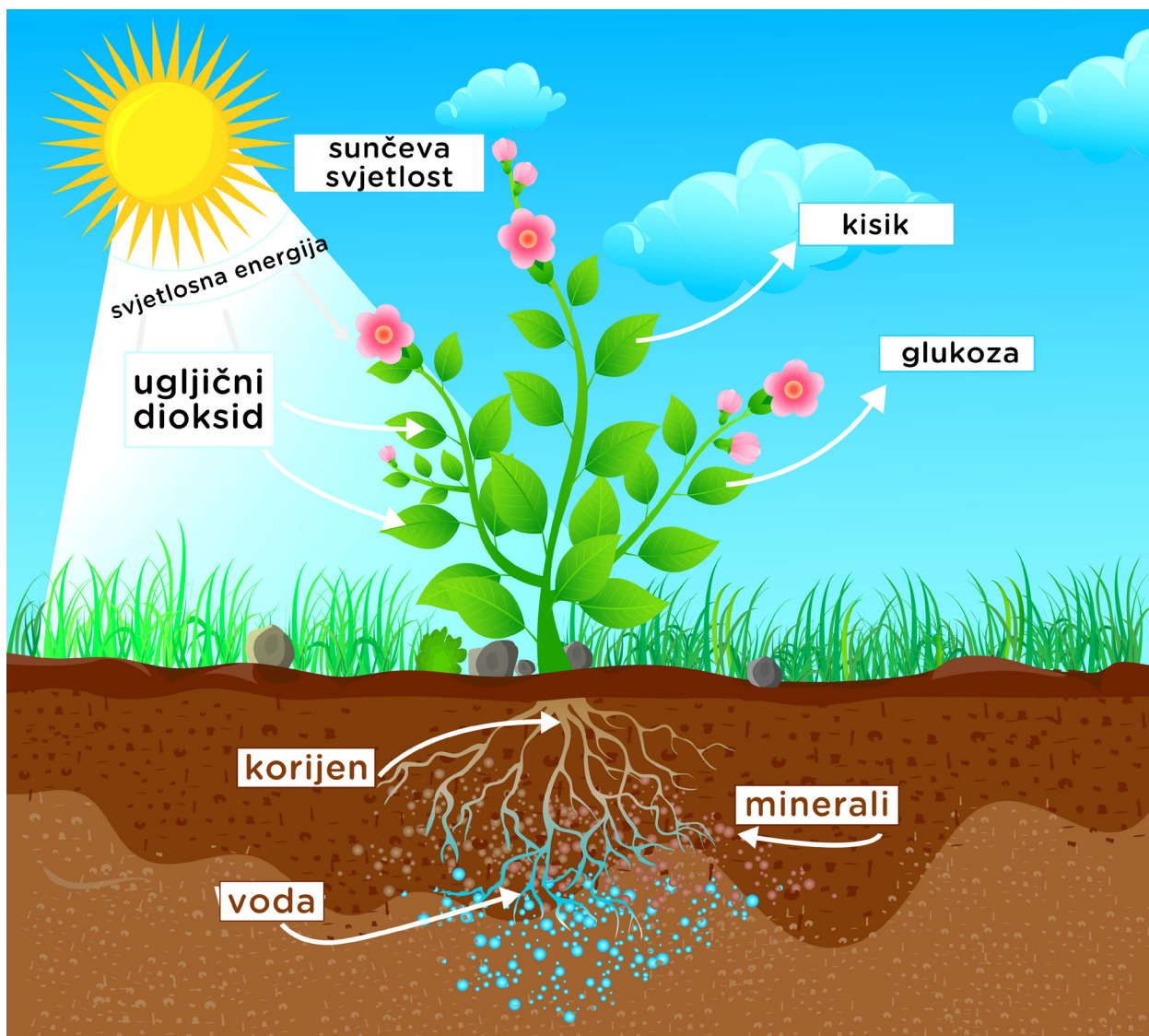
1. NAVODNJAVANJE U ZAŠTIĆENIM PROSTORIMA

Uzgoj povrća je gotovo neostvariv bez navodnjavanja jer sve povrćarske kulture imaju povećane zahtjeve za vlagom u tlu, odnosno supstratu. Razlozi za to su višestruki: povrće sadrži velike količine vode (65 do 97 %), za kratko vrijeme stvara se velika nadzemna masa, korijen je kod većine vrsta slabije razvijen i razvija se u površinskom sloju tla (20 do 30 cm) itd. Osim toga, biljka nije u mogućnosti koristiti hraniva iz tla bez dovoljne količine vode (slika 1). Naročito je to izraženo u ljetnim rokovima sjetve, odnosno sadnje, jer nedostatak vode u tlu smanjuje prinos i pogoršava kvalitetu povrća, plodovi ostaju sitni, korijen odrvećen, a listovi sitni i tvrdi s grubom nervaturom. Povrće koje se uzgaja u zaštićenim prostorima, zbog specifičnih uvjeta uzgoja zahtijeva poseban režim navodnjavanja, odnosno svu vodu neophodnu za rast i razvoj potrebno je dodati putem sustava za navodnjavanje.



Slika 1. Transport biljnih hraniva u biljku pomoću vode

Optimalna vlažnost tla i zraka u zaštićenim prostorima jedan je od preduvjeta dobrog rasta i razvoja biljaka. Voda u zaštićenom prostoru se dodaje prema potrebi kulture koja se uzgaja, fazi razvoja, vlažnosti tla i zraka. Potreba za vodom je povećana, s obzirom da vrste koje se uzgajaju intenzivno rastu, postižu visoke prinose i imaju plitak korijenov sustav. Za rast i prinos (fotosintezu) troši se samo 0.2 do 0.3 % vode koje biljka potroši (slika 2). Najveća količina se troši za isparavanje (transpiraciju), ali i isparavanje s površine tla (evaporaciju).



Slika 2. Proces fotosinteze u biljci

Provjerite svoje znanje



S učenicima iz razreda raspravite za što je sve (koje procese) biljci potrebna voda.

Istražite kolika se poljoprivredna površina navodnjava u Republici Hrvatskoj i usporedite udio navodnjavanih površina s navodnjavanim površinama u drugim članicama EU.

