



Agencija za
strukovno obrazovanje
i obrazovanje odraslih



NAVODNJAVANJE VIŠEGODIŠNJIH NASADA

Monika Zovko



Projekt je sufinancirala Europska unija iz Europskog socijalnog fonda.

**Autor:**

Monika Zovko

Sektor:

Poljoprivreda, prehrana i veterina

Naziv standarda kvalifikacije:

Agromeliorator/Agromelioratorka

Razina HKO-a: 4.2**Modul:**

Navodnjavanje višegodišnjih nasada

Skup ishoda učenja:

Navodnjavanje višegodišnjih nasada

Razina SIU-a: 4**Ishodi učenja:**

1. prepoznati simptome vodnog stresa na vinovoj lozi i voćkama
2. izdvojiti faze voćaka i vinove loze koje su kritični periodi za nedostatak vode
3. primijeniti metode procjene vodnog stresa kod voćaka i vinove loze
4. odrediti trenutak početka i dinamiku navodnjavanja voćaka i vinove loze
5. Izračunati obrok i normu navodnjavanja za voćke i vinovu lozu.
6. odabrati odgovarajuće tehnike i tehnologije navodnjavanja voćaka i vinove loze prema specifičnosti vrste i agroekološkim uvjetima područja
7. pozicionirati elemente sustava navodnjavanja u višegodišnjim nasadima
8. kontrolirati kemijska, fizikalna i biološka svojstva vode koja se koristi za navodnjavanje
9. primijeniti mjere i zahvate podešavanja, održavanja, kontrole i otklanjanja nepravilnosti kod sustava navodnjavanja u višegodišnjim nasadima
10. istražiti mogućnost inovativnih tehnologija motrenja višegodišnjih nasada za planiranje i provedbu preciznog navodnjavanja.

Ključni pojmovi:

vodni stres, navodnjavanje, agroekološki uvjeti, kontrola svojstava vode

CSVET: 3**Datum izrade DOM-a:**

30. 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 jedini ili množini.



Agencija za
strukovno obrazovanje
i obrazovanje odraslih

NAVODNJAVANJE VIŠEGODIŠNJIH NASADA

Monika Zovko



Projekt je sufinancirala Europska unija iz Europskog socijalnog fonda.

SADRŽAJ

UVOD	5
1. Nedostatak vode u trajnim nasadima i simptomi vodnog stresa	6
Simptomi vodnog stresa	6
Kritična razdoblja za nedostatak vode	7
Metode procjene vodnog stresa kod voćaka i vinove loze	8
Provedba navodnjavanja, deficitarno navodnjavanje i kakvoća vode za navodnjavanje	10
Inovativne tehnologije motrenja višegodišnjih nasada za planiranje i provedbu preciznog navodnjavanja	16
ZAKLJUČAK	19

UVOD

Za pravilan i brz razvoj višegodišnjih nasada neophodna je dovoljna količina vode. Nedostatak vode na početku vegetacije smanjuje vegetativni rast, a time i smanjuje prinose. Usporeni vegetativni rast štetan je za mlade nasade kojima je potreban maksimalan rast kako bi se što prije razvio gornji habitus. Također, tijekom ljetnih mjeseci i nakon berbe nedostatak vode može poremetiti razvoj pupova i uzrokovati prerano opadanje listova. Stoga, je važno da poljoprivredni proizvođači znaju koliko, kada i kojom metodom će nadomjestiti nedostatak vode sukladno uvjetima u kojima se njihovi nasadi nalaze. Cilj je održavati vlagu u zoni korijena na razini koja će omogućiti odgovarajući rast nasada, ali i kvalitetu plodova u tekućoj i sljedećim godinama. Modul Navodnjavanje višegodišnjih nasada otvara prostor za istraživanje ključnih aspekata navodnjavanja u kontekstu održive poljoprivredne prakse, s posebnim naglaskom na voćke i vinovu lozu. Učenici će razviti temeljno razumijevanje kako vodni stres utječe na biljke te kako pravilno planiranje i upravljanje navodnjavanjem može znatno poboljšati zdravlje biljaka i ukupnu produktivnost nasada. Također će se istražiti različite tehnike i tehnologije navodnjavanja koje su prikladne za specifične vrste biljaka i agroekološke uvjete područja. Osim toga, ovim modulom upoznat ćete i neke od inovativnih tehnologija za precizno navodnjavanje i praćenje stanja nasada.

Nakon proučavanja ovih obrazovnih materijala moći ćete:

- prepoznati simptome vodnog stresa na vinovoj lozi i voćkama te izdvojiti faze voćaka i vinove loze koje su kritični periodi za nedostatak vode
- primijeniti metode procjene vodnog stresa kod voćaka i vinove loze i odrediti trenutak početka i dinamiku navodnjavanja voćaka i vinove loze
- izračunati obrok i normu navodnjavanja za voćke i vinovu lozu, odabrati odgovarajuće tehnike i tehnologije navodnjavanja voćaka i vinove loze prema specifičnosti vrste i agroekološkim uvjetima područja te pozicionirati elemente sustava navodnjavanja u višegodišnjim nasadima
- kontrolirati kemijska, fizikalna i biološka svojstva vode koja se koristi za navodnjavanje, primijeniti mjere i zahvate podešavanja, održavanja, kontrole i otklanjanja nepravilnosti kod sustava navodnjavanja u višegodišnjim nasadima te istražiti mogućnost inovativnih tehnologija motrenja višegodišnjih nasada za planiranje i provedbu preciznog navodnjavanja.

