



# **CLIMED-FRUIT**

ADAPTATION TO CLIMATE CHANGE  
AND MITIGATION FOR PERENNIAL  
CROPS IN MEDITERRANEAN AREA

**Revisione dei  
sottoargomenti**

# **SOTTOARGOMENTO 1**

## **CONSERVAZIONE DEL SUOLO E STOCCAGGIO DEL CARBONIO**



## SOTTOARGOMENTO 1

### Conservazione del suolo e stoccaggio del carbonio

La regione mediterranea è particolarmente vulnerabile al cambiamento climatico, che causa anche il degrado del suolo. Ne consegue che la gestione del suolo e lo stoccaggio del carbonio diventano strategie cruciali per mitigare gli effetti del cambiamento climatico.

In questa revisione, la conservazione del suolo viene interpretata nel suo senso più ampio, includendo sia il controllo dell'erosione che la fertilità, che prevede il mantenimento della materia organica, delle caratteristiche fisiche del suolo e dei nutrienti, oltre ad evitare eventuali tossicità. La qualità del suolo è considerata un modo per orientarsi verso un'agricoltura più sostenibile. Il suolo di alta qualità riduce il rischio di inondazioni in caso di forti precipitazioni piovose e rifornisce le falde acquifere.

Come indicato nella missione “Un patto europeo per i suoli”, lanciata dalla Commissione Europea nel 2021, i suoli sani sono la base dei nostri alimenti e forniscono servizi ecosistemici vitali. La gestione del suolo è particolarmente cruciale nel mitigare il cambiamento climatico, in quanto permette di ottimizzare lo stoccaggio del carbonio, noto anche come “carboniocoltura”. Per raggiungere l'obiettivo dell'Accordo di Parigi sui cambiamenti climatici, è necessario agire immediatamente per ridurre l'anidride carbonica atmosferica<sup>1</sup>. Si stima che l'agricoltura contribuisca per circa il 30% alle emissioni antropiche totali. Un possibile approccio per cercare di compensare queste emissioni è aumentare il contenuto di carbonio nel suolo mediante pratiche che ne favoriscano il sequestro. L'iniziativa “[4 per 1000](#)”, approvata dalla Conferenza di Parigi sui cambiamenti climatici delle Nazioni Unite (COP21), del dicembre 2015, ipotizza che, per contribuire alla mitigazione del clima, il carbonio debba essere sequestrato dall'atmosfera nei suoli di tutto il mondo nella misura dello 0,4 per cento all'anno. Con questa iniziativa si intende migliorare il contenuto di materia organica nel suolo e promuovere in esso il sequestro di carbonio, applicando pratiche agricole adattate alle situazioni locali e i principi dell'agroecologia, dell'agroforestazione, dell'agricoltura conservativa, della climate-smart agriculture e della gestione del paesaggio.

I capitoli che seguono presentano alcune delle pratiche agricole che, nell'ambito del progetto CLIMED-FRUIT, contribuiscono a ottimizzare lo stoccaggio del carbonio nei suoli nella produzione di colture perenni.

#### 1. PRATICHE DI FERTILIZZAZIONE PER MIGLIORARE LA QUALITÀ DEL SUOLO E LO STOCCAGGIO DEL CARBONIO

##### 1.1. Ammendanti organici: mettiamo in evidenza alcune buone pratiche

L'obiettivo principale dell'applicazione di un ammendante organico ai suoli agricoli è migliorare il contenuto di materia organica. Aggiungendo materia organica si perseguono diversi obiettivi, tra cui il mantenimento o il miglioramento delle scorte di carbonio e delle caratteristiche del suolo e

il parziale soddisfacimento del fabbisogno nutrizionale della vite. L'effetto dell'applicazione di ammendanti organici dipende principalmente dalle condizioni ambientali che regolano l'attività microbica e dalle pratiche agricole e di gestione, ad esempio il tipo di ammendante, il dosaggio, la frequenza e la forma di applicazione ecc.