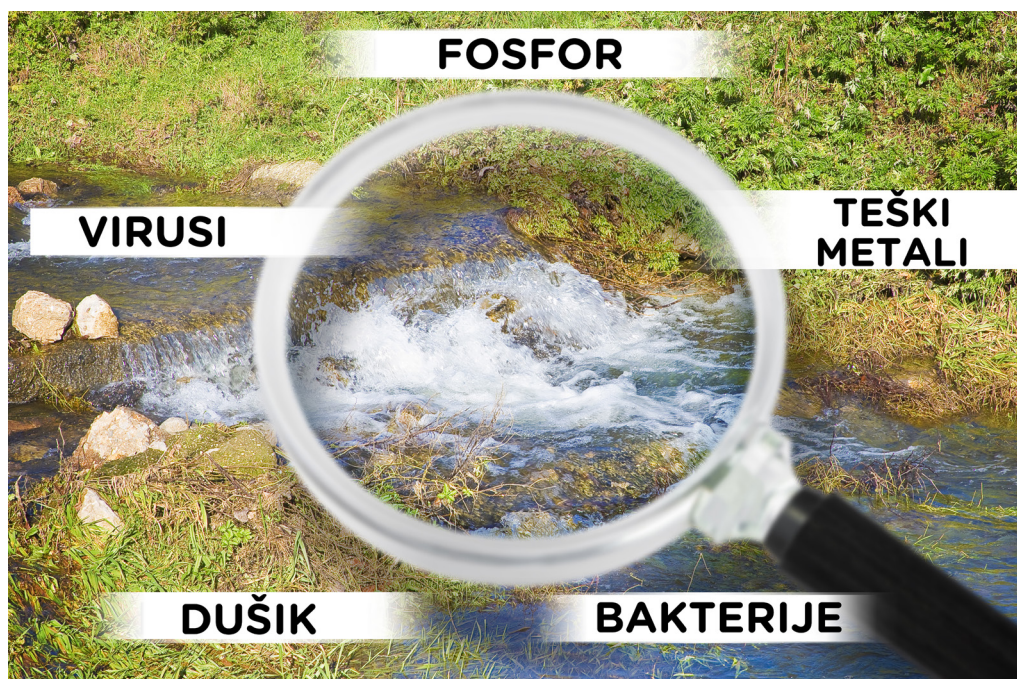
2. KAKVOĆA VODE ZA NAVODNJAVANJE

Voda za navodnjavanje može se koristiti iz nadzemnih vodotoka, prirodnih i umjetnih jezera te bunara (podzemna voda), a ponekad je u uporabi i otpadna voda. Voda se od izvora do navodnjavane površine dovodi gravitacijski ili crpnim sustavom, što ovisi o međusobnom položaju izvora vode i navodnjavane površine, a do parcela se razvodi cjevovodima. Temeljne su pretpostavke za navodnjavanje da postoji dovoljne količine vode i da je ona zadovoljavajućih kemijskih, fizikalnih i bioloških značajki (tablica 1, slika 3).

Tablica 1. Osnovni parametri za ocjenu kakvoće vode (prema Lešić i sur., 2004.)

Fizikalni	kemijski	biološki
Temperatura	reakcija (pH)	broj koliformnih organizama
suspendirane čestice	ukupno otopljene soli (EC)	broj patogenih klica
boja/mutnoća	vrsta i koncentracija aniona	biološka potreba za kisikom
	vrsta i koncentracija kationa	
	mikroelementi	
	toksični ioni	
	teški metali	

Pored navedenog, pogodnost vode za navodnjavanje treba biti ocijenjena i na osnovi specifičnih uvjeta upotrebe, uključujući uzgajanu kulturu, svojstva tla, praksu navodnjavanja, agrotehničke mjere i klimatske prilike.



Slika 3. Parametri kakvoće vode

Fizikalna svojstva

Od fizikalnih značajki vode za navodnjavanje najvažnije su sljedeće: temperatura vode, količina krutih čestica tla, boja, odnosno mutnoća te miris i okus. Niska temperatura vode za navodnjavanje negativno djeluje na razvoj i ishranu biljaka te na mikrobiološke procese u tlu. Minimalna temperatura iznosi 19°C, a maksimalna 34°C. Za većinu usjeva u vegetacijskom razdoblju optimalna temperatura vode iznosi oko 25°C. Vrlo je važan i odnos temperature biljke i vode. Razlika ne bi smjela biti veća od 10°C.

Utjecaj suspendiranih čestica ovisi o njihovom promjeru i količini. Nepoželjne su čestice promjera od 0,10 do 0,15 mm, zbog lakšeg taloženja u uređajima za dovod i raspodjelu vode. U lokaliziranom navodnjavanju mogu se začepiti mlaznice ili kapaljke. Količina suspendiranih čestica može izravno utjecati na izbor načina i sustava navodnjavanja ili na izbor dijelova opreme unutar sustava.

Kemijska svojstva

Voda koja se koristi za navodnjavanje može kvalitativno varirati ovisno o količini otopljenih soli. Problemi tla i usjeva povećavaju se s porastom sadržaja soli iznad prihvatljivih granica. Najčešće korišteni kriteriji povezani su s problemima zaslanjivanja, alkaliteta i toksičnosti pojedinih iona:

- zaslanjenost – djelovanje soli na razvoj biljke putem osmotskog učinka, što se povezuje s ukupnom koncentracijom soli
- alkalitet – djelovanje suvišne koncentracije iona natrija u tlu na strukturu, a povezano s time na infiltracijsku sposobnost i propusnost
- toksičnost – djelovanje pojedinih iona iz tla ili vode koji se akumuliraju u biljci do koncentracije koja uzrokuje oštećenje biljke i smanjenje prinosa.

Salinitet ili zaslanjenost je količina svih otopljenih soli kvantificirana kao elektroprovodljivost (EC) vode, a izražava se u mS/cm (miliSimens po centimetru) ili dS/m (deciSimens po metru). Važna pretpostavka je da bi elektroprovodljivost izvorske vode trebala biti ispod 1 dS/m. U nekim slučajevima korištenje vode s višom elektroprovodljivošću moguće je tako dugo dok se ioni, koji uzrokuju visoku elektroprovodljivost, koriste kao biljno hranivo. Čak i tada, koncentracija tih iona ne bi smjela biti pretjerana. Korištenje zaslanjene vode u hidroponskom uzgoju u sušnim područjima rezultira nešto nižim prinosom uzgajanih kultura, ali zato izvrsnom kvalitetom.

Štetne posljedice suvišnog natrija u tlu (**alkalitet**) odražavaju se na fizikalno-kemijska svojstva matriksa tla bubrenjem gline i disperzijom čestica tla. Ti su mehanizmi međusobno povezani i uzrokuju smanjenje infiltracijske sposobnosti i propusnosti tla za vodu. Kemijska disperzija čestica tla izaziva pokoricu koja je jedan od dijagnostičkih znakova alkaliziranih tala. Kemijsku disperziju moguće je predvidjeti izračunavanjem **koeficijenta adsorpcije natrija** (SAR vrijednosti), koji predstavlja odnos natrija prema kalciju i magneziju u njihovim zamjenjivim reakcijama u tlu, a izražava se u meq/L (milimolekvivalentima po litri).

US Salinity Laboratory klasificira vode prema koncentraciji soli (prema opasnosti od zaslanjivanja) i prema koeficijentu adsorpcije natrija (opasnost od alkalizacije), pa se upotrebljivost vode za navodnjavanje određuje prema oba kriterija. Vode koje sadrže koncentraciju soli do 1 dS/m i koeficijent adsorpcije natrija do 15 meq/L mogu se koristiti bez ograničenja. S druge strane, FAO vodu prema pogodnosti za navodnjavanje svrstava u tri kategorije:

- bez ograničenja (EC: <0,7 dS/m; SAR: <3 meq/L)
- slabo do umjereno ograničenje (EC: 0,7-3,0 dS/m; SAR: >3 meq/L)
- izrazito ograničenje (EC: >3,0 dS/m; SAR: -).

Navedena klasifikacija samo je orijentacijska, a pogodnost vode treba biti ocijenjena na osnovi specifičnih uvjeta uporabe. Unutar svakog agroekološkog područja treba analizirati kulturu koja se želi navodnjavati. Nisu sve poljoprivredne kulture jednako osjetljive na soli. Tako npr. salata, radič, luk, grah, mrkva toleriraju EC-vrijednost <1,0 dS/m; paprika, krumpir, kupus, celer, špinat 1,0-1,3 dS/m; krastavac, rajčica i brokula 1,5-2,0 dS/m; cikla oko 2,5 dS/m i tikvice oko 3,0 dS/m. Porast EC-vrijednosti otopine tla iznad navedenih vrijednosti dovodi do smanjenja prinosa.