1. NEDOSTATAK VODE U TRAJNIM NASADIMA I SIMPTOMI VODNOG STRESA

Procjena je da bi se primjenom navodnjavanja povećali prosječni urodi voća (za 30 – 58 % u kopnenom dijelu, a u primorskom dijelu Hrvatske 2 – 3 puta), postigla bi se ujednačenost kvalitete plodova i stabilnost prinosa, redovita opskrba tržišta, a time i zadovoljavajući ekonomski učinci. Kad se radi o primjeni navodnjavanja u vinogradarskoj proizvodnji, tada treba razmotriti specifičnosti takve proizvodnje. Vinova loza je kultura koja pripada skupini biljaka otpornih na sušu. Morfološke, anatomske i fiziološke značajke omogućavaju njezinu prilagodbu različitim uvjetima vlaženja. Količina oborina za normalan rast i razvoj vinove loze tijekom vegetacije iznosi 600 do 800 mm uz povoljan raspored, dok je najniža granica oko 300 mm godišnje.

Vodni stres može biti u rasponu od umjerenog do jakog, tj. dugotrajne ljetne suše koja može jako naštetiti biljci. Posljedice i intenzitet vodnog stresa ovisit će o više faktora: to su vrsta tla, klima te hranjive tvari. Vodni stres je dobro došao do one razine kada biljka može obavljati fotosintezu i još ima hraniva u svojim zalihama. Svi procesi normalno rade, a biljka je pod blagim stresom. Negativan utjecaj stresa počinje kada biljka nema u svojim zalihama više hraniva ili kada je u fazama u kojima ne smije biti u stresu zbog nedostatka vode. Biljka u toj situaciji ne može normalno funkcionirati i koristi sve svoje obrambene mehanizme kako bi se zaštitila od stresa.

Simptomi vodnog stresa

U uvjetima pomanjkanja vode javlja se vodni stres koji djeluje na brojne fiziološke procese u biljkama. Slika 1 prikazuje izgled trsova vinove loze sorte teran u Istri u kojem je proveden pokus navodnjavanja vinograda. Lijeva fotografija prikazuje izgled trsova koji nisu bili navodnjavani, znači bili su izloženi vodnom stresu, dok desna fotografija prikazuje trsove koji su navodnjavani obrocima do pune potrebe vinove loze za vodom. Na nenavodnjavanim trsovima vidljiv je gubitak zelene boje lista, sušenje. Najraniji učinci stresa pokazuju se venućem listova (slika 1), to jest gubitkom turgora, posebno tijekom najtoplijeg dijela dana. Listovi se mogu saviti prema unutra kako bi se smanjila površina za transpiraciju. Vidljivo je sušenje vršnih dijelova lista, a ovisno o sorti može doći i do prekida daljnjeg razvoja i formiranja listova. Vodni stres utječe na fotosintezu, kao osnovni fiziološki proces zelenih biljaka. Budući da mehanizam fotosinteze uključuje različite komponente kao što su fotosintetski pigmenti i fotosustavi, sustav transporta elektrona te putevi redukcije CO₂, oštećenja ijedne od navedenih komponenti nastale zbog stresnih uvjeta mogu uzrokovati smanjenje ukupnog intenziteta fotosinteze.



Slika 1. Izgled listova vinova loze (*Vitis vinefrea*) sorte teran koja je izložena vodnom stresu (lijevo) i koja je navodnjavana (desno).

Ostali važni simptomi na listovima su promjena boje listova u blijedo zelenu te pucanje na vrhovima uz lagano sušenje listova, ubrzano starenje listova, sušenje i opadanje listova. Vodni stres utječe na smanjenu stopu cijelog vegetacijskog rasta, smanjenje brzine rasta izdanaka i može dovesti do prestanka rasta vrhova izdanaka. Na grozdovima su također vidljivi simptomi vodnog stresa: smanjena veličina i brojnost bobica te može doći i do opadanje bobica.

Slični simptomi se javljaju i kod drugog voća. Listovi postaju suhi i vise, posebno kod mladih voćaka. Plodovi mogu postati tamniji, smanjiti veličinu ili pokazivati simptome oštećenja kao što su sunčane opekline. Može doći do opadanja nezrelih plodova kako bi biljka smanjila vodni stres. Osim toga u uvjetima vodnog stresa je smanjenje veličine i kvalitete plodova. Plodovi mogu izgubiti svoju tipičnu teksturu i aromu, postajući manje privlačni za konzumaciju. Važno je zapamtiti da izloženost vodnom stresu smanjuje i otpornost na bolesti i štetnike.

