

Inovativni postupci za upravljanje stresom zbog nedostatka vode i uzgoj bez navodnjavanja u višegodišnjim nasadima

Mediterranska regija poznata je po toploj klimi i ograničenim vodnim resursima, zbog kojih je osjetljiva na stres zbog nedostatka vode i utjecaje klimatskih promjena. U regiji su razvijeni i provode se razni inovativni postupci namijenjeni upravljanju stresom zbog nedostatka vode i suhom ratarenju. Uzgoj bez navodnjavanja oslanja se na prirodnu vlagu koja se zadržava u tlu i posebne tehnike uzgoja s ciljem da se osigura da usjevi dobiju dovoljno vode za rast i prinos. Međutim, za takav uzgoj potrebna je visoka razina vještina i iskustva jer uzgajivači moraju biti u stanju procijeniti status tla i prilagoditi tehnike promjenjivim vremenskim uvjetima. Među glavnim su strategijama navodnjavanje s reguliranim deficitom (RDI) i deficitarno navodnjavanje uz djelomično zasušenje zone korijena (PRD) kojima se optimizira upotreba vode usmjeravanjem na ključne faze rasta i naizmjeničnom hidracijom zona korijena. Agrotehničkim postupcima, primjerice malčiranjem, dodavanjem organske tvari i zasijavanjem pokrovnih usjeva povećava se zadržavanje vode u tlu i struktura tla. Napredne tehnologije, primjerice senzori vlažnosti tla, daljinsko očitavanje mjerenja i sustavi praćenja u stvarnom vremenu, povećavaju preciznost u primjeni vode.

Poljoprivrednici prilagođavaju svoju praksu tim promjenama, no mnoga rješenja i dalje su ograničena na određene regije ili poljoprivredne sektore. Projektom [CLIMED-FRUIT](#) [1] koji financira EU nastoji se riješiti taj problem prikupljanjem i razmjenom inovativne klimatski prilagodljive prakse iz raznih europskih poljoprivrednih skupina kako bi se povećala otpornost i promicala djelotvorna prilagodba klimatskim promjenama i njihovo ublažavanje. Ovaj članak predstavlja dio rezultata pokusa iz projekata provedenih diljem Europe, prikupljenih u okviru projekta CLIMED-FRUIT.

Uspostava tradicionalnog sustava navodnjavanja s učinkovitom potrošnjom vode

Postoje razni načini povećanja učinkovitosti potrošnje vode. Kao prvo, ključan je faktor izbor sustava navodnjavanja: odabirom sustava lokaliziranog navodnjavanja kap po kap ili mikromlaznicama voda se dovodi što bliže korijenu, izbjegavajući prekomjerno isparavanje i ograničavajući razvoj korova. Međutim, vrlo lokalizirana distribucija vode ne potiče razvoj korijenskog sustava ni u dubinu niti u širinu i time se povećava ovisnost biljke o navodnjavanju. Stoga je za veću učinkovitost potrošnje vode bitan izbor sustava za navodnjavanje, njegov položaj i tempiranje unosa.

Navodnjavanje kap po kap

Navodnjavanje kap po kap jedan je od najrasprostranjenijih sustava navodnjavanja u višegodišnjim nasadima (slika 1). U tom se sustavu do korijenja biljke dovodi smanjena količina vode u obliku kontinuiranog ili isprekidanog kapanja, sićušnog mlaza ili sustava impulsa. Iz uske cjevčice s nekoliko otvora (kapaljki) izlazi od 2 do 20 litara vode na sat [2]. Općenito je poznato da navodnjavanje kap po kap povećava učinkovitost potrošnje vode jer

zahtijeva 50% manje vode nego navodnjavanje u brazde i smanjuje pojavu preplavlivanja tla.