Uobičajena pH-vrijednost vode je u rasponu od 6,5 do 8,4 (slika 4). Ipak, optimalna je neutralna reakcija uz nizak sadržaj karbonata i bikarbonata (<1,5 mg/L). Pri kakvoći vode za navodnjavanje jednako treba biti oprezan i s primjenom vode niske koncentracije soli i niskog pH. Takva voda može djelovati korozivno na metalne dijelove sustava za navodnjavanje, ali i ispirati kalcij iz tla i time narušiti strukturu tla.

Problem **toksičnosti** razlikuje se od zaslanjivanja po tome što se proces zbiva u samoj biljci i nije vezan za nedostatak vode. Nastaje pod utjecajem pojedinih iona koje je biljka usvojila i akumulirala, najčešće u listu, do koncentracije koja izaziva oštećenja. Intenzitet oštećenja ovisi o trajanju, koncentraciji, osjetljivosti kulture i potrošnji vode. Najčešće toksični ioni u vodi za navodnjavanje su ioni sumpora, klora, natrija i bora. Tipični simptomi oštećenja su palež lišća, sušenje pojedinih dijelova lista, a u težim slučajevima i defolijacija.

Sve vode sadrže veće ili manje koncentracije mikroelemenata i teških metala. Problem teških metala, posebno pri korištenju otpadnih voda za navodnjavanje, može biti vrlo opasan. Stoga je u takvim slučajevima svakako potrebno učiniti analizu koncentracije teških metala.



Slika 4. Skala pH-vrijednosti

Biološka svojstva

Ocjena biološke kakvoće vode temelji se na dokazivanju organskog onečišćenja, odnosno kemijskoj potrošnji kisika (KPK) i biokemijskoj potrošnji kisika (BPK5) tijekom pet dana. Od mikrobioloških analiza važne su koliformne bakterije i patogeni mikroorganizmi.



Pitanje:

Koji su najvažniji kemijski parametri kvalitete vode za navodnjavanje?



Zadatak:

Odredite pH-vrijednost i tvrdoću vode pomoću trakica u laboratoriju. Usporedite vodu iz različitih dostupnih izvora (iz vodovoda, bunara, vodotoka ili jezera, destiliranu).

Potrebe povrća za vodom

Potrebna količina vode uglavnom je određena mikroklimatskim uvjetima te lisnom površinom. U uvjetima visoke vlage, slabog osvjetljenja i niske temperature potrošnja vode može biti vrlo niska. Vrlo je važno znati procijeniti maksimalnu količinu vode koja se upotrebljava kada je sustav za navodnjavanje konstruiran i instaliran. Količina vode koju biljke potroše uzrokovana je stupnjem rasta biljke, sunčevim zračenjem, relativnom vlažnošću i kretanjem zraka.

Za uzgoj povrća u zaštićenom prostoru biljci je potrebno stalno osigurati dovoljno vode u sloju tla u kojem se razvija glavina korijena. Vlažnost tla treba održavati na 70 do 80 % **poljskog vodnog kapaciteta** (PVK). PVK predstavlja gornju granicu biljkama pristupačne vode u tlu, odnosno količinu vode koju tlo sadrži nakon što je prethodno bilo zasićeno do maksimalnog kapaciteta. To je idealna vlažnost tla, jer su kapilarne pore (mikropore) ispunjene vodom, a nekapilarne (makropore) zrakom.

U usporedbi s uzgojem na otvorenome, uzgojem u zaštićenim prostorima smanjuje se potreba za vodom za čak 20 do 40 %. Međutim, proizvođači primjenjuju više vode za navodnjavanje od procijenjene potrošnje jer se prakse navodnjavanja općenito temelje na osobnoj perspektivi, tj. navodnjavanje se provodi bez praćenja statusa vode u tlu ili biljkama. S obzirom na broj različitih vrsta koje se uzgajaju u zaštićenim prostorima, tipove tla te vrste i volumene supstrata po biljci i naravno različite sustave za navodnjavanje, postaje očito zašto planiranje navodnjavanja postaje složeno ako se želi postići određena razina preciznosti. Stoga je točna kratkoročna procjena potreba uzgajane kulture za vodom u zaštićenom prostoru preduvjet za optimalan raspored navodnjavanja. Očekuje se kako će se pravilnim rasporedom navodnjavanja postići maksimalna opskrba biljaka vodom neophodnom za rast i razvoj, uz održavanje opskrbljenosti tla ili supstrata blizu PVK.

Računa se da je godišnje potrebno oko $1,5 \text{ m}^3$ vode/ m^2 površine. Optimalna količina dodane vode pri navodnjavanju iznosi 15 mm za laka tla, a 15 do 25 mm za teža tla. Za vlaženje površinskog sloja tla dovoljno je 2 do 3 mm. Za vlaženje suhih tala radi lakše površinske obrade ili bolje djelovanje herbicida preporuča se navodnjavanje s 5 mm u obliku kišenja. Za sjetvu ili sadnju je potrebno 10 do 15 mm.

Poslije sjetve ili sadnje (u početku vegetacije) u jednom navodnjavanju se također dodaje 10 do 15 mm, a kasnije u punoj vegetaciji obrok navodnjavanja može iznositi i 25 do 30 mm.

No, kako voda u pojedinim regijama postaje sve teže dostupna, njezina održiva uporaba sve je važnije pitanje među proizvođačima povrća u zaštićenim prostorima. Prisutan je i porast cijena drugih inputa u proizvodnji. Stoga je tradicionalni fokus na ostvarenje što većeg prinosa (t/ha ili kg/m^2) potrebno promijeniti na održivo korištenje dostupnih izvora, odnosno inputa. Poboljšavajući metode, tehnike i prakse upravljanja navodnjavanjem u hortikulturnoj proizvodnji trošit će se manje količine vode za postizanje istog rezultata.

Koncept **učinkovitosti korištenja vode** (*WUE-water use efficiency*) je ključni pojam u procjeni održivog korištenja vode u proizvodnji u zaštićenim prostorima. WUE (mjereno u kg/m^3) definira se kao omjer tržišnog prinosa i količine vode koju usjev potroši evapotranspiracijom (ETc).

U usporedbi s uzgojem na otvorenom, uzgoj povrća u zaštićenim prostorima karakterizira veći WUE (do pet puta) zbog tri glavna razloga:

- smanjeno potencijalno isparavanje zbog nižeg sunčevog zračenja, manje vjetra i veće relativne vlage unutar zaštićenog prostora
- veća produktivnost biljaka pripisuje se boljoj kontroli biljnih bolesti i mikroklimatskih parametara, posebice ukupnog sunčevog zračenja i temperature zraka
- korištenje lokaliziranog navodnjavanja i primjena mikronavodnjavanja te zatvorenih hidroponskih sustava.

Evapotranspiracija (ET) predstavlja količinu vode izgubljenu isparavanjem iz tla (evaporacijom) ili usjeva (transpiracijom) tijekom vegetacije. Budući da ne postoji odgovarajući način za razdvajanje ova dva procesa tijekom uzgoja na tlu, oni se kombiniraju pod jednim pojmom, ET. Volumen evapotranspiracije i navodnjavanja općenito se mjere u milimetrima, kao i za kišu: 1 mm odgovara $1 L/m^2$ ili $10 m^3/ha$.

O korištenju evapotranspiracije u izradi plana navodnjavanja više će biti riječi kasnije.