### 1.1.1 Pratiche basate sull'uso del compost

Il compost, come ammendante a lento rilascio, può favorire la resilienza dell'ecosistema migliorando la salute del suolo, la dinamica del carbonio e la produttività della biomassa e aumentando la tolleranza alla siccità. Il compost è ottenuto con un processo aerobico di degradazione della biomassa da parte di microrganismi. Il compostaggio avviene in tre fasi: 1. preparazione della miscela di materiali organici, 2. fermentazione, 3. maturazione e affinamento.

#### ❖ *Il compostaggio agricolo: un modo per migliorare la qualità del suolo e l'economia locale*

Nell'ambito del progetto [AGROCOMPOST](#) sono state condotte ricerche ed esperimenti sul compost agricolo nella regione di Valencia. Il progetto ha facilitato la formazione e la realizzazione di esperienze collaborative in loco con gli stakeholder chiave, tra cui agricoltori, cooperative e amministrazioni rurali. Questi sforzi hanno contribuito a stimolare l'economia circolare e ad ottenere materia organica di qualità nelle zone rurali della regione. Nell'arco di cinque anni, il progetto è stato implementato in 195 siti pilota e ha portato allo sviluppo di oltre 420 processi di compostaggio da diverse materie prime, per un totale di 15.400 tonnellate di biomassa compostata. In termini di mitigazione del cambiamento climatico, ciò corrisponde a oltre 2.500 tonnellate di carbonio sequestrato nel suolo di vigneti, agrumeti e oliveti.

#### ❖ *Compost on farm*

Riciclare i rifiuti e i residui organici con il compostaggio on farm è un modo sostenibile di produrre fertilizzanti che sono poi utilizzati nell'azienda agricola. In questo contesto, il [GO OLTREBIQ](#) si è proposto di ridurre al minimo gli input dell'azienda agricola, recuperare gli scarti della stessa e trasferire la conoscenza del processo di compostaggio ad altri agricoltori. La prima fase del processo prevedeva la preparazione dei cumuli dopo aver tritato e miscelato le materie prime (fig. 1.), cioè i residui delle colture mescolati con gli sfalci d'erba. Il cumulo veniva poi coperto con un telo, assicurando l'ossigenazione con un sistema di aerazione attivato a intervalli regolari di tempo (per dieci minuti ogni due ore nelle prime due settimane). La temperatura è stata misurata costantemente con due sonde collegate a un data logger, mentre l'umidità è stata controllata una volta alla settimana (40-70%). Affinché i materiali si omogeneizzassero e fermentassero, il cumulo è stato rigirato due volte la settimana nelle prime due settimane e poi di nuovo prima della fine del processo.



Figura 1. Il compostaggio on farm presso l'azienda agricola sperimentale CREA-AA: 1. raccolta degli scarti agricoli; 2. triturazione e miscelazione; 3. preparazione e ossigenazione del cumulo; 4. controllo della temperatura e dell'umidità; 5. stoccaggio del compost maturo; 6. applicazione in campo <sup>2</sup>

La tabella 1 riporta le caratteristiche principali del compost ottenuto. I parametri sono in linea con la legislazione italiana ed evidenziano un buon grado di maturità e qualità del compost. Il compost maturo è stato applicato per tre anni come fertilizzante in vigneti di uva da tavola biologica (varietà Sofia e Crimson Seedless) al dosaggio di 2,1 tonnellate/ha. Grazie a queste applicazioni, l'azienda agricola ha mantenuto la qualità dell'uva da tavola e ridotto gli input e il carburante utilizzati, rispettivamente del 70% e del 10%.