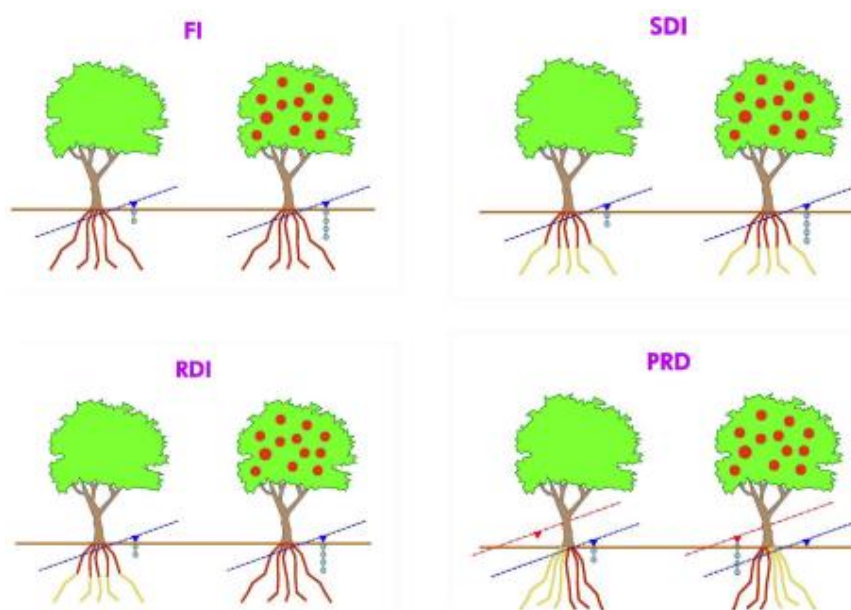
Slika 1. Navodnjavanje kap po kap iznad tla u vinogradarstvu (foto: IFV Sud-Ouest)

Deficitarno navodnjavanje

Deficitarno navodnjavanje strategija je zalijevanja pri kojoj se navodnjavanje primjenjuje samo tijekom stadija rasta biljke u kojem je ona osjetljiva na sušu kako bi se smanjila nepotrebna potrošnja vode.

Postoji nekoliko vrsta deficitarnog navodnjavanja (slika 2.):

- *Navodnjavanje uz neprekidni deficit* (SDI): temelji se na ravnomjernoj raspodjeli deficita vode tijekom cijele sezone plodova, čime se izbjegava pojava ozbiljnog nedostatka vode u biljci u bilo kojem stadiju koji bi mogao utjecati na utrživi prinos ili kvalitetu plodova.
- *Navodnjavanje s reguliranim deficitom* (RDI): navodnjavanje je potpuno tijekom kritičnih razdoblja voćke, a ograničava se ili čak ukida ako je tijekom kritičnih razdoblja minimalna opskrba vodom osigurana oborinama.
- *Deficitarno navodnjavanje uz djelomično sušenje zone korijena* (PRD): navodnjava se samo jedan dio zone korijena, a drugi se ostavlja da se osuši do određenog sadržaja vode u tlu prije nego što se ponovno namoči premještanjem navodnjavanja na suhu stranu.



Slika 2. Grafički prikaz strategije potpunog navodnjavanja (FI), navodnjavanja uz neprekidni deficit (SDI), navodnjavanja s reguliranim deficitom (RDI) i deficitarnog navodnjavanja uz djelomično sušenje korijenske zone (PRD) u voćkama [23]