Provjerite svoje znanje



Odgovorite pisano u svoje bilježnice:

1. Definirajte što je poljski vodni kapacitet tla i koja je optimalna vrijednost?
2. Što je evapotranspiracija i kako se izražava?
3. Što predstavlja pojam učinkovitosti korištenja vode i kako se izražava?

3. SUSTAVI ZA NAVODNJAVANJE

Navodnjavanje povrća može se provoditi na razne načine:

1. površinsko navodnjavanje – jedna od starijih metoda navodnjavanja povrća
2. podzemno navodnjavanje
 - otvorenim kanalima i navodnjavanje podzemnim cijevima
 - voda se podzemnim putem dovodi neposredno u zonu korijenovog sustava
3. kišenjem
4. lokalizirano
 - minirasprkivačima
 - kapanjem („kap po kap“).

U zaštićenim prostorima najviše se koriste metode lokaliziranog navodnjavanja, dok se kišenje pomoću kišnog krila može primijeniti u proizvodnji presadnica.

Lokalizirano navodnjavanje

Lokalizirano navodnjavanje (mikronavodnjavanje) najviše se primjenjuje u uzgoju u zaštićenim prostorima. Istraživanjima su kod različitih vrsta povrća utvrđeni veći prinosi, poboljšana efikasnost korištenja vode i viša kvaliteta uz primjenu lokaliziranog navodnjavanja u usporedbi s drugim metodama. Međutim, sustavi navodnjavanja kapanjem obično troše manje količine vode zbog smanjenog ispiranja, zbog čega vlažnost tla ili supstrata može postati neadekvatna u organskoj proizvodnji jer se u takvim uvjetima smanjuje biološka aktivnost u tlu i usporava mineralizacija organskih gnojiva.

Ova metoda podrazumijeva polaganu i redovitu primjenu vode u blizinu biljke ili zone korijena pri niskom tlaku (< 2 bara). Metode lokaliziranog navodnjavanja se redovito koriste i za primjenu gnojiva i sredstava za zaštitu bilja.

Prednosti lokaliziranog navodnjavanja:

- poboljšana produktivnost usjeva: polagano, redovito, ravnomjerno dodavanje vode i hranivih tvari za sve biljke poboljšava kvalitetu i ujednačenost proizvoda i povećava prinos
- ušteda vode i gnojiva: zbog primjene u blizinu korijenovog sustava gubitci vode i gnojiva su svedeni na minimum te su na taj način troškovi gnojiva smanjeni, što poljoprivrednicima omogućava navodnjavanje većih površina po jedinici upotrijebljene vode
- ušteda radne snage: potrebe radne snage za navodnjavanje, plijevljenje i primjenu gnojiva su manje nego kod drugih sustava navodnjavanja
- visoka fleksibilnost: lokalizirano navodnjavanje se može lako popraviti, održavati ili modificirati kako bi odgovaralo promjenjivim potrebama
- smanjeni rizik od napada patogena: smanjena površina vlaženja rezultira niskom vlagom zraka i ograničenim rastom korova, a smanjuje i mogućnost infekcije biljnim bolestima
- ušteda energije: većina sustava lokaliziranog navodnjavanja koristi pumpe male snage smanjujući potrebu za energijom za navodnjavanje; budući da je vlaga zraka niska, potrebno je manje energije za zagrijavanje zaštićenog prostora (više energije je potrebno za zagrijavanje vlažnog nego suhog zraka)
- tolerancija na zaslanjenost: zbog polagane i redovite primjene vode lokaliziranim navodnjavanjem smanjena je koncentracija soli u tlu, posebice u zoni korijena, pod uvjetom da se opskrbom hranjivom otopinom dobro upravlja.

Navedene prednosti mogu se, međutim, poništiti ako se emiteri (kapaljke ili rasprskivači) začepi. Kako bi se spriječio ovaj problem, trebalo bi poduzeti sljedeće:

- ugraditi pouzdani sustav filtracije za sustav navodnjavanja
- redovito pregledati kritične točke sustava za navodnjavanje radi provjere začepljenja koja u usjevu mogu dovesti do izoliranih suhih točaka
- redovito ispirati ili prati filter
- isprati cijeli sustav (idealno barem jednom godišnje) čistom vodom kako bi se uklonili svi ostatci
- isprati sustav slabom otopinom klora, dušične ili fosforne kiseline; uklonjene mlaznice mogu se oprati u otopini izbjeljivača, a zatim vratiti na mjesto; dušična ili fosforna kiselina mogu se ubrizgati u cijevi s integriranim kapalkama na kraju vegetacijske sezone tijekom 24 sata kako bi se razbile sve mineralne i organske naslage prije ispiranja.

Navodnjavanje kapanjem

Navodnjavanje kapanjem (slika 5) je lokalizirano navodnjavanje kod kojeg voda iz sustava gusto postavljenih polietilenskih cijevi izlazi kroz posebne kapaljke i kapanjem vlaži tlo uz svaku uzgajanu biljku. Voda se dovodi do svake biljke i vlaži manji dio površine. Dodavanje vode može biti kontinuirano (0 - 24 sata) ili povremeno, u određenim vremenskim razdobljima (npr. svaki drugi dan, dva ili tri puta tjedno po nekoliko sati). U svakom slučaju moguće je održavati vlažnost tla u aktivnoj zoni rizosfere svake biljke, u blizini vrijednosti poljskog vodnog kapaciteta (optimalno područje vlažnosti tla za uzgoj).

Subirigacija (slika 6) je sustav kod kojeg se voda dovodi direktno u zonu korijena (rizosferu). Na ovakav način voda dolazi i do korijenovog sustava na dubini rasta i sprečava se ispijanje tla. Prema preporuci proizvođača cijevi se ugrađuju u tlo na dubinu od 10 do 30 cm, a primjenjuju se u sustavu navodnjavanja u povrćarstvu, voćarstvu, vinogradarstvu, travnjacima, parkovima i sportskim terenima.