Tabella 1. Caratterizzazione del compost [GO OLTREBIO](#): <sup>2</sup>

Parametri	Valore
Materia secca (%)	76,2
pH	8,09
Carbonio organico totale (%)	20,85
Azoto totale (%)	2,43
Rapporto tra carbonio e azoto (C:N)	8,58

❖ *Tè di compost on farm*

Per migliorare il rendimento della produzione biologica, il [GO OLTREBIO](#) ha testato l'effetto del tè di compost (compost tea, CT) in un ciliegeto (varietà Lapins) e in due vigneti (varietà Sophia Seedless e Crimson Seedless). Il CT è stato ottenuto per estrazione acquosa di compost dell'azienda agricola collocato in un sacchetto filtrante a maglie strette, immerso in un bioestrattore artigianale e incubato per cinque giorni (fig. 2.)<sup>2</sup>. L'estrazione è avvenuta con un

rapporto di 1:5 v/v (20%) e per l'ossigenazione è stata attivata una pompa per 15 minuti ogni tre ore<sup>3</sup>. La tabella 2 riporta le caratteristiche principali del CT ottenuto. I valori di pH sono pressoché neutri, mentre la conducibilità elettrica (EC) superava 1,5 mS/cm, consigliando un'ulteriore diluizione (1:15 v/v)<sup>2</sup>.

Tabella 2. Caratterizzazione del tè di compost [GO OLTREBIO](#):<sup>2</sup>

Parametri	ph	EC (mS/cm <sup>2</sup> )	Azoto (mg/L)
Acqua	7,2	0,45	
Tè di compost (1:5 v/v)	7,4	1,72	56,7

Il CT è stato applicato in un ciliegeto biologico come trattamento del suolo (3 L/albero) e fogliare (250 mL/albero) nelle fasi delle gemme rosa, post allegagione e invaiatura. Nei vigneti di uva da tavola biologica, è stato applicato solo al suolo nel dosaggio di 1,5 L/ vite a una lunghezza dei tralci di circa 15 cm e nelle fasi di post allegagione e invaiatura<sup>3</sup>.



Fig. 2. Produzione di tè di compost nell'azienda sperimentale CREA-AA: 1. preparazione del sacchetto con il compost da estrarre; 2. estrazione acquosa; 3. controllo della conducibilità elettrica e del pH; 4. diluizioni; 5. applicazione fogliare nel ciliegeto; 6. applicazione nel suolo nel vigneto<sup>2</sup>

L'applicazione fogliare di CT ha favorito l'attività fotosintetica della coltura, fungendo da biostimolante più che da ammendante del suolo. L'applicazione di compost e di tè di compost ha inoltre aumentato considerevolmente il contenuto di fruttosio nell'uva da tavola, varietà Sophia Seedless (17,40 °Brix) e nelle ciliegie, varietà Lapins (22,81 °Brix), rispetto al controllo (15,67 e

20,63 °Brix, rispettivamente) e ha contribuito a migliorare la condizione idrica delle piante rispetto al controllo in condizioni di grave stress idrico (< -1,5 MPa). Lo stesso effetto dell'applicazione fogliare di CT nella vite è stato osservato in Egitto, con un miglioramento nel contenuto di fruttosio e antociani<sup>4</sup>.

❖ *Utilizzo del compost di rifiuti verdi*

In Francia è stato condotto un esperimento della durata di tre anni per valutare l'impatto del compost di rifiuti verdi (compostati per un mese) applicato a un suolo sabbioso e argilloso sotto il filare delle viti. Dopo aver applicato ogni anno, per tre anni circa, 126 t ha<sup>-1</sup> di rifiuti verdi, il contenuto di materia organica è migliorato passando dall'1,6% al 4,3% nell'orizzonte 0-20 cm. Sono migliorati anche altri parametri, come il rapporto C:N, la biomassa microbica e il pH. Inoltre, il trattamento dei rifiuti verdi ha aumentato in modo significativo il numero di lombrichi raccolti, con la presenza di diverse categorie ecologiche di lombrichi rispetto al controllo (senza ammendante).

Il progetto OAD MO ha anche dimostrato che il compost di rifiuti verdi ha migliorato significativamente il pH del suolo, passando da 6,3 nel controllo a 6,6 e 6,9 nel caso del compost di rifiuti verdi e del compost commerciale, rispettivamente.