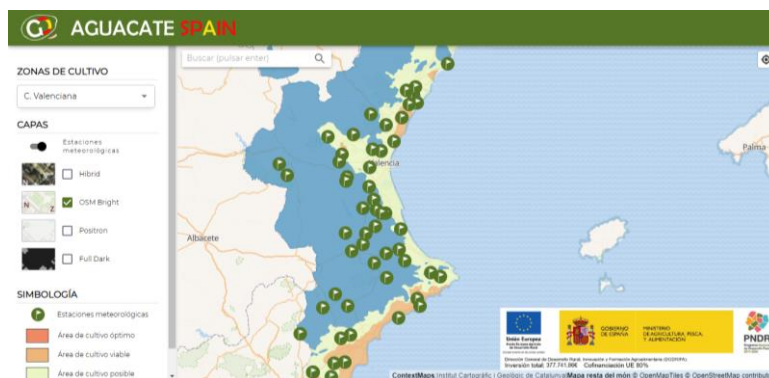
Pametni sustavi navodnjavanja

Nasad avokada

Radi veće ekonomske profitabilnosti i zahvaljujući novim klimatskim uvjetima europski uzgajivači okreću se uzgoju avokada kao zamjeni za druge kulture. Avokado je osjetljiv na sušu i asfiksiju korijena, pa zahtijeva točan volumen vode za rast i razvoj plodova. Zbog plitkog korijenja avokado ima ograničenu mogućnost iskorištavanja većeg volumena tla i potpunog iskorištavanja zaliha oborinske vode u tlu. Mnogi se poljoprivrednici tek moraju upoznati s najprikladnijim agrotehničkim mjerama u uzgoju avokada prilagođenim konkretnim uvjetima. U tom kontekstu, operativna skupina OG GO AVOCADO [4] predvodi razvoj novih postupaka uzgoja, npr. kapacitivnih senzora (slika 3) u kombinaciji s dronovima i agroklimatskim atlasima [5] (slika 4). Prije sadnje potrebno je pregledati agroklimatski atlas kako bi se utvrdilo ima li parcela optimalne uvjete. Istodobno, za učinkovitost potrošnje vode nužan je dobar sustav navodnjavanja bez obzira na mjesto zemljišta. Za određivanje potreba za navodnjavanjem u pojedinom trenutku mogu se primijeniti kapacitivni senzori (neki su autonomni i rade s malim solarnim panelom). Tim se senzorima može odrediti sadržaj vlage u tlu, salinitet i temperatura na različitim dubinama tla. Procjena sadržaja vlage u tlu temelji se na mjerenju dielektrične konstante tla elektrodama koje mogu detektirati oscilacije u konstanti s obzirom na to da je tlo električki vodljiv supstrat. Te varijacije u vrijednosti dielektrične konstante u korelaciji su s kapacitetom tla ili sadržajem vlage. Isti sustav upotrebljava se i za procjenu saliniteta tla.



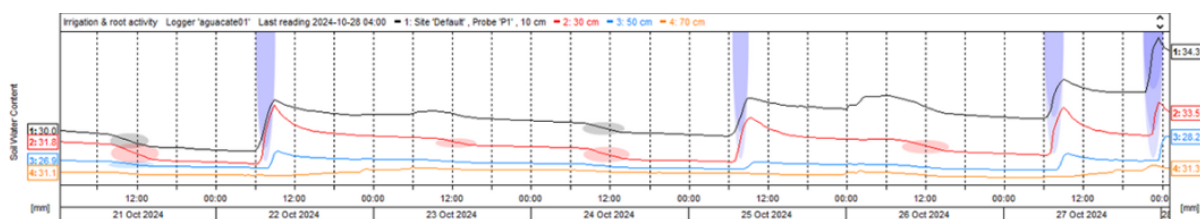
Slika 3. Kapacitivni senzor u nasadu citrusa slično primjenjenom od [OG GO AVOCADO](#)



Slika 4. Agroklimatski atlas – [OG GO AVOCADO](#)

Kapacitivni senzori precizno i u stvarnom vremenu mjere volumetrijski sadržaj vode u tlu (VWC), što omogućuje praćenje razine vlage u području korijena, otkrivanje promjena ili odstupanja nakon navodnjavanja ili oborina i prepoznavanje obrazaca sušenja između navodnjavanja. Zahvaljujući tim informacijama tehničar može učestalost i trajanje navodnjavanja prilagoditi stvarnim potrebama avokada. Osim toga, izbjegava se prekomjerno navodnjavanje i sprječava stres zbog nedostatka vode. Napokon, iako upotreba kapacitivnih senzora za upravljanje vodom u usjevima u početku zahtijeva dodatni trošak zbog visoke cijene tehnologije, primjenom točnih potrebnih količina ostvaruju se znatne uštede vode, gnojiva i energije.

Slika 5 prikazuje vlažnost detektiranu senzorima na četiri dubine (crno 10 cm, crveno 30 cm, plavo 50 cm, žuto 70 cm). Nakon svakog navodnjavanja sadržaj vode u tlu povećava se u većoj mjeri u prvim centimetrima i praktički je neosjetan na dubljim razinama. Crvene i crne točke pokazuju aktivnost korijena, tj. vrijeme kada korijenje upija vodu.



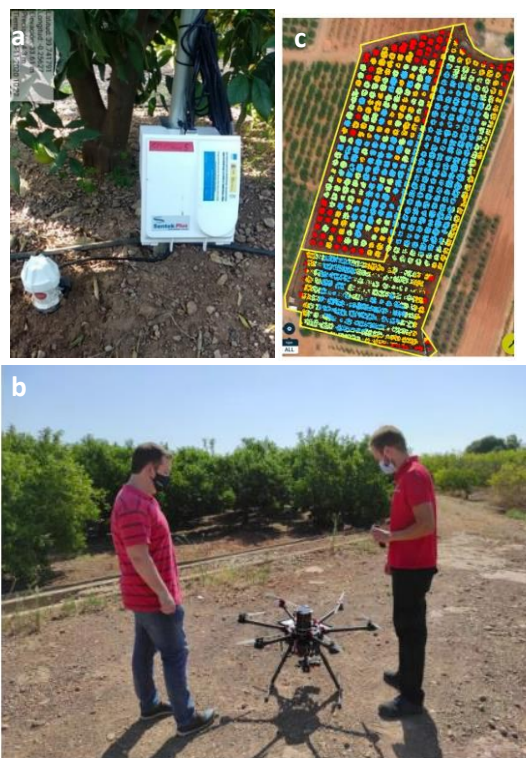
Slika 5. Grafikon s podacima iz kapacitivnog senzora o promjenama sadržaja vode u tlu na različitim dubinama i nakon navodnjavanja – OG GO AVOCADO

Kako bi odredila točnu količinu vode potrebnu avokadu, operativna skupina OG GO AVOCADO [4] pratila je trenutačnu potrošnju i prilagodila režim navodnjavanja stvarnim potrebama biljke. Procjenjuje se da jedan hektar avokada troši oko 6300 m³ vode godišnje (Praktični priručnik za uzgoj avokada). Taj usjev treba neprekidno vlaženje u zoni korijena, a 50% korijenja nalazi se u prvih 30 cm tla. U skladu s tim, uočeno je da su povećanjem broja dana navodnjavanja i primjenom manje količine vode pri pojedinom navodnjavanju povećani prinosi u usporedbi s navodnjavanjem u većem broju dana većom količinom vode. Naime, kratkim i stalnim navodnjavanjem površina tla održava se stalno mokrom. Uočeno je da ugradnja kapaljki iznimno niskog protoka (0,6 l/h) raspoređenih u 4 reda cjevčica stvara konstantno vlaženje u prvim centimetrima tla.