Slika 5. Navodnjavanje kapanjem



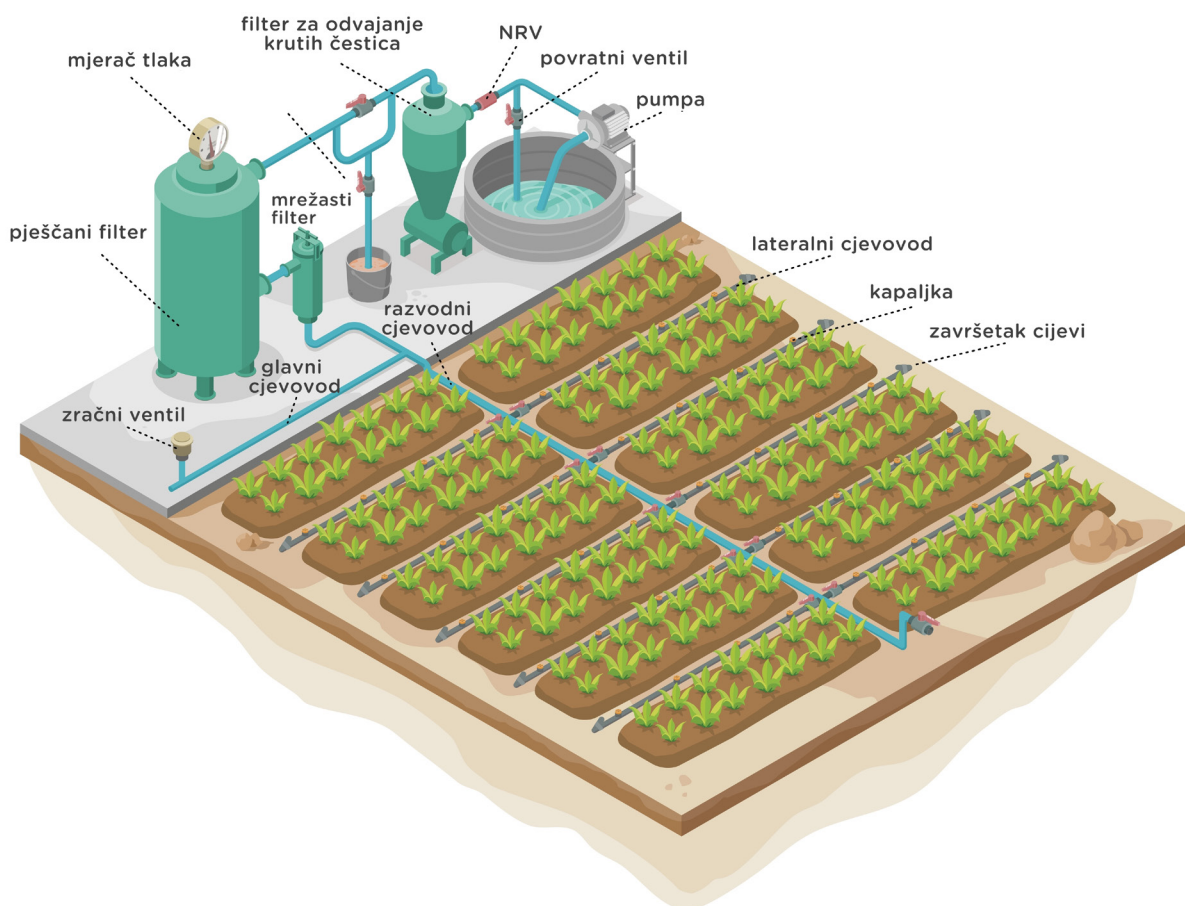
Slika 6. Ukopavanje cijevi za subirigaciju

Sustavi navodnjavanja kapanjem mogu se grupirati u pet kategorija:

- sustavi s kapljičnim vodovima: uključuju perforirane tanke cijevi od polietilena (PE), promjera 0,15 – 0,20 mm, s rupama na fiksnim udaljenostima; radni tlak je 0,5 – 2,0 bara, brzina protoka 0,5 – 4,0 L/h,
- sustavi s kapaljkama: sastoje se od cijevi izrađenih od polietilena niske gustoće (LDPE) promjera 16 – 25 mm na koje su umetnute kapaljke na odgovarajuću udaljenost temeljem zahtjeva usjeva (razmaka između biljaka unutar reda); radni tlak je 0,5 – 2 bara, protok 1-4 L/h
- sustavi s naizmjeničnim kapaljkama: karakterizira ih visok, ujednačen protok od 6 do 30 L/h, s radnim tlakom od 1 do 3 bara; zbog veće brzine protoka, vjerojatnost začepjenja je vrlo mala.
- sustavi s kapilarnim cijevima: sastoje se od PE cijevi, 20 – 25 mm promjera, na koje su umetnute kapilare, unutarnjeg promjera 0,5 – 1,5 mm; duljina kapilare može varirati ovisno o potrebi od 30 do 50 ili 70 cm; radni tlak je 1,0 – 2,5 bara, protok 0,7 – 7 L/h,
- potpovršinsko navodnjavanje kapanjem (subirigacija): cijevi za kapanje postavljene su 15 cm ispod zemlje kako bi se smanjilo isparavanje vode.

Sustav navodnjavanja kapanjem sastoji se od pogonskog dijela (crpke, vodomjera, regulatora tlaka, filtera), fertilizatora te glavnih, pomoćnih i lateralnih cijevi s kapaljkama (slika 7). Osim navedenog sustav može imati i uređaj za dodavanje vodotopivih gnojiva, a postupkom navodnjavanja može se upravljati preko računala.

Dizajn sustava za navodnjavanje kapanjem



Slika 7. Dijelovi sustava za navodnjavanje kapanjem

Pogonski dio sastoji se od sljedećih dijelova: crpke s motorom, regulatora i mjerača protoka vode (ventili i vodomjer), regulatora i mjerača tlaka vode te filtera za vodu. Glavna je uloga pogonskog dijela da pod ujednačenim tlakom potiskuje filtriranu vodu u glavni cjevovod, odnosno do kapaljki. Radni tlak vode pri navodnjavanju iznosi od 0,8 do 1,5 bara, a održava ga regulator tlaka. Za automatsko podešavanje programirane količine vode u uređaju služe regulator i mjerač protoka. Ovo se reguliranje količine vode obavlja za svaku uzgajanu kulturu (podešavanje obroka navodnjavanja). Zbog specifične građe kapaljki, lako može doći do njihovog začepjenja, pa su u sustavu navodnjavanja nužni filteri koji čiste vodu od naj-sitnijih onečišćenja.

Najčešći filteri koji se koriste u navodnjavanju kapanjem su medijski filteri (šljunak ili pijesak), diskasti filteri i mrežasti filteri. U sustavu se filtracija obavlja u dvije faze:

- primarna filtracija: filtrira relativno krupne čestice u blizini izvora vode; koriste se medijski ili diskasti filteri, a može uključivati i hidrociklonski separator pijeska postavljen prije glavnog filtra u slučajevima kad voda sadrži pijesak ili druge teške čestice ($\geq 50 \mu\text{m}$)
- sekundarna filtracija: filtrira sitnije čestice preostale nakon glavne faze filtracije; koriste se mrežasti ili diskasti filteri.

Fertilizator (dozator, slika 8; injektor, slika 9) služi za miješanje vodotopivih mineralnih gnojiva s filtriranom vodom, tako da se uz navodnjavanje obavlja i gnojidba biljaka, odnosno fertirigacija.



Slika 8. Dozator za vodotopiva gnojiva



Slika 9. Injektor za vodotopiva gnojiva

Glavni cjevovod može biti nadzemni ili podzemni. Promjer cjevovoda ovisi o količini vode koja se dodaje sustavom navodnjavanja, najčešći je promjer od 20 do 50 mm. Položaj glavnog cjevovoda prema navodnjavanoj površini ovisi o prilikama na terenu (uz kraću stranicu ili po sredini površine).

Na glavni cjevovod postavljaju se **razvodne ili lateralne cijevi**. Najčešće se ove cijevi polažu na tlo uz biljke, kako bi svaka biljka dobila potrebnu količinu vode. Razvodne cijevi su najčešćeg promjera od 15 do 20 mm (slika 10). Budući da je broj cijevi usklađen s brojem i dužinom redova, ukupna količina cijevi ovisit će o razmaku redova, odnosno uzgajanoj kulturi.