❖ *Il vermicompostaggio: una collaborazione diretta con i lombrichi*

Il vermicompost è l'escrezione di specifiche specie di lombrichi che possono migliorare la salute del suolo e lo stato dei nutrienti. L'escrezione del lombrico (vermicast) è un fertilizzante organico nutriente ricco di humus, NPK, micronutrienti e microbi utili del suolo, oltre a batteri azotofissatori e fosfato-solubilizzanti, attinomiceti e ormoni della crescita come auxine, gibberelline e citochinine. Sia il vermicompost che il suo estratto liquido (vermiwash) promuovono la crescita e proteggono le colture<sup>5</sup>.

Il vermicompost migliora la crescita e la resa delle colture, oltre ad aumentare la diversità e l'attività dei microbi antagonisti e dei nematodi e ciò contribuisce a sopprimere parassiti e malattie causati da fitopatogeni terricoli<sup>6</sup>.

**Soluzione disponibile sul mercato<sup>1</sup>**

Veraterra è il biostimolante per il trattamento del suolo di VERAGROW. Si tratta di una formulazione complessa a base di vermicompost, arricchita con estratti di alghe, che svolge molteplici azioni:

- ✓ Stimola la flora microbica, con un aumento dell'attività enzimatica nella degradazione della materia organica e un aumento significativo delle associazioni simbiotiche che stimolano le colture.
- ✓ Migliora le qualità fisico-chimiche del suolo, con una migliore capacità di stoccaggio dei nutrienti, riducendo la perdita di acqua e il rischio di acidificazione o alcalinizzazione del suolo grazie alla sua azione tampone.
- ✓ Migliora la biodisponibilità dei nutrienti.



Fig. 3. Processo di produzione del biostimolante Veraterra (Veragrow): 1) selezione delle materie prime attive, 2) produzione di vermicompost ricco e stabile, 3) estrazione dei principi attivi e arricchimento della soluzione, 4) confezionamento in un formato pratico.

<sup>1</sup> Veraterra è una delle tecnologie/prodotti vincitori del Crowd-Writing Contest organizzato da Climed-Fruit nel 2023, rivolto ad aziende private, per sensibilizzare gli agricoltori tradizionali sulle innovazioni più recenti che promuovono la resilienza al cambiamento climatico. [Qui si possono vedere tutte le tecnologie vincenti.](#)

### 1.1.2 Pacciamatura

Il pacciame viene utilizzato principalmente per controllare le erbe infestanti o per mantenere l'umidità del suolo (per maggiori dettagli, vedi sottoargomenti 2 e 3). Ricavato da diversi tipi di materiali naturali, ha anche l'effetto aggiuntivo di migliorare la salute del suolo dopo il deterioramento.

L'effetto della pacciamatura con paglia di riso, senza lavorazione del terreno, sui parametri di salute del suolo, compreso il carbonio organico nel suolo (SOC), è stato analizzato in due agrumeti nella pianura costiera di Valencia, in Spagna; questi agrumeti sono rappresentativi del clima mediterraneo semi-arido, con estati calde nelle zone pianeggianti<sup>7</sup>. Il pacciame di paglia ha abbassato la temperatura del suolo, quadruplicato la crescita delle radici e favorito lo sviluppo della macrofauna presente nel suolo. Sotto il pacciame di paglia, la macroporosità è stata da due a 14 volte maggiore e la frazione massica di SOC è aumentata del 10% in più rispetto al suolo nudo. Gli effetti benefici della pacciamatura con paglia sulla salute del suolo sono però limitati dopo tre anni di trattamento. Si raccomanda di aggiungere ammendanti e/o fertilizzanti organici contestualmente a una lavorazione superficiale del terreno<sup>7</sup>.

Si è constatato che l'uso del pacciame di paglia attorno alle colture perenni appena piantate ne migliora la crescita, riduce la mortalità e aumenta la velocità di recupero<sup>8</sup>. I meli innestati non irrigati sono stati piantati nel corso di un esperimento in Francia nel 2023, applicando due diverse modalità: la pacciamatura in un caso e, nell'altro, zappatura e concimazione con 60 unità di azoto l'anno. Al momento della ricrescita, l'appezzamento che era stato pacciamato presentava un tasso di mortalità del 12%, quello lavorato e concimato del 20%. La crescita dell'innesto è stata misurata alla fine di agosto. La lunghezza delle marze del gruppo di controllo era in media di 18 cm, mentre per il gruppo pacciamato, non concimato, era in media di 27,5 cm. Si osserva spesso questa maggiore crescita, soprattutto in condizioni di terreno ben drenato o povero<sup>8</sup>.