Kritična razdoblja za nedostatak vode

U trajnim nasadima biljke prolaze kroz godišnje cikluse rasta i razvoja – fenofaze. Biljke nisu jednako osjetljive s obzirom na fenofazu u kojoj se nalaze na sušne uvjete. Kod vinove loze razlikujemo sedam fenofaza: 1. faza – sušenje ili plač, 2. faza – pupanje, rast i razvoj vegetacije, 3. faza – cvjetanje i oplodnja, 4. faza – rast bobica, 5. faza – dozrijevanje grožđa, 6. faza – priprema za zimski odmor, 7. faza – zimski odmor. Vodni stres prije cvatnje uzrokuje smanjenje pupova, opadanje mladih razvijenih pupova te smanjen rast i opadanje bobica na kraju. Najosjetljivija fenofaza na vodni stres je rast i dozrijevanje bobica. Ako je vinova loza pod stresom, bobice se neće moći do kraja razviti, ostat će sitnije i imat će manje aroma i boje. Sušna razdoblja u zriobi grožđa mogu se odraziti nepovoljno kako na prinose, tako i na kakvoću grožđa upravo zbog poremećenog procesa fotosinteze. Normalan rast vinove loze izložene vodnom stresu zahtijeva primjenu navodnjavanja i to u fenofazama rasta i dozrijevanja. Razumijevanje utjecaja vodenog deficita na rast i cvjetanje voćaka kao što su masline, ključno je za učinkovito upravljanje poljoprivrednim resursima. Cvjetanje maslina je izuzetno osjetljivo na nedostatak vode i visoke temperature. Nakon potpunog cvjetanja, otprilike 8 tjedana nastupa faza takozvanog brzog rasta, što se događa? Stanice se dijele i šire, endokarp raste i čini 80 % volumena ploda masline. Ta faza je jako osjetljiva na nedostatak vode. Nakon te faze slijedi faza sporog rasta u kojoj endokarp ploda postaje čvršći te je ta faza manje osjetljiva na nedostatak vode. Nakon sporog rasta ide ponovno brzi rast u

kojoj stanice mezokarpa brzo rastu i započinje biosinteza ulja. To je jako osjetljiva faza na nedostatak vode jer može smanjiti količinu ulja u plodu. Možemo zaključiti da su kod masline faze najosjetljivije na nedostatak vode cvjetanje, faza prvog brzog rasta te faza ponovnog brzog rasta.

Metode procjene vodnog stresa kod voćaka i vinove loze

U upravljanju vinogradima, praćenje vodnog statusa loze ima veliku važnost jer utječe na kvalitetu berbe, prinos i dugoročnu održivost vinograda. Uočavanje prisutnosti vodnog stresa i posljedica koje mogu nastati važni su za određivanje početka navodnjavanja i trajanja navodnjavanja. Jedna od najjednostavnijih je svakako vizualno praćenje pojave simptoma vodnog stresa. Na primjer, ako listovi biljke počnu venuti, to je znak da je potrebno navodnjavanje. Međutim ovdje moramo biti oprezni – biljke često imaju vrlo slične simptome za različite stresove iz okoliša. Osim toga, ako se radi o nasadima na velikim površinama, to postaje i logistički zahtjevno provesti. Pritom neki od simptoma kada postanu vidljivi već mogu imati nepovratne posljedice za prinos i kvalitetu plodova. Iako postoje brojni alati i metode za praćenje, često su skupi i logistički zahtjevni. Za planiranje i provedbu navodnjavanja mogu se koristiti mjerači vlažnosti tla kao što su tenziometri i TDR uređaji. Ovi uređaji pomažu odrediti kada i koliko vode je potrebno dodati. Međutim, neke biljke su bolje prilagođene sušnim uvjetima i mogu održavati stabilan vodni status unatoč varijabilnostima u vlažnosti tla. Stoga je važno uz praćenje vlažnosti tla pratiti i same biljke kao pokazatelje vodenog statusa. Razumijevanje kako biljke reagiraju na različite uvjete omogućuje nam da razvijemo bolje strategije navodnjavanja i tako pomažemo u očuvanju vodnih resursa. Ovisno o vrsti biljke može se koristiti različita metoda praćenja. U vinogradima se najčešće koristi mjerenje vodnog potencijala u listovima. Mjerenja se provode na terenu u vinogradu, voćnjaku pomoću konzole za vodni status biljke (slika 2). To je prenosiv sustav kojim se mjerenja rade u stvarnom vremenu u vinogradu/nasadu.



Slika 2. Tlačna prenosiva konzola za mjerenje vodnog potencijala u listovima

Važno je vrijeme mjerenja vodnog potencijala, pred zoru ili prije podne te, ovisno o vremenu mjerenja, razlikuju se i referentne vrijednosti (tablice 1 i 2). U vinogradima se najbolje pokazalo mjerenje vodnog potencijala lista pred zoru. Uzimaju se razvijeni, zdravi listovi. Mjerenje vodnog potencijala lista daje nam informaciju o vodnom statusu biljke. Količina tlaka potrebna da bi se istisnula voda na odrezanom dijelu peteljke lista odgovara vodnom potencijalu lista, odnosno količini tenzije kojom list drži vodu. Što je veći tlak koji je potreban da bi se istisnula voda iz lista, biljka se nalazi u većem vodnom stresu. Vodni potencijal lista mjeri se u negativnim barima. Biljke će pri većem vodenom stresu imati veći vodni potencijal lista ili peteljke nego biljke koje nisu pod stresom, odnosno što je negativniji broj, veća je tenzija u unutrašnjosti lista i veći je vodni stres biljke.