Slika 10. Navodnjavanje kapanjem u plasteniku

Kapaljke predstavljaju posebni dio sustava za dodavanje vode u obliku kapljica. Postoje razne izvedbe i razni tipovi. Zapravo, kapaljke su male i jednostavne naprave s rupicama u kojima voda pri prolasku gubi tlak i kapa (zbog sile gravitacije) na tlo, uz biljku. Budući da se rupice lako začepiju, voda se prethodno filtrira. Ukoliko ipak dođe do začepljenja, mogu se zamijeniti novima. Svi se tipovi kapaljki mogu svrstati u dvije skupine. Prvu skupinu čine kapaljke koje se mogu podešavati i one su u obliku vijka. U njihovim se dugim navojima gubi tlak vode, i na kraju nastaju kapi (slika 11). Kapaljke koje se ne mogu podešavati imaju značajke kapilara. U propustima za vodu (kapilarama) također se gubi tlak i voda izlazi u obliku kapi (slika 12). Neki tipovi kapaljki imaju dijafragmu, a neke su diskosne, itd. Razmak kapaljki na cijevima ovisi o razmaku biljaka u redu i o fizikalnim značajkama tla i može biti od 10, 20 do 50 ili više cm. Kapaljke koje su sastavni dio cijevi nazivaju se linijskim kapalkama, a ako su sa strane cijevi, onda se zovu bočne. Intenzitet kapanja je najčešće od 3 do 4 l/h uz tlak od 0,8 do 1,5 bara.



Slika 11. Cijevi s ugrađenim kapalkama



Slika 12. Navodnjavanje kapanjem putem kapilara u hidroponskom uzgoju

Navodnjavanje mikrorasprskivačima

Navodnjavanje mikrorasprskivačima pogodno je za intenzivan uzgoj povrćarskih i cvjećarskih kultura te presadnica u zaštićenim prostorima. Sam sustav za navodnjavanje mikrorasprskivačima identičan je sustavu navodnjavanja kapanjem. Razlika je samo u načinu dodavanja vode, odnosno kapaljke su zamijenjene mikrorasprskivačima. Mikrorasprskivači raspršuju vodu u obliku sitnih kapi, pod tlakom uglavnom do 3,5 bara i imaju domet do 5 m. Treba naglasiti da se pri navodnjavanju mikrorasprskivačima gnojidba vodotopivim hranjivima rjeđe primjenjuje nego pri kapanju. Moguća je primjena folijarnih gnojiva, a u slučaju da se primjenjuju vodotopiva gnojiva koja se usvajaju putem korijena, potrebno je nakon fertirigacije biljke isprati čistom vodom kako bi se spriječio nastanak ožegotina na lišću.

Glavni cjevovod i lateralne cijevi su fiksne ili polugipke polietilenske cijevi. Na njih se postavljaju rasprskivači ili njihovi priključci. Postoje različiti oblici priključaka i nosača za mikrorasprskivače. Oni se lako utisnu u stijenku lateralne cijevi, gdje god je to potrebno. Na priključak rasprskivača može se spojiti svaki tip rasprskivača s različitim protocima. Na te priključke se mogu staviti i čepovi radi zatvaranja otvora i sprečavanja izlaska vode. Mikrorasprskivači se mogu na različite načine spojiti s lateralnom cijevi: spojiti preko priključka na samu cijev, postaviti na postolje pomoću navoja i postaviti na nosač. U tom slučaju se komplet povezivanja rasprskivača s lateralnom cijevi sastoji od četiri elementa: priključka koji se postavlja u cijev, savitljive cjevčice koja ide od cijevi do rasprskivača, vezne spojke i nosača rasprskivača (slika 13).



Slika 13. Mikrorasprskivači u visokom tunelu



Pitanje:

Koje su prednosti lokaliziranog navodnjavanja u odnosu na druge metode?

Za koje kulture biste primijenili navodnjavanje kapanjem, a za koje mikrorasprskivačima

Pogledajte video o metodama navodnjavanja u zaštićenim prostorima:

https://www.youtube.com/watch?v=b8c_gG4Jbul

Zadatak:

Izmjerite kapacitet/protok kapaljke. Na više mjesta u plasteniku ispod kapaljki postavite plastične čaše. Uključite sustav 1 minutu i menzurom izmjerite volumen vode. Vrijednosti upišite u bilježnicu i preračunajte koliko vode se doda po kapaljci tijekom jednog sata.

Temeljem dobivene vrijednosti izračunajte koliko dugo treba biti uključen sustav kako bi se dodalo 15, odnosno 25 mm (L/m²) vode.

Izrada plana navodnjavanja

Točno vrijeme i količina vode dodane navodnjavanjem vjerojatno su najvažniji čimbenici efikasnog upravljanja navodnjavanjem i uštede vode. Također, poboljšava se produktivnost i kvaliteta uzgajanih kultura. Dobro planiranje navodnjavanja je vrlo važno i zbog visoke potencijalne učinkovitosti fertirigacije (tj. navodnjavanja u kombinaciji s gnojdbom).

Bez obzira na tehnologiju uzgoja u zaštićenom prostoru (u tlu ili hidroponu), plan navodnjavanja treba osigurati:

- opskrbu biljaka volumenom vode jednakim volumenu transpirirane vode kako bi se održala produktivnost usjeva
- ravnomjernu opskrbu svih biljaka vodom
- ispiranje viška hraniva (soli) kako bi se izbjeglo zaslanjivanje tla

Prilikom uzgoja u zaštićenom prostoru uvijek postoji rizik od pogreške prilikom usklađivanja opskrbe vodom navodnjavanjem s evapotranspiracijom uzgajane kulture, budući da je evapotranspiracija pod utjecajem iznenadnih promjena vanjskih vremenskih uvjeta ili upotrebe sustava za kontrolu klime poput grijanja i ventilacije.

Za planiranje navodnjavanja u zaštićenim prostorima prilikom uzgoja u tlu ili hidroponskog uzgoja, važno je procijeniti evapotranspiraciju i, ovisno o tlu ili supstratu, obrok navodnjavanja. Obrok navodnjavanja supstrata u kontejneru može se procijeniti temeljem vodnog potencijala ili volumetrijskog sadržaja vode, uz korištenje senzora vlažnosti tla. Praćenje vlažnosti tla pomoću senzora bilo je ograničeno zbog točnosti senzora, cijene kao i količine rada potrebnog za postavljanje, uklanjanje i prikupljanje očitavanja, no danas postoje vrlo točni uređaji koji daju realna i pravovremena očitavanja.

Norma navodnjavanja

Norma navodnjavanja je nedostatak vode ili ukupna količina vode koju je potrebno dodati navodnjavanjem za vrijeme vegetacijskog razdoblja. Pri navodnjavanju se jedan dio vode gubi (ishlapljivanje, površinsko otjecanje i filtracija), pa je stoga potrebno neto normu povećati pomoću koeficijenta iskorištenja vode koji iznosi 0,85. Norma navodnjavanja ustvari je jednaka količini vode potrebne za uzgoj pojedine kulture u zaštićenim prostorima i odgovara vrijednosti evapotranspiracije.

Turnus navodnjavanja

Turnus navodnjavanja predstavlja vremensko razdoblje (u danima) između dva navodnjavanja.

$$T = O / Ud$$

T – turnus navodnjavanja (dan)

O – obrok navodnjavanja (mm)

Ud – dnevni utrošak vode (mm/dan)

Dnevni se utrošak vode temelji na poznavanju vrijednosti evapotranspiracije (tablica 2). Dobije se dijeljenjem te vrijednosti (za određeni mjesec) s brojem dana tog mjeseca. Određivanje trenutka početka navodnjavanja ovom metodom pogodno je samo za aridna područja (gdje su neznatne količine prirodnih oborina) i za uzgoj u zaštićenim prostorima (u tlu se voda osigurava jedino navodnjavanjem). Iz tablice 2 je vidljivo kako ni za jednu od kultura nije planiran uzgoj, odnosno procijenjena evapotranspiracija za najtopliji dio godine, što znači da se uzgoj odvija u grijanim zaštićenim prostorima tijekom jesensko-zimskog i proljetnog perioda. Razlog tome su previsoke temperature tijekom ljetnih mjeseci, iznad maksimalnih za pojedinu kulturu, koje ograničavaju rast i razvoj uzgajane kulture.