Il [progetto VITIMULCH](#) ha testato diversi tipi di pacciame sotto i filari delle viti nel sud della Francia per tre anni, tra il 2020 e il 2023. Sotto i filari sono stati utilizzati diversi materiali: gusci di ostrica frantumati, corteccia di legno, trucioli di legno, rifiuti verdi compostati, tralci di vite, feltri vegetali e così via, come mostrato nella fig. 4. Ogni tipo di pacciame è stato applicato per circa 15-20 cm in altezza e per una larghezza di 60 cm.



Fig. 4. Diversi tipi di pacciamate sotto il filare al momento dell'intervento di applicazione nell'ambito del progetto VITIMULCH, Gaillac, Francia

I diversi pacciamati hanno migliorato le caratteristiche fisiche e chimiche del suolo e ne hanno accresciuto i livelli di umidità (vedi sottoargomento 3). L'applicazione per tre anni di trucioli di legno sotto il filare, ad esempio, ha aumentato la materia organica nel suolo dall'1,8% al 2,5% e ha influenzato positivamente la conta di lombrichi rispetto ai filari diserbati chimicamente. I risultati iniziali illustrati nella fig. 5. evidenziano l'impatto dei diversi tipi di pacciamatura sui lombrichi presenti nel suolo dopo il deterioramento del pacciamate.

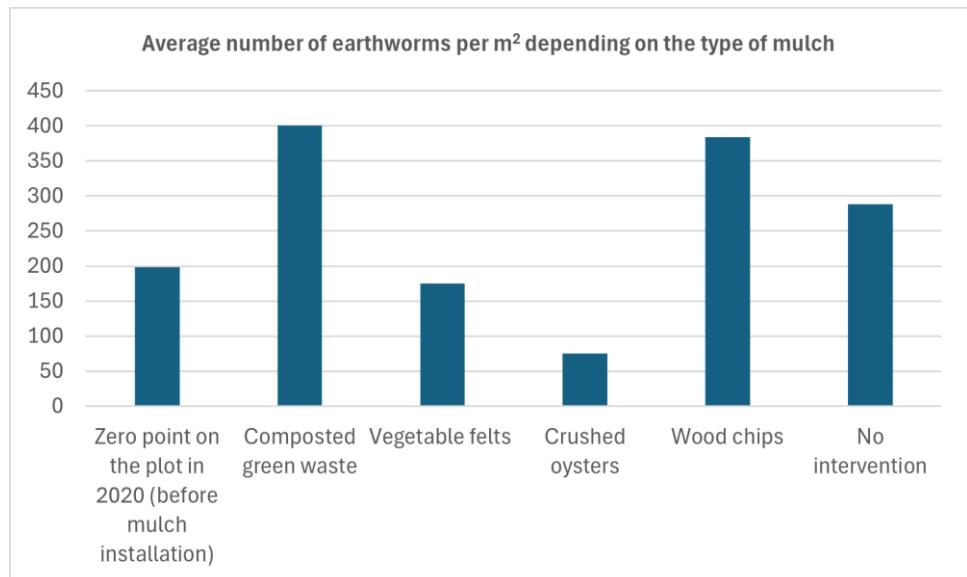


Fig. 5. Quantità di lombrichi (numero medio per m<sup>2</sup>) a seconda del tipo di pacciamate. Da sinistra a destra: punto zero sull'appezzamento nel 2020 (prima della pacciamatura), rifiuti verdi compostati, feltri vegetali, ostriche triturate, trucioli di legno, nessun intervento - progetto VITIMULCH