Tablica 1. Referentne vrijednosti prijepodnevnog vodnog potencijala lista za procjenu stupnja nedostatka vode u vinogradima

razine nedostatka vode	vrijednosti vodnog potencijala (MPa)
nema nedostatka vode	> -0,9
slabi nedostatak vode	-0,9 do -1,1
srednji do slabi nedostatak vode	-1,1 do -1,3
srednji do ozbiljni nedostatak vode	-1,3 do -1,4
ozbiljni nedostatak vode	< -1,4

Tablica 2. Referentne vrijednosti vodnog potencijala lista pred zoru za procjenu stupnja nedostatka vode u vinogradima

razine nedostatka vode	vrijednosti vodnog potencijala (MPa)
nema nedostatka vode	> -0,2
slabi nedostatak vode	-0,2 do -0,3
srednji do slabi nedostatak vode	-0,3 do -0,5
srednji do ozbiljni nedostatak vode	-0,5 do -0,8
ozbiljni nedostatak vode	< -0,8

Osim mjerenja vodnog potencijala, određena istraživanja upućuju i na motrenje rasta izboja (slika 3) kao dobrog pokazatelja vodnog stresa (Pichon i sur., 2023.). Naime, kod izraženog vodnog stresa rast izboja će biti zaustavljen ili usporen. Može se koristiti kao operativni alat za praćenje vodnog statusa loze na razini polja, ali je metoda osjetljiva na druge čimbenike stresa i treba biti oprezan pri interpretaciji rezultata.



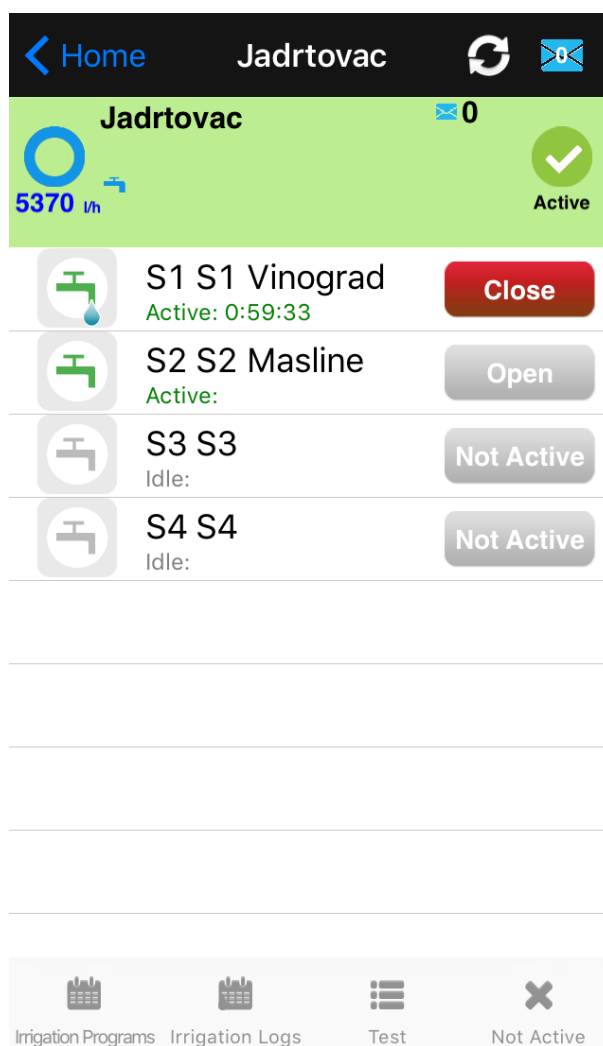
Slika 3. Rast mladih izboja vinove loze koji ne upućuje na vodni stres

Provedba navodnjavanja, deficitarno navodnjavanje i kakvoća vode za navodnjavanje

Glavne metode navodnjavanja su površinsko i podzemno navodnjavanje, zatim navodnjavanje kišenjem te lokalizirano navodnjavanje koje se u vinogradarstvu najviše koristi (Tomić i sur. 2008.). Lokalizirana metoda navodnjavanja najviše od svih sustava štedi vodu i najviše se koristi u hortikulturnoj proizvodnji. Različiti sustavi lokaliziranog navodnjavanja, bilo to podzemni ili nadzemni, omogućuju nam učestalije apliciranje vode u manjim obrocima u neposrednoj blizini usjeva kako da bi se osigurala vlažnost rizosfere gdje je biljci najpotrebnije, a samim time izbjeglo bi se nepotrebno vlaženje zone u kojoj ne raste korijen (Ondrašek i sur. 2015.). Lokalizirani sustav kapanja (slika 4) jedan je od najnovijih sustava dodavanja vode koji se koristi u navodnjavanju vinove loze.



Slika 4. Lokalizirano navodnjavanje kapanjem mladog nasada jabuka



Slika 5. Preslika zaslona mobilne aplikacije korištene u pokusu navodnjavanja vinograda i maslinika.

U posljednje vrijeme potpuno je programiran i dodavanje vode radi se automatski te se može upravljati daljinski pomoću računalne ili mobilne aplikacije (slika 5). Samim poljoprivrednicima su zanimljivi, a i ne troše im vrijeme jer ne moraju biti prisutni tijekom navodnjavanja.

Sustav navodnjavanja „kap po kap“ štedi vodu i dovodi je u neposrednu blizinu biljke. Ovaj sustav s minimalnom količinom vode postiže maksimalan učinak, a cijeli sustav prikladan je samo za vrlo intenzivne i dohodovne kulture s kojima se sustav može isplatiti. Glavni dijelovi sustava su pumpa s cijelim sustavom koja se nalazi u blizini zahvaćanja vode, plastične cijevi koje se nalaze od glavne razvodne cijevi pa do samog korijena biljke. Zadnji segment sustava, koji regulira distribuciju vode, čine kapaljke. Kapaljke se mogu postaviti na razmacima od 10 do 100 cm, s ukupnim brojem kapaljki između 2000 i 5000 po hektaru za drvenaste kulture. Protok kroz kapaljke varira između 2 l/h i 10 l/h, a dostupne su s različitim veličinama otvora. U vinogradima je poželjno postaviti cijevi s kapaljkama na visini prve žice u armaturi, čime se olakšava obrada tla (slika 6).