Kako se kod nas uglavnom koriste visoki tuneli i negrijani plastenici u kojima se povrtne vrste uzgajaju i tijekom ljetnog perioda, u proračunu se za period od lipnja do rujna mogu koristiti maksimalne vrijednosti navedene u tablici za pojedinu kulturu ili čak i povećane za 10 do 20 %.

Tablica 2. Procijenjene mjesečne i godišnje vrijednosti evapotranspiracije (mm) za neke povrtne vrste u zaštićenim prostorima prema Nikolau i sur., 2019.

vrsta/ mjesec	S	V	O	T	S	L	S	K	R	L	S	P	Σ
rajčica	42	60	85	120	180	168				12	40	36	743
krastavac	42	48	72	120	208						40	36	566
mahune	42	48	84	140	70						24	28	436
patlidžan	12	24	40	60	76	100	68						380
paprika	12	24	40	60	76	100	112						424
lubenica	10	20	32	48	84	28							222
dinja	10	20	32	48	84	28							222
tikvica	12	24	50	78	136	88							388

Dobro je također znati kako evapotranspiracija predstavlja > 90 do 95 % vode usvojene korijenom biljaka.

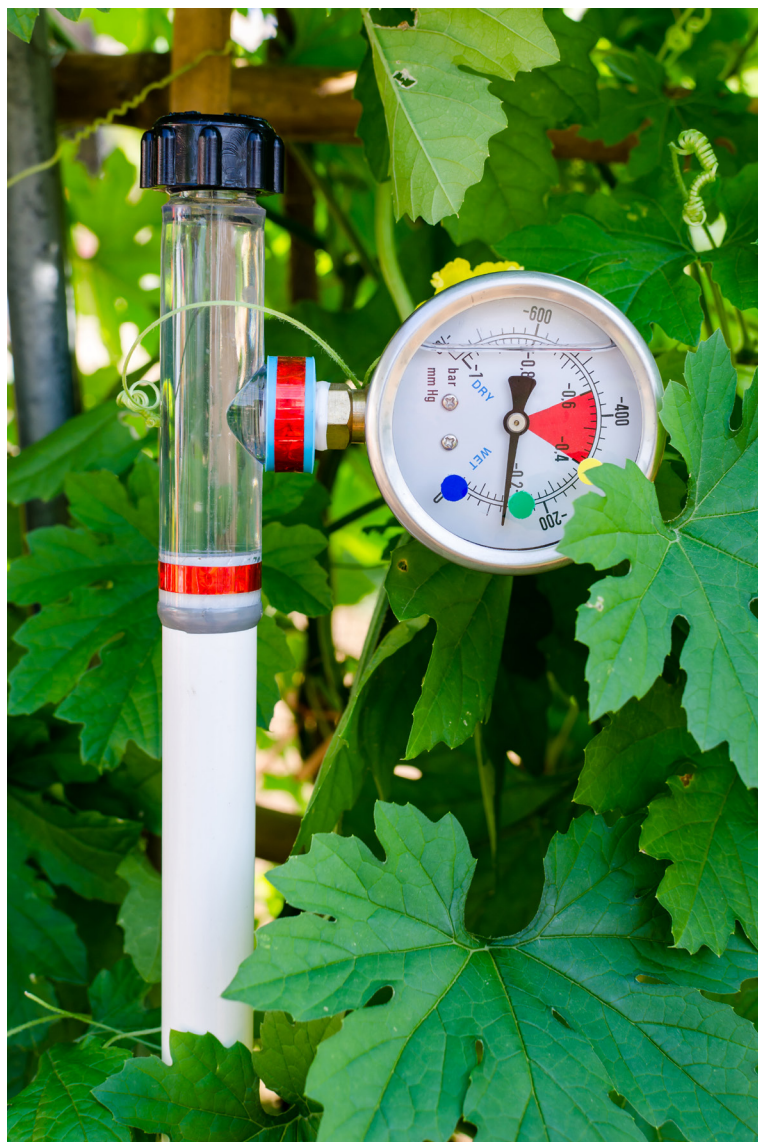
Obrok navodnjavanja

Obrok navodnjavanja predstavlja količinu vode koja se dodaje jednim navodnjavanjem (mm ili m^3/ha). To je zapravo dio norme navodnjavanja. Obrok navodnjavanja ovisi o dubini tla kojeg se želi navlažiti, značajkama tla, a poglavito o količini vlage u tlu prije navodnjavanja. Dubina tla koju treba navlažiti ovisi o dubini korijenja, odnosno o uzgajanoj kulturi i fazi razvoja. Nije, međutim, potrebno navlažiti tlo do dubine do koje dopire korijenje, već samo aktivni sloj tla u kojem se nalazi glavna masa korijenja. Na lakšim (pjeskovitim) tlima potrebno je dodavati manji obrok navodnjavanja i češće nego na težim (glinastim) tlima. U konačnici, treba dodati potrebnu količinu vode bez obzira na tlo na kojem se biljke uzgajaju.

Budući da tlo treba zasititi do poljskog vodnog kapaciteta, za određivanje obroka navodnjavanja treba poznavati vlažnost tla prije navodnjavanja. Vlažnost tla mjeri se tenziometrima ili senzorima koji istovremeno s vlažnošću tla mjere i temperaturu tla te EC-vrijednost.

Mjerenje **tenziometrom** obavlja se na temelju mjerenja negativnog tlaka vode u tlu – tenzije ili sukcije, odnosno sisajuće sile tla. Danas se uglavnom upotrebljavaju tenziometri s vakuum mjerilom (slika 14). Tenziometrima s vakuummetrom može se izmjeriti tenzija vlage u tlu do 1,0 bara. Postavljaju se u tlo tako da porozna čašica bude na dubini na kojoj želimo mjeriti vlažnost. Obično se stavlja na svakih 20 cm dubine aktivne zone korijenovog sustava, odnosno dubine vlaženja tla navodnjavanjem. Prilikom postavljanja tenziometra treba postići da porozna čašica i tlo budu u bliskom kontaktu, tj. da između njih nema poroznog prostora. Zbog toga je najbolje tenziometre postavljati dok je tlo vlažno. Kada je tenziometar postavljen, u cijev se do vrha nalijeva prokuhana destilirana voda i cijev se hermetički zatvori. Kada se tlo suši, u njemu se tenzija (sukcija – sisajuća sila tla) povećava, te voda izlazi iz čašice tenziometra u tlo. Negativni tlak vode u tlu (tenzija ili sukcija) registrira se na manometru instrumenta. Tenziometri ne mogu mjeriti vlažnost u sušim uvjetima (što je veliki nedostatak), nego samo tenziju do 1,0 bara, tj. lako pristupačnu vodu koja je za biljke najkorisnija. Kada manometar pokaže da je tenzija vlage u tlu blizu 0,9 bara, tlo treba navodnjavati. U melioracijskoj praksi tenziometri se koriste za određivanje trenutka početka navodnjavanja i za praćenje dinamike sadržaja vlage u tlu.