## 1.2. Residui e sottoprodotti delle colture

### 1.1.3 Utilizzo dei residui di potatura

Gli agrumicoltori un tempo bruciavano i residui di potatura ma oggi questa pratica è sottoposta a restrizioni perché provoca rischi ambientali e possibili rischi per la salute umana, oltre a contribuire alle emissioni di CO<sub>2</sub> in atmosfera. Si raccomanda di distribuire i residui di potatura degli agrumi in modo da coprire almeno il 30% della superficie del terreno tra i filari (50% per alberi da frutto come olivi o mandorli). Distribuendo questi residui sulla superficie del terreno si crea uno strato protettivo che riduce l'erosione e mantiene il suolo umido, perché diminuisce l'evaporazione dell'acqua. Aumentano inoltre la materia organica nel suolo e il carbonio generato nello stesso. Così si offre anche un rifugio alla fauna. Il progetto sul miglioramento del suolo e delle piante grazie ai residui di potatura arricchiti ha dimostrato, in modo corretto, che l'applicazione di resti di potatura di agrumi sminuzzati, arricchiti con graminacee e leguminose sviluppate come colture di copertura, ha raddoppiato l'attività biologica del suolo rispetto al controllo, favorito l'immagazzinamento dell'acqua nel suolo e aumentato in esso lo stoccaggio di carbonio organico. Questo esperimento illustra l'impatto positivo del riuso dei residui di potatura in campo, anziché rimuoverli o bruciarli.

Inoltre, il [GO Carbocert](#) ha valutato i benefici dell'integrazione dei residui di potatura nei vigneti e negli agrumeti, oliveti e mandorleti, distribuendo tali residui sulla superficie del terreno nell'interfilare. Per farlo correttamente, i residui devono essere triturati o sminuzzati prima di essere distribuiti (fig. 6.). I residui triturati o sminuzzati devono essere sufficientemente piccoli da evitare che si formino ammassi in cui potrebbero annidarsi dei parassiti, in modo anche da non intralciare altri interventi nel frutteto/vigneto (trattamenti, semina, ecc.) e da facilitare la decomposizione degli scarti. Una decomposizione lenta implica che il carbonio viene introdotto gradualmente e nel corso di un periodo lungo, e questo può aumentare il contenuto di carbonio organico negli strati superficiali del suolo del 60%. In combinazione con la pacciamatura, l'aumento ottenuto con queste pratiche arriva al 73% (risultati per la viticoltura). Nei frutteti, il [GO Carbocert](#) ha valutato un potenziale sequestro di carbonio vicino a 1,5 t ha<sup>-1</sup> l'anno<sup>-1</sup>.



Fig. 6. Gestione della copertura con residui di potatura in agrumicoltura (foto: LIFE Low Carbon Feed) e tritazione prima dell'applicazione nel corridoio

#### 1.1.4 Riciclare i sottoprodotti culturali

##### ❖ *Riuso del mallo e del guscio della mandorla*

Il riciclo del mallo e del guscio delle mandorle (fig. 7) come ammendanti organici nei frutteti aumenta la biomassa microbica presente nel suolo e la sua attività, promuovendo la salute del terreno stesso, il ciclo dei nutrienti e lo stoccaggio del carbonio. I risultati di un esperimento in campo condotto in California su un terreno argilloso irrigato hanno evidenziato che gli ammendanti costituiti da mali/gusci distribuiti in superficie hanno aumentato in misura significativa la biomassa microbica con batteri e funghi rispetto ai controlli<sup>9</sup>. Questo strato organico ha sostenuto diverse comunità microbiche e migliorato la multifunzionalità del suolo e l'attività microbica. Gli ammendanti si sono decomposti del 45% in un anno, riducendo il rapporto C:N dell'ammendante da 53:1 a 29:1, senza impatti negativi sullo stato dell'azoto o sulla resa delle piante. Inoltre, la densità della biomassa radicale dei mandorli è raddoppiata nei terreni ammendati, a dimostrazione del ruolo dello strato organico a favore della crescita delle radici e per il miglioramento delle condizioni del suolo.



Fig. 7. Foto dei trattamenti con mali e gusci, una tonