

Pratiche innovative per la gestione dello stress idrico e l'aridocoltura nelle colture perenni

La regione del Mediterraneo è nota per il suo clima caldo e le risorse idriche limitate, che la rendono vulnerabile nei confronti dello stress idrico e degli impatti del cambiamento climatico. Nella regione sono state sviluppate e implementate varie pratiche innovative per affrontare queste sfide nella gestione dello stress idrico e nell'aridocoltura. L'aridocoltura si basa sull'umidità naturale trattenuta nel terreno e su tecniche agricole specifiche, per garantire che le colture ricevano abbastanza acqua per crescere e produrre. Essa richiede però un alto livello di competenze ed esperienza, perché gli agricoltori devono essere in grado di valutare lo stato del suolo e di adattare le tecniche alle mutevoli condizioni meteorologiche. Le strategie principali includono l'irrigazione deficitaria regolata (RDI) e il partial root-zone drying (PRD), che ottimizzano l'uso dell'acqua concentrandosi sulle fasi critiche della crescita o alternando l'idratazione della zona radicale. Le tecniche di gestione del suolo, come la pacciamatura, l'aggiunta di materia organica e la semina di colture di copertura, migliorano la ritenzione dell'umidità e la struttura del suolo. Le tecnologie avanzate, come i sensori di umidità nel suolo, il telerilevamento e i sistemi di monitoraggio in tempo reale, migliorano la precisione nell'applicazione dell'acqua.

Gli agricoltori adattano le loro pratiche per affrontare la situazione, ma molte di queste soluzioni rimangono confinate a regioni o settori agricoli specifici. Il progetto [CLIMED-FRUIT](#) [1], finanziato dall'UE, cerca di colmare questo divario, acquisendo e condividendo pratiche innovative e adattive al clima da vari gruppi agricoli europei, per migliorare la resilienza e promuovere un adattamento e una mitigazione efficaci dei cambiamenti climatici.

Questo articolo presenta un elenco non esaustivo di risultati sperimentali di progetti condotti in Europa e identificati nell'ambito del progetto CLIMED-FRUIT.

Impostazione di un sistema di irrigazione tradizionale, efficiente dal punto di vista idrico

Ci sono vari modi per migliorare l'efficienza idrica nell'irrigazione. Innanzitutto, la scelta del sistema di irrigazione è un fattore cruciale: un sistema a goccia localizzato o a 'microgetto' distribuisce l'acqua il più vicino possibile alle radici, evitando un'eccessiva evaporazione e limitando lo sviluppo delle infestanti. Ma una distribuzione dell'acqua molto localizzata non stimola lo sviluppo degli apparati radicali né in profondità né su un orizzonte ampio e questo aumenta la dipendenza delle piante dall'irrigazione. Pertanto, la scelta e il posizionamento del sistema di irrigazione e la tempistica degli apporti sono tutti fattori che contribuiscono a migliorare l'efficienza dell'uso dell'acqua.

Irrigazione a goccia

Si tratta di uno dei sistemi più diffusi per la coltivazione delle colture perenni (fig. 1). In questo sistema, una piccola quantità di acqua viene somministrata alle radici delle piante sotto forma di gocce continue o intermittenti, flussi sottili o sistemi a impulsi. Vengono erogati da 2 a 20 litri all'ora da un tubo stretto con diversi orifizi, chiamati emettitori [2]. È risaputo che l'irrigazione a goccia aumenta l'efficienza nell'uso idrico, grazie a una

richiesta d'acqua inferiore del 50% rispetto all'irrigazione a solchi e alla riduzione del ristagno dell'acqua.



Fig. 1. Sistema di irrigazione aerea a goccia in viticoltura (foto di IFV Sud-Ouest)

Irrigazione deficitaria

L'irrigazione deficitaria (ID) è una strategia che concentra l'irrigazione durante le fasi di crescita delle colture più sensibili alla siccità, per ridurre lo spreco d'acqua.

Esistono diversi tipi di ID (fig. 2):

- *ID sostenuta*: si basa sulla distribuzione uniforme del deficit idrico durante l'intera stagione frutticola, evitando in questo modo che la pianta subisca un grave deficit idrico in una fase colturale qualsiasi, che potrebbe influire sulla resa commerciabile o sulla qualità dei frutti.
- *ID regolata*: durante i periodi critici per gli alberi da frutto viene somministrata l'irrigazione piena, mentre essa è limitata o addirittura superflua se le piogge nei periodi critici forniscono un apporto minimo di acqua.
- *Partial root drying*: si irriga solo una parte della zona radicale, lasciando che l'altra parte si asciughi fino al raggiungimento di un certo tenore idrico del suolo, prima di bagnarla, irrigando in modo alternato.

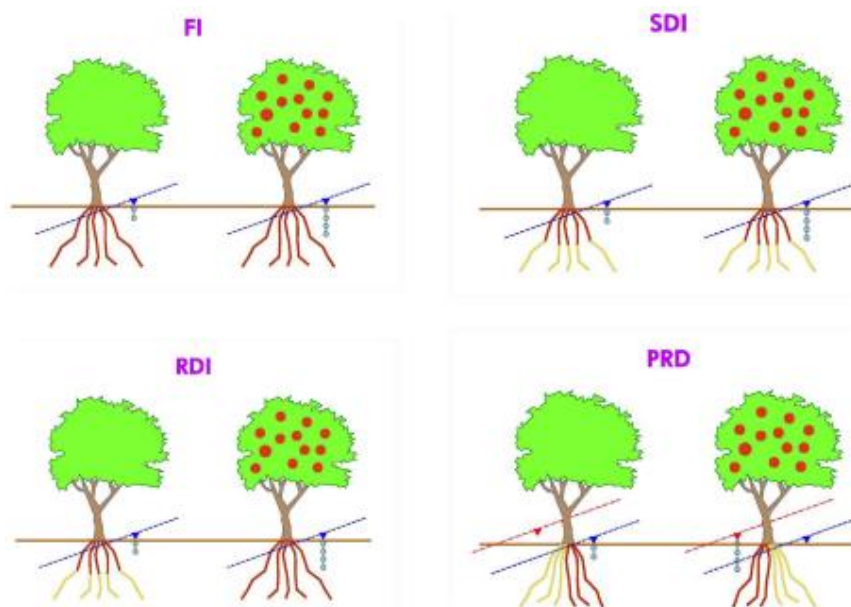


Fig. 2. Pattern grafico delle strategie irrigue negli alberi da frutto: irrigazione piena (FI), irrigazione deficitaria sostenuta (SDI), irrigazione deficitaria regolata (RDI) e partial root drying (PRD) [3]

Sistemi di irrigazione intelligenti

Frutteto di avocado

Grazie alla migliore redditività economica dell'avocado e alle nuove condizioni climatiche, gli agricoltori europei puntano su tale coltura in sostituzione di altre. L'avocado è sensibile alla siccità e all'asfissia radicale e necessita di un volume d'acqua preciso per crescere e produrre frutti. Le radici poco profonde riducono la capacità di sfruttare grandi volumi di suolo e di utilizzare pienamente le precipitazioni piovose stoccate. Molti agricoltori devono familiarizzare con le tecniche agronomiche più idonee, adattate alle condizioni specifiche. In questo contesto, [GO GO AVOCADO](#) [4] ha guidato lo sviluppo di nuove pratiche di coltivazione, come l'utilizzo di sonde capacitive (fig. 3) in combinazione con droni e mappe agroclimatiche [5] (fig. 4). Prima dell'impianto, è necessario consultare la mappa agroclimatica per stabilire se l'appezzamento presenta le condizioni ottimali. È essenziale anche un sistema di irrigazione adeguato all'efficienza idrica, indipendentemente dalla posizione dell'appezzamento. Le sonde capacitive possono essere scelte per determinare in ciascun momento le esigenze di irrigazione (alcune sono autonome e funzionano con un piccolo pannello solare). Queste sonde sono in grado di stabilire il contenuto di umidità, la salinità e la temperatura del suolo a diverse profondità. La stima del contenuto di umidità del suolo è basata sulla misurazione della sua costante elettrica tramite elettrodi che possono rilevare le oscillazioni della costante, visto che il suolo è un substrato elettricamente conduttivo. Queste variazioni del valore della costante elettrica sono correlate alla capacità del suolo o al contenuto di umidità. Lo stesso sistema viene usato per stimare la salinità del suolo.