Slika 6. Cijevi sustava navodnjavanja s integriranim kapaljkama postavljene na visini prve žice u armaturi vinograda

U specifičnim uvjetima vinograda cijevi se mogu postaviti i na tlo (slika 7).



Slika 7. Cijevi sustava navodnjavanja s integriranim kapaljkama postavljene na tlo u vinogradu

Za nasade sa širokim razmakom sadnje kao što su masline, cijevi s kapaljkama se najčešće postavljaju kružno oko stabla (slika 8). Sustav navodnjavanja „kap po kap“ ima svoje prednosti i nedostatke.

Prednosti sustava su:

- troši minimalne količine vode
- kontrolira doziranje vode i hranjiva biljci
- višestruko štedi energiju, vodu i umjetno gnojivo
- zasađena biljka dobiva vodu neposredno uz korijen.

Nedostatci sustava su:

- visoka cijena izgradnje i opreme sustava
- navodnjavaju se samo visoko isplative kulture
- začepjenja kapaljki i njihova zamjena
- otežano kretanje mehanizacije
- skupljanje cijevi nakon sezone.



Slika 8. Cijevi sustava navodnjavanja s integriranim kapalkama postavljene kružno oko stabla masline

Navodnjavanje mini rasprskivačima također se koristi kod drvenastih kultura. Sustav mini rasprskivača jako je sličan sustavu kapanja, samo što su kapaljke zamijenjene rasprskivačima. Mini rasprskivači raspršuju vodu u obliku kapljica pod tlakom do daljine od 5 m. Rasprskivači su izrađeni od plastike te ih je moguće na kraju sezone skinuti i ostaviti za iduću sezonu. Sustav se sastoji od crpke na izvoru vode, regulatora tlaka, vodomjera, cijevi koje dovode vodu do parcele, razvodnih cijevi i rasprskivača. Postoji mogućnost priključivanja različitih tipova rasprskivača s varijabilnim protocima u formi finih kapi, magličastog mlaza ili sitnih do srednje velikih fontanskih mlazova.

U višegodišnjim nasadima uobičajena je praksa primjene deficitarnog navodnjavanja ne samo u uvjetima ograničene opskrbe vodom, već i kao mjera kontrole vegetativnog rasta, prinosa, kakvoće i senzorskih svojstava plodova/proizvoda. Voda se dodaje u većem broju obroka, ali u manjim količinama negoli je biljci potrebno. Voda se dodaje u fazama u kojima je vinovoj lozi najviše potrebna, to jest u fazama koje su na sušu najosjetljivije.

Sve nabrojene sustave navodnjavanja moguće je koristiti u vinogradarstvu, međutim o tome koji će se na kraju upotrebljavati ovisi o mnogo čimbenika. Neki od njih su: ukupni troškovi koji uključuju instalaciju sustava i kasnije brigu o njemu, kemijske i fizikalne karakteristike tla, uniformnost tla, nagib terena, cijena i dostupnost vode. Svakako je odabir prikladnog sustava prvi korak prema dobrom gospodarenju vodom.

Turnus, tj. razmak između dva navodnjavanja najviše ovisi o klimi, tlu i stanju vinograda. Obrok navodnjavanja (O_n) predstavlja ključni parametar u sustavu navodnjavanja koji označava volumen vode koji će biti isporučen na određenu poljoprivrednu površinu tijekom jednog ciklusa navodnjavanja. Ovaj parametar je integrirani dio norme navodnjavanja koja je sveobuhvatni plan za isporuku vode biljkama tijekom određenog vremenskog razdoblja. Upravljanje obrokom navodnjavanja jedna je od najvažnijih komponenata u održivom sustavu navodnjavanja koji teži minimalizaciji iscrpljivanja vodnih resursa i očuvanju kvalitete tla. Kod vinove loze optimalan obrok navodnjavanja kreće se od 35 do 50 l/m². Važno je planirati i završetak navodnjavanja kod višegodišnjih nasada, budući da može značajno utjecati na kvalitetu plodova i konačnog proizvoda (npr. vina, maslinovog ulja). Norma navodnjavanja (N_n) predstavlja potrebe poljoprivredne kulture za navodnjavanjem, a čini je ukupni nedostatak vode u određenom razdoblju (izraz 1), npr. tijekom jedne vegetacijske sezone na određenoj površini (mm, m³/ha).

$$N_n = ET_{kulture} - O_{ef} \quad (1)$$

u kojem je:

N_n – norma navodnjavanja

$ET_{kulture}$ – evapotranspiracija kulture

O_{ef} – efektivne oborine.

Hidromodul navodnjavanja (H_n) predstavlja količinu vode koja se treba isporučiti na određenu poljoprivrednu parcelu po jedinici vremena, najčešće izraženu u litrama po sekundi po hektaru (l/s/ha). Ovaj parametar je važan jer određuje koliko je vode potrebno za održavanje optimalne vlažnosti tla na navodnjavanoj površini. Vrijednost hidromodula navodnjavanja je obrnuto proporcionalna trajanju rada sustava.