Uz tenziometre danas na tržištu postoji niz jednostavnih kontrolera navodnjavanja, sučeljem povezanih s jednim ili više **senzora vlage u tlu**. Uobičajeno se koristi bežična radio tehnologija. Nove vrste senzora vlage u tlu (slika 15) imaju mogućnost mjerenja dielektričnih svojstava tla. Ovi senzori su jeftiniji i zahtijevaju manje održavanja i stručnosti korisnika u usporedbi s tradicionalnim tenziometrima. Međutim, dok je interpretacija podataka o tenziji vode u tlu za upravljanje navodnjavanjem jednostavna, tumačenje volumetrijskog sadržaja vode zahtijeva protokole ili specifično iskustvo za određeno područje uzgoja. Većina tenziometara obično ima radni raspon između 0 i 80 kPa, u osnovi pokriva raspon vlažnosti tla koja se susreće u kulturama navodnjavanima sustavima kapanja.



Slika 14. Tenziometar



Slika 15. Senzor vlažnosti tla

Provjerite svoje znanje



1. Napravite pokus u plasteniku. Posadite npr. presadnice salate ili korabice na tri ili četiri gredice i postavite sustav za navodnjavanje kapanjem. Svaku gredicu navodnjavajte drugačijim turnusom (svaki drugi dan, dva puta tjedno, jednom tjedno) i bez navodnjavanja. Jednom tjedno pratite rast i razvoj (broj listova, masa nadzemnog i podzemnog dijela) te prinos uzgajane kulture. Promjene i rezultate upišite u bilježnicu.
2. U razredu se podijelite u nekoliko grupa i istražite različite metode proračuna evapotranspiracije. Neka svaka grupa odabere drugu metodu, napravite proračun i usporedite rezultate. Testirajte neki od dostupnih online alata.
3. Napravite proračun potrebne količine cijevi za navodnjavanje kapanjem ako je poznato sljedeće:
 - plodovito povrće
 - površina plastenika 500 m^2 (neto površina 480 m^2 – 10 m širine i 48 m dužine)
 - uzgajana kultura: rajčica
 - razmak redova: 100 cm
 - razmak unutar reda 40 cm
 - lisnato povrće
 - površina plastenika 500 m^2 (neto površina 480 m^2 – 10 m širine i 48 m dužine)
 - uzgajana kultura: salata
 - razmak redova: 30 cm
 - razmak unutar reda 25 cm
 - salata se uzgaja u četverorednim trakama na foliji za malčiranje širine 120 cm; između svake folije je prohod širine 50 cm.

Samovrednovanje:

U bilježnicu nacrtajte tablicu za samovrednovanje poput ove u nastavku (Tablica 3.). Pročitajte tvrdnje i u jednom od tri stupca označite kvačicom.

Tablica 3. Samovrednovanje

Tvrdnja	DA	NE	DJELOMIČNO
Smatrate li korištenje ovog materijala korisnim za osobni razvoj?			
Jeste li naučili nešto novo i zanimljivo?			
Hoćete li naučeno moći primijeniti u praksi?			
Biste li ovakav način učenja preporučili kolegama?			

ZAKLJUČAK

Komercijalni uzgoj povrća je nezamisliv bez navodnjavanja, pogotovo u zaštićenim prostorima, gdje biljke nisu u mogućnosti koristiti oborine. Sva potrebna količina vode dodaje se sustavima lokaliziranog navodnjavanja (kapanjem, podzemnim navodnjavanjem ili subirigacijom te mikrorasprskivačima). Voda za navodnjavanje treba imati odgovarajuća fizikalna, kemijska i biološka svojstva. Početak navodnjavanja određuje se praćenjem vlažnosti tla i evapotranspiracije. Količina vode dodane jednim navodnjavanjem navodnjavanjem naziva se obrok navodnjavanja, a razmak između dva obroka navodnjavanja naziva se turnus navodnjavanja.

Učenici će znati prepoznati osnovne elemente i sustave navodnjavanja, postaviti i podesiti opremu u zaštićenim prostorima te izračunati parametre navodnjavanja prema zahtjevima kultura; provjeriti kvalitetu vode za navodnjavanje u zaštićenim prostorima kao i primijeniti odgovarajuće tehnike i tehnologije navodnjavanja u zaštićenim prostorima.

Obzirom na promjenjive klimatske i vremenske uvjete, učestalo je variranje potreba biljaka za vodom. To je potrebno prepoznati i biljke opskrbiti dovoljnim količinama kvalitetne vode, koristeći sustave za navodnjavanje koji ravnomjerno raspoređuju vodu uz mali utrošak energije.

Autor:

Božidar Benko

Nakladnik:

Agencija za strukovno obrazovanje i obrazovanje odraslih

Izvoditelj:

Profil Klett d.o.o.

Recenzent:

Blanka Pazman

Urednik:

Adrijana Leko

Lektor:

Zdravka Krpina

Grafička priprema:

Profil Klett d.o.o.

Stručnjak za didaktičko-metodičko oblikovanje:

Matea Thompson

Voditelj projekta:

Kristina Ferara Blašković

Izvori fotografija:

Božidar Benko,
Shutterstock,
Istockphoto

Literatura:

1. De Pascale, Stefania i dr. 2017. *Irrigation management: challenges and opportunities*. U: Good Agricultural Practices for greenhouse vegetable production in the South East European countries - Principles for sustainable intensification of smallholder farms. 79 - 104. FAO, Rim, Italija. <https://www.fao.org/3/i6787e/i6787e.pdf> (pristupljeno 31. srpnja 2023.).
2. Đurovka, Mihal i dr. 2006. *Proizvodnja povrća i cveća u zaštićenom prostoru*. Poljoprivredni fakultet Novi Sad i Poljoprivredni fakultet. Banja Luka.
3. Incrocci, Luca i dr. 2020. *Irrigation management of European greenhouse vegetable crops*. Agricultural Water Management 242: 106393. <https://doi.org/10.1016/j.agwat.2020.106393> (pristupljeno 1. kolovoza 2023.).
4. Lešić, Ružica i dr. 2004. *Povrćarstvo II. dopunjeno izdanje*. Zrinski. Čakovec.
5. Nikolaou, Georgios i dr. 2019. *Irrigation of Greenhouse Crops*. Horticulturae 5(1): 7. <https://doi.org/10.3390/horticulturae5010007> (pristupljeno 2. kolovoza 2023.).
6. Sela, Guy. 2021. Fertilization and Irrigation Theory and Best Practices
7. Sito, Stjepan i dr. 2015. *Oprema za navodnjavanje u uzgoju povrća*. Glasnik Zaštite Bilja 38(4): 75-83. <https://hrcak.srce.hr/162456> (pristupljeno 2. kolovoza 2023.).
8. Šimunić, Ivan; Špoljar Andrija. 2007. *Tloznanstvo i popravak tla (II dio)*. Visoko gospodarsko učilište u Križevcima. https://www.vguk.hr/upload/E_skripte/Tloznanstvo_i_popravak_tla_II_dio.pdf (pristupljeno 31. srpnja 2023.).

Sadržaj ove publikacije isključiva je odgovornost Agencije za strukovno obrazovanje i obrazovanje odraslih.

Projekt je sufinancirala Europska unija iz Europskog socijalnog fonda.

Za više informacija o EU fondovima posjetite web stranicu Ministarstva regionalnoga razvoja i fondova Europske unije: www.strukturnifondovi.hr.



Agencija za
strukovno obrazovanje
i obrazovanje odraslih



Projekt je sufinancirala Europska unija iz Europskog socijalnog fonda.