Fig. 3. Sonda capacitiva in una piantagione di agrumi simile a quelle utilizzate in [GO GO AVOCADO](#)

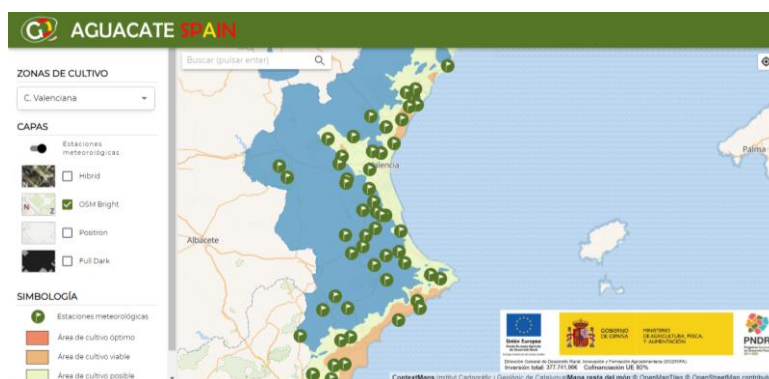


Fig. 4. Mappa agroclimatica – [GO GO AVOCADO](#)

Le sonde capacitive misurano il contenuto volumetrico di acqua nel terreno (VWC) in modo preciso e in tempo reale, consentendo di monitorare i livelli di umidità nella zona radicale, di rilevare i cambiamenti o le deviazioni dopo le irrigazioni o le piogge e di identificare i pattern di prosciugamento tra le irrigazioni. Con queste informazioni, il tecnico può regolare la frequenza e la durata delle irrigazioni in base alle reali esigenze della coltura di avocado. In questo modo, si evita inoltre un'irrigazione eccessiva e si previene lo stress idrico. Infine, sebbene l'utilizzo di sonde capacitive per la gestione dell'acqua per le colture comporti inizialmente un ulteriore costo a causa del prezzo elevato della tecnologia, esso consente un risparmio significativo di acqua, fertilizzanti ed energia, applicando solo le quantità necessarie.

La fig. 5 mostra l'umidità rilevata dalle sonde a quattro profondità (nero 10 cm, rosso 30 cm, blu 50 cm, giallo 70 cm). Dopo ogni irrigazione, il contenuto d'acqua del suolo aumenta in misura maggiore nei primi centimetri ed è praticamente trascurabile ai livelli più profondi. I punti rossi e neri mostrano l'attività radicale, cioè i momenti in cui le radici assorbono acqua.

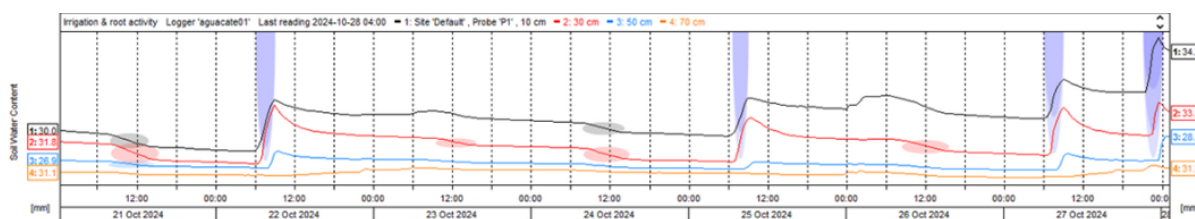


Fig 5. Grafico dei dati della sonda capacitiva sull'evoluzione del contenuto idrico del suolo a diverse profondità e dopo le irrigazioni - [GO GO AVOCADO](#)