Pogodnost vode za navodnjavanje definirana je njenim fizikalnim, kemijskim i biološkim značajkama.

Od fizikalnih značajki najvažnije su temperatura vode i količina suspendiranih čestica. Navodnjavanje pretoplom ili prehladnom vodom može izazvati temperaturne šokove biljke. Općenito se smatra da je za većinu kultura u vegetacijskom razdoblju temperatura vode od oko 25° C najpovoljnija za navodnjavanje. Pored same temperature vode vrlo je važan i odnos topline biljke i topline vode. Smatra se da razlika ne bi smjela biti veća od 10°C. Količina suspendiranih čestica u vodi za navodnjavanje vrlo je važan fizikalni parametar. Na količinu suspendiranih čestica u vodi koja se koristi za navodnjavanje posebno su osjetljivi sustavi pod tlakom. Do oštećenja može doći bilo na pumpi ili pojedinim dijelovima razvoda vode. Kod lokaliziranog navodnjavanja može doći do začepjenja mlaznica ili kapaljki. Količina suspendiranih čestica u vodi može izravno utjecati na izbor načina i sustava navodnjavanja ili dijelova opreme unutar sustava. Od kemijskih značajki kakvoće vode za navodnjavanje trajnih nasada najvažniji su pH, električna vodljivost vode ili ukupno otopljene soli, koncentracija pojedinačnih kationa i aniona (kalcij, magnezij, natrij, kloridi, sulfati, karbonati i bikarbonati) hraniva (nitratni i amonijski oblik dušika, fosfor, kalij) te bor. Ion klora je najčešći uzročnik

toksičnosti iz vode za navodnjavanje. Biljka ga prima s otopinom, kreće se transpiracijskim tokom i akumulira u listu. Kada se koncentracija u listu poveća iznad tolerantne granice, javljaju se tipični simptomi oštećenja kao što je palež lišća, sušenje pojedinih dijelova lista, a u težim slučajevima i defolijacija. Navodnjavanje kišenjem vodom s visokom koncentracijom iona klora posebno je problematično zbog mogućnosti izravne apsorpcije putem lista i nakupljanja do koncentracija koja izazivaju oštećenja, a naročito ako je proces povezan s visokim temperaturama i niskom vlagom zraka. Za razliku od toksičnosti iona klora, toksičnost iona natrija nije tako jednostavno utvrditi. Simptomi su slični, ali se palež lišća najprije pojavljuje na vanjskim rubovima, i to u pravilu na starijim listovima. Oštećenja se koncentrično šire prema sredini, a sam proces širenja u pravilu traje dugo. Suprotno natriju, bor je element nužan za razvoj biljke. Biljka ga prima u vrlo malim količinama, a s povećanjem koncentracija postaje toksičan. Već u koncentracijama većim od 2 mg/l bor postaje toksičan za neke kulture. Bor je praktično sastojak svih prirodnih voda, a njegova koncentracija varira od pojave u tragovima do nekoliko mg/l. Površinske vode obično ne sadrže bor u štetnoj koncentraciji, ali ga često sadrže podzemne vode, naročito u području termalnih izvora. Visoka koncentracija bikarbonata u vodi za navodnjavanje može prouzročiti taloženje soli u tlu. Taloženje kalcija i magnezija izaziva relativno povećanje koncentracije iona natrija u otopini tla. Navodnjavanjem kišenjem vodom koja sadrži visoke koncentracije bikarbonata može dovesti do taloženja soli na listu, a što može uzrokovati smanjenje fotosinteze. Sve vode sadrže veće ili manje koncentracije mikroelemenata i teških metala. Problem teških metala, posebice kod korištenja otpadnih voda za navodnjavanje, može biti vrlo opasan, zato je u takvim slučajevima nužno učiniti analizu koncentracija teških metala. Zato ponovo treba naglasiti da gospodarenje sustavom za navodnjavanje počinje na izvoru vode analizom nje ne kakvoće.

Inovativne tehnologije motrenja višegodišnjih nasada za planiranje i provedbu preciznog navodnjavanja

Precizno navodnjavanje uključuje preciznu (točnu) procjenu zahtjeva nasada za vodom i preciznu primjenu potrebnog volumena vode na pravom mjestu i u pravo vrijeme. Stoga se očekuje poboljšanje učinkovitosti iskorištenja vode i poboljšanje kakvoće poljoprivredne proizvodnje što će u konačnici povećati profit poljoprivrednika uz istovremeno smanjenje utjecaja na okoliš. Pozitivni učinci preciznih obroka navodnjavanja utvrđeni su ne samo na vegetacijske pokazatelje vinograda već i na prinos, kakvoću grožđa i vina. Sa stajališta vinogradara važno je odrediti područja unutar vinograda koji najviše pate od vodnog stresa te predstavljaju prioritet za ulaganje u sustav navodnjavanja. Kvantificiranje i praćenje vodnog stresa vinove loze također bi moglo pridonijeti ubrzanju promjena načina gospodarenja vinogradima u tim područjima (izbor položaja pri podizanju nasada, izbor sorti, gospodarenje međurednim prostorom, datum berbe, itd.). Uspješnost tih odluka u konačnici primarno ovisi o dostupnosti informacija o stanju u nasadu. Informacije moraju biti jednostavno dostupne, tražene vremenske i prostorne rezolucije i s mogućnošću pretvorbe u one izlazne oblike na temelju koji je moguća njihova široka primjena. Za provedbu preciznog navodnjavanja potrebna su četiri koraka upravljanja kojima se omogućava: 1. mjerenje, 2. interpretacija, 3. kontrola i 4. procjena.