Nasad agruma

Operativna skupina (OS) OG GO CITRICS [6] provela je pilot ispitivanje uzgoja agruma pomoću termografskih kamera, dronova, informacija dobivenih od satelita i kapacitivnih senzora kako bi se utvrdila područja s prekomjernim ili premalim navodnjavanjem i tako uspostavila ravnoteža u navodnjavanju. Pomoću dobivenih podataka može se utvrditi koliko je vode raspoloživo u sustavu navodnjavanja, a stečeno znanje može se, uz odgovarajuće korekcije, prenijeti uzgajivačima kako bi ga oni primijenili na svom gospodarstvu. U nekim proizvodnim područjima može biti teško primijeniti tu metodu jer je za upravljanje takvim tehnologijama potrebno znanje. Zbog tog razloga operativna skupina OG GO CITRICS radi na obuci uzgajivača kako bi im se olakšalo tumačenje dragocjenih informacija dobivenih sensorima i drugim sustavima praćenja. Kapacitivni senzori na terenu omogućuju optimalno planiranje navodnjavanja na temelju optimalnog vremena i potrebne količine vode koji se određuju prema vlažnosti tla izmjerenoj sensorima (slika 6a). Osim toga, podaci dobiveni dronovima opremljenim hiperspektralnom kamerom (slika 6b) i satelitskim snimkama omogućili su otkrivanje nedostataka u sustavima navodnjavanja, ističući područja s prekomjernim ili premalim navodnjavanjem (slika 6c). Ta se opažanja provode praćenjem vegetacijskih indeksa kao što je normalizirani vegetacijski indeks (NDVI). Taj se parametar temelji na otkrivanju valnih duljina infracrvenog zračenja i pruža dragocjene informacije za sprječavanje stresa usjeva prije pojave simptoma na biljci. Otkrivanje stresa omogućuje njegovo rano uklanjanje, ispravak mogućih nedostataka i prilagođavanje strategija navodnjavanja potrebama usjeva. Osim toga, slojem malča od rižine slame ostvaruju se koristi u smislu smanjenja potreba za navodnjavanjem za 30% i

povećanja prinosa za 10% u usporedbi s tradicionalnim uvjetima s navodnjavanjem pri ETc-u od 100% i bez malčiranja.



Slika 6 a) Kapacitivni senzor; b) digitalna platforma s hidrološkim rezultatima; c) dron opremljen termografskim kamerama – OG GO CITRICS

Nasad maslina

U mladom masliniku velike gustoće (sorta Arbequina) na sjeveroistoku Španjolske tri je godine primjenjivano precizno navodnjavanje na temelju dnevnog rasta debla izmjenjenog dendrometrom (slika 7), postavljenim 15 cm iznad tla na glavnom deblu [7].



Slika 7. Dendrometar

Na temelju podataka dobivenih dendrometrom, u srpnju i kolovozu (ljetna stanka vegetativnog rasta) navodnjavanje se provodilo nakon dva uzastopna dana sa smanjenim promjerom debla. Dendrometar je vršio mjerenja svakih 15 minuta i slao ih putem radija u dnevnik podataka. Proizvodnja maslinova ulja povećala se za 7%, a vegetativne varijable nisu pokazale značajno smanjenje, što je dovelo do uštede vode od 31% u usporedbi s kontrolnom strategijom.

Uzgoj bez navodnjavanja

Agrotehnički postupci

Održivi agrotehnički postupci važni su za očuvanje zdravlja tla i ublažavanje negativnih učinaka na uspijevanje biljaka. Portugalska operativna skupina OG New Practices in Rainfed Olive Groves (Nova praksa u maslinicima koji se navodnjavaju samo oborinama) procijenila je učinke konvencionalne obrade i sjetve mahunarki kao jednogodišnjeg pokrovnog usjeva koji se sam rasijava na fiziološka svojstva biljaka i tla [9]. Pokrovni usjevi na bazi mahunarki [bijela lupina, grahorica, podzemna djetelina, crvena djetelina, žuta ptičja noga (žuta seradela)] posijani su u jesen i uklonjeni sljedeće godine nakon faze zrelosti sjemena. Uništeni su rotacijskom kosilicom za visoku travu i ostavljeni na tlu kao malč. Ta je praksa smanjila rizik od erozije tla, poboljšala plodnost tla, spriječila gubitak sadržaja vode u tlu isparavanjem i povećala kapacitet zadržavanja vode. Stoga je upotreba pokrovnih usjeva na bazi mahunarki obećavajuća strategija za održivo gospodarenje tlom u nasadima maslina koji se navodnjavaju samo oborinama jer može osigurati brojne usluge ekosustava kao što su fiksacija dušika, staništa za korisne organizme i povećanje zadržavanja vode.

Više informacija o agrotehničkim postupcima dostupno je u poglavlju PODTEMA 3, Povećanje otpornosti na klimatske nepogode; prakse u uzgoju bez navodnjavanja.

Zaključak

Inovativne prakse upravljanja stresom zbog nedostatka vode, primjerice deficitarno navodnjavanje i precizne tehnologije kao što su kapacitivni senzori i daljinsko očitavanje mjerenja značajno povećavaju učinkovitost upotrebe vode i otpornost usjeva u mediteranskim i polusušnim regijama. Te strategije, prikazane na primjeru nasada pistacije, badema, masline i avokada, optimiziraju navodnjavanje usmjeravanjem na ključne faze rasta i iskorištavanjem naprednih sustava praćenja kako bi se smanjila potrošnja vode bez ugrožavanja prinosa ili kvalitete. Uključivanjem održivih agrotehničkih postupaka kao što su pokrovni usjevi dodatno se poboljšava zadržavanje vode, zdravlje tla i ekološka ravnoteža, omogućujući praktična rješenja za prilagodbu klimatskim promjenama u sustavima uzgoja bez navodnjavanja.

Bibliografija i izvori

- [1] CLIMED-FRUIT project, <https://climed-fruit.eu/>
- [2] Kumar, R., Maryam, M., Richa, R. (2023): In: Kumar, M., Kumar, R., & Singh, V.P. (Eds.) *Advances in Water Management Under Climate Change* (1st ed.). Micro-Irrigation: Potential and Opportunities in Hilly and Sloppy Areas for Doubling Farmer Income. CRC Press, Boca Raton. <https://doi.org/10.1201/9781003351672-16>
- [3] Galindo, A., Collado-González, J., Griñán, I., Corell, M., Centeno, A., Martín-Palomo, M.J., Girón, I., Rodríguez, P.L., Cruz, Z.N., Memmi, H., Carbonell-Barrachina, Á.A., Hernández, F., Torrecillas, A., Moriana, A., López-Pérez, D.N. (2017): Deficit irrigation and emerging fruit crops as a strategy to save water in Mediterranean semiarid agrosystems. *Agricultural Water Management*, 202, 311-324. <https://doi.org/10.1016/j.agwat.2017.08.015>
- [4] GO AVOCADO project <https://climed-fruit.eu/wp-content/uploads/2024/06/8.-EPA-GO-AVOCADO.pdf>
- [5] Agroclimatic maps <https://goaguacatespain.com/mapa/>
- [6] GO CITRICS project <https://climed-fruit.eu/wp-content/uploads/2024/06/9.-EPA-GO-CITRICS.pdf>
- [7] Arbizu-Milagro, J., Castillo-Ruiz, F.J., Tascón, A., Peña, J.M., (2023): Effects of regulated, precision and continuous deficit irrigation on the growth and productivity of a young super high-density olive orchard. *Agricultural Water Management*, 286, 108393. <https://doi.org/10.1016/j.agwat.2023.108393>
- [8] OG New Practices in Rainfed Olive Groves
<https://climed-fruit.eu/wp-content/uploads/2024/06/10.-EPA-New-Practices-in-Rainfed-Olive-Groves1.pdf>
- [9] Rodrigues, M. Ângelo, Ferreira, I. Q., Freitas, S. L., Pires, J. M., & Arrobas, M. P. (2015). Self-reseeding annual legumes for cover cropping in rainfed managed olive orchards. *Spanish Journal of Agricultural Research*, 13(2), e0302. <https://doi.org/10.5424/sjar/2015132-6252>