Per stabilire l'esatto volume d'acqua di cui necessita la coltura di avocado, il [GO GO AVOCADO](#) [4] ha monitorato il consumo istantaneo e ha adattato il regime di irrigazione alle reali esigenze della pianta. Si stima che un ettaro di avocado consumi circa 6.300 m³/anno (manuale di gestione pratica della coltivazione dell'avocado). Questa coltura ha bisogno di umidità costante nella zona delle radici, che si trovano per il 50% all'interno dei primi 30 cm di terreno. Si è quindi osservato che, aumentando il numero di giorni di irrigazione ma somministrando un volume minore d'acqua ad ogni irrigazione, le rese sono aumentate rispetto all'irrigazione per più giorni con un volume d'acqua maggiore. Questo perché le irrigazioni brevi e continue mantengono la superficie del suolo costantemente umida. Si è osservato che l'installazione di gocciolatori a bassissimo flusso (0,6 l/h), disposti in 4 file di linee di gocciolatori, permette di bagnare in modo costante i primi centimetri di terreno.

Agrumeto

Il [GO GO CITRICS](#) [6] ha condotto un test pilota sulla coltivazione degli agrumi utilizzando telecamere termografiche, droni, satelliti e sensori capacitivi per determinare le aree che presentano un eccesso o un deficit nell'irrigazione, per equilibrare questo aspetto. Si è riusciti a determinare l'acqua disponibile nel sistema irriguo utilizzando i dati ottenuti e, con le opportune correzioni, le informazioni acquisite in questo modo possono essere trasferite agli agricoltori affinché le applichino nelle loro aziende. Questo metodo può essere difficile da applicare in alcune aree di produzione, a causa delle conoscenze richieste per gestire questo tipo di tecnologia. Per questo motivo, il [GO GO CITRICS](#) è impegnato nella formazione degli agricoltori, per facilitare loro l'interpretazione delle informazioni preziose fornite dalle sonde e da altri sistemi di monitoraggio. Le sonde capacitivi in campo consentono di programmare in modo ottimale l'irrigazione, basandosi sul momento ideale e sulla quantità d'acqua necessaria in relazione all'umidità del suolo rilevata dai sensori (fig. 6a). Inoltre, i dati ottenuti dai sorvoli dei droni dotati di una telecamera iperspettrale (fig. 6b) e dalle immagini satellitari consentono di individuare i problemi dei sistemi di irrigazione, evidenziando le aree caratterizzate da un'irrigazione eccessiva o insufficiente (fig. 6c). Questi rilevamenti sono effettuati monitorando i tassi vegetativi, come l'indice di vegetazione differenziale normalizzato (NDVI). Questo parametro si basa sul rilevamento delle lunghezze d'onda infrarosse e fornisce informazioni molto utili per prevenire gli stress colturali prima che la pianta manifesti dei sintomi. Il rilevamento dello stress consente di intervenire precocemente, di riparare eventuali guasti e di adattare le strategie di irrigazione alle

esigenze delle colture. Inoltre, uno strato di pacciamatura con paglia di riso produce benefici in termini di riduzione del fabbisogno di irrigazione del 30% e di aumento della resa del 10% rispetto alle condizioni tradizionali con irrigazione al 100% dell'ETc e senza pacciamatura.

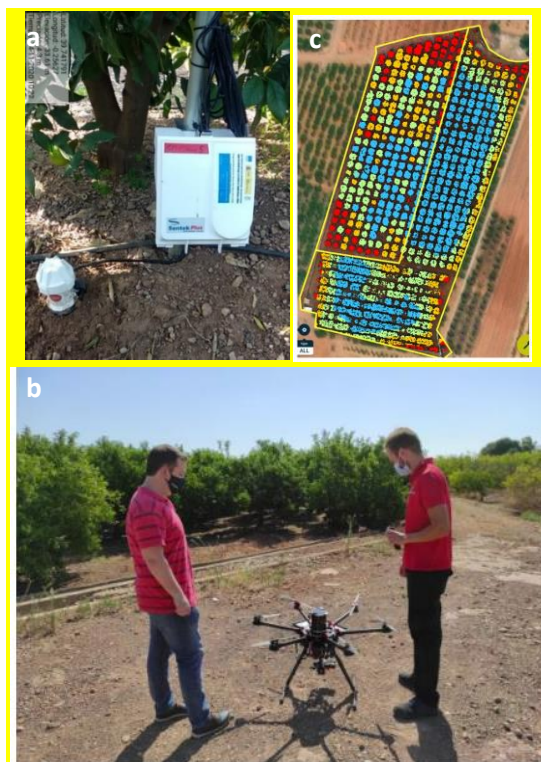


Fig.6 a) Sensore capacitivo; b) piattaforma digitale con i risultati idrologici; c) drone dotato di telecamere termografiche - [GO GO CITRICS](#)

Uliveto

Per tre anni è stato applicato un sistema di irrigazione di precisione basato sulla crescita giornaliera del tronco usando un dendrometro (fig. 7), installato a 15 cm dal suolo sul tronco principale degli alberi, in un giovane uliveto ad altissima densità (cultivar Arbequina) nel nord-est della Spagna [7]. In base ai dati forniti dal dendrometro, l'irrigazione in luglio e agosto (arresto della crescita vegetativa estiva) è intervenuta dopo due giorni consecutivi di diminuzione del diametro del tronco. Il dendrometro ha effettuato e inviato le misurazioni ogni 15 minuti via radio a un datalogger. La produzione di olio d'oliva è aumentata del 7% e le variabili vegetative non hanno registrato riduzioni significative, con un risparmio idrico del 31% rispetto alla strategia del controllo.



Fig. 7. Dendrometro

Aridocoltura

Pratiche di gestione del suolo

Le pratiche di gestione sostenibile del suolo sono fondamentali per preservarne la salute e mitigare gli effetti avversi sulla performance delle piante. Il GO portoghese Nuove pratiche negli uliveti non irrigati [8] ha valutato gli effetti della lavorazione convenzionale del terreno e delle colture di copertura annuali di leguminose auto-riseminanti sulla performance fisiologica delle piante e sulle proprietà del suolo [9]. Le colture di copertura di leguminose (lupino bianco, veccia, trifoglio sotterraneo, trifoglio rosso, serradella gialla) sono state seminate in autunno e terminate nella primavera dell'anno successivo, dopo la maturazione dei semi. Sono state poi distrutte con una falciatrice rotante e lasciate sul terreno come paccame. Questa pratica ha ridotto il rischio di erosione del suolo, ha migliorato la fertilità del terreno, ha evitato la perdita di contenuto di acqua nel suolo per evaporazione e ha aumentato la capacità di trattenere l'acqua. Pertanto, l'uso di leguminose come colture di copertura è una strategia promettente per la gestione sostenibile del suolo negli uliveti non irrigati, visto che è in grado di fornire numerosi servizi ecosistemici come la fissazione dell'azoto, la presenza di specie utili e l'aumento della ritenzione idrica.

Maggiori informazioni su altre pratiche di gestione del suolo sono disponibili nel capitolo SOTTOARGOMENTO 2 Migliorare la resilienza ai rischi climatici: pratiche di aridocoltura.

Conclusioni

Le pratiche innovative di gestione dello stress idrico, come l'irrigazione deficitaria, e le tecnologie di precisione, come le sonde capacitive e il telerilevamento, migliorano in modo significativo l'efficienza idrica e la resilienza delle colture nelle regioni mediterranee e semi-aride. Queste strategie, studiate ad esempio in colture come pistacchi, mandorle, olive e avocado, ottimizzano l'irrigazione concentrandosi sulle fasi critiche della crescita e sfruttando sistemi di monitoraggio avanzati per ridurre l'uso dell'acqua senza compromettere la resa o la qualità. L'integrazione di una gestione

sostenibile del suolo, come le colture di copertura, migliora ulteriormente la ritenzione idrica, la salute del suolo e l'equilibrio ecologico, offrendo soluzioni pratiche per l'adattamento al clima nei sistemi di aridocoltura.

Bibliografia e fonti

- [1] Progetto CLIMED-FRUIT, <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] Progetto GO AVOCADO <https://climed-fruit.eu/wp-content/uploads/2024/06/8.-EPA-GO-AVOCADO.pdf>
- [5] Mappe agroclimatiche <https://goaguacatespain.com/mapa/>
- [6] Progetto GO CITRICS <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. 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] GO Nuove pratiche negli uliveti non irrigati <https://climed-fruit.eu/wp-content/uploads/2024/06/10.-EPA-New-Practices-in-Rainfed-Olive-Grovesl.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>