Znatnu potporu preciznom navodnjavanju može pružiti primjena inovativnih tehnologija (zemaljski i zračni senzori te prijenosni (*on-the-go*) senzori za rad u stvarnom vremenu, žične i bežične mreže, pogoni i softverski okviri) za prikupljanje i slanje podataka na proce-

siranje temeljeno na znanstveni tehnikama. Podatci senzorskih istraživanja potencijalno mogu ponuditi rješenja za određivanje vodnog stresa u nasadima te planiranje navodnjavanja. U tom kontekstu postoji posebna potreba za novim tehnikama koje nam omogućuju točno i učinkovito motrenje vigora (vegetacijskih pokazatelja) i vodnog statusa biljaka unutar nasada. U Hrvatskoj primjena senzorskog monitoringa nasada/vegetacije i mjere precizne poljoprivrede još uvijek su vrlo male i uglavnom ograničene na znanstvena istraživanja. Osim toga, gledano s praktične strane odnosno primjene još uvijek su otvorena brojna pitanja o načinima obrade te postavljanja graničnih vrijednosti za spektralne, termalne i drugim sensorima prikupljene podatke.

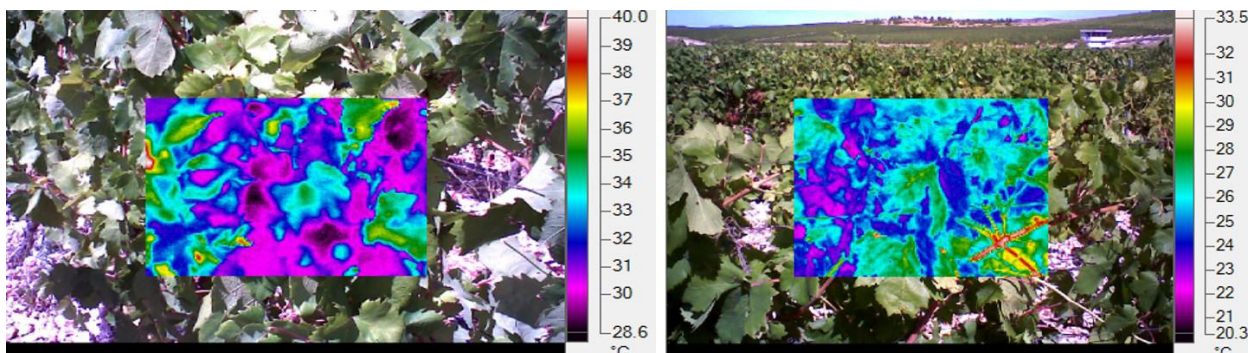


Slika 9. Multirotorska bespilotna letjelica s multispektralnom kamerom iznad vinograda.

Za vrijeme leta na bespilotnoj letjelici/*dronu* (slika 9) se spremaju slike vinograda odgovarajućih spektara u jedan veliki skup podataka. Obrada prikupljenih podataka se provodi nakon završenog snimanja procesom fotogrametrije te se kao rezultat dobije oblak točaka i ortofotografska mapa snimljenog terena u svakom od spektara. Njihovom kombinacijom moguće je izračunati potrebne informacije za snimljeni vinograd, primjerice NDVI (engl. *Normalized difference vegetation indeks*). Obradom se prvo stvaraju spektralni 3D oblaci točaka interesa vinograda. Naknadnom obradom iz navedenih 3D oblaka točaka izrađene su 2D mape vegetacijskih indeksa vinograda, a pri tom vodeći računa da 2D prikazom budu obuhvaćene samo vrijednosti indeksa onih piksela koji se odnose na vinovu lozu. To podrazumijeva izdvajanje svih piksela koji se odnose na tlo te međurednu vegetaciju.

Termografija je beskontaktna metoda mjerenja i bilježenja temperature i njezine raspodjele na površinama objekta. Predstavlja mjernu metodu kojom se bilježi toplinsko zračenje s površina objekata u određenom području infracrvenog spektra. Za mjerenje se koristi termografske kamere različitih izvedbi. U novije vrijeme termografija se često koristi u poljoprivrednim mjerenjima. Najviše se koristi u mjerenjima temperatura vegetacije te određivanju vodnog stresa kod biljaka. Termalne kamere mogu biti ručne, ali postoje i one koje mogu biti stavljene na bespilotne letjelice, ali i integrirane u mobilne telefone te tako prilično široko dostupne. Termografske snimke se analiziraju korištenjem specifičnog softvera, uzimajući u obzir faktor

emisije lista i temperaturu okoliša. Jedan primjer termalnih snimaka prikazan je na slici 10. Na tim slikama možete uočiti da su temperature na području mjerenja termografskom kamerom varirale oko 20,3°C do 33,5°C kod navodnjavane varijante, dok kod nenavodnjavane varijante su se kretale od 28,6 do 40°C. Najveća vrijednost snimanja termalnom kamerom je u mogućnosti određivanja indeksa vodnog stresa (eng. *crop water stress index*- CWSI).



Slika 10. Usporedni termografski prikazi listova vinove loze sorte Babić u Donjem polju, Jadrtovac: lijevo nenavodnjavani (izloženi vodnom stresu) te desno navodnjavani do 75 % potreba za vodom

Izračun se temelji na mjerenim vrijednostima temperature i relativne vlažnosti zraka te dobivenim srednjim vrijednostima temperatura analiziranih termograma. Povećanje razine stresa biljke rezultira porastom njezine temperature i time porastom vrijednosti CWSI. Najviše su temperature listova zabilježene u onim redovima vinove loze koji nisu navodnjavani.

Provjerite svoje znanje



Objasnite pojam deficitarnog navodnjavanja i navedite njegove prednosti i nedostatke.

1. Što označava termin "Obrok navodnjavanja (On)"? Kako se On integrira u normu navodnjavanja?
2. Koje su fizikalne i kemijske značajke vode koje utječu na njenu pogodnost za navodnjavanje?

Praktične vježbe

1. Izračunajte normu navodnjavanja (N_n) za vinovu lozu u uvjetima gdje je evapotranspiracija kulture (ET_{kulture}) 800 mm i efektivne oborine (O_{ef}) 200 mm. Koristite formulu $N_n = ET_{\text{kulture}} - O_{\text{ef}}$.
2. Ako je optimalan obrok navodnjavanja za vinovu lozu između 35 do 50 l/m², izračunajte količinu vode koja je potrebna za navodnjavanje 1 hektara vinograda.
3. Ako je hidromodul navodnjavanja (H_n) 5 l/s/h, koliko je potrebno vremena da se navodnjava površina od 2 hektara?

Interpretacija slike

Na osnovi slike 6 objasnite prednosti postavljanja cijevi s kapaljkama na visini prve žice u armaturi vinograda.

Na osnovi slike 7 i slike 8 raspravite o specifičnostima postavljanja cijevi u različitim uvjetima vinograda i maslinika.

ZAKLJUČAK

Kako biste lakše razumjeli učinke vodnog stresa, upoznat ću vas s rezultatima istraživanja učinka navodnjavanja na vinovu lozu koje je proveo Agronomski fakultet Sveučilišta u Zagrebu. Istraživanja koja smo proveli na vinogradima u Istarskoj županiji pokazala su da je navodnjavanje pozitivno utjecalo na tri važna pokazatelja:

- bujnost
- rodnost
- prinos vinograda.

Sva tri pokazatelja imala su značajno najniže vrijednosti u nenavodnjavanim uvjetima, što znači u uvjetima gdje je vinova loza bila izložena tijekom vegetacije vodnom stresu. Prinos je u varijantama navodnjavanja bio 30 do 48 % viši nego na nenavodnjavanim. Utvrđene su značajne razlike u mehaničkom sastavu grozda i bobice, odnosno randmanu grožđa. U nenavodnjavanim uvjetima udio mesa u bobama grožđa je bio najmanji te su navodnjavane varijante imale prinos mošta viši 35 – 53 %. Vodni stres može utjecati i na dinamiku nakupljanja grožđa. Tako smo u našim pokusima utvrdili značajne razlike između varijanata navodnjavanja i nenavodnjavane varijante u dinamici nakupljanja šećera u grožđu, zatim u ukupnoj kiselosti kao i sastavu pojedinačnih kiselina. Kod nenavodnjavanog grožđa je zabilježena najviša ukupna kiselost, kao i najveća koncentracije vinske kiseline, dok je koncentracija jabučne kiseline bila značajno niža nego u varijantama navodnjavanja.

Autor:

Monika Zovko

Nakladnik:

Agencija za strukovno obrazovanje i obrazovanje odraslih

Izvoditelj:

Profil Klett d.o.o.

Recenzent:

Marina Bubalo Kovačić

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:

Monika Zovko,
Shutterstock,

Literatura:

1. Ayers, R.S. i Westcot, D.W. 1994. Water quality for agriculture. FAO IRRIGATION AND DRAINAGE PAPER, 29 Rev. 1, Food and Agriculture Organization of the United Nations. Rome.
2. Fernandes-Silva, A., Oliveira, M., A. Paço, T., Ferreira, I. 2019. Deficit Irrigation in Mediterranean Fruit Trees and Grapevines: Water Stress Indicators and Crop Responses. IntechOpen. doi: 10.5772/intechopen.80365
3. Ondrašek, Gabrijel. 2015. Nedostatak vode u agro-ekosustavima u: Ondrašek, G . (ur): Voda u agro-ekosustavima, sveučilišni udžbenik. Sveučilište u Zagrebu, Agronomski fakultet. Zagreb.
4. Pichon, L., Laurent, C., Payan, J.-C., & Tisseyre, B. 2023. Observation of shoot growth: a simple and operational decision-making tool for monitoring vine water status in the vineyard. OENO One, 57(1), 235 – 244. <https://doi.org/10.20870/oeno-one.2023.57.1.5481>
5. Romić, D. i sur. 2005. Nacionalni projekt navodnjavanja i gospodarenja poljoprivrednim zemljištem i vodama u Republici Hrvatskoj. Sveučilište u Zagrebu, Agronomski fakultet. Zagreb.
6. Romić, Davor (xxxx). Navodnjavanje u održivoj poljoprivredi, interna skripta. Sveučilište u Zagrebu, Agronomski fakultet. Zagreb.

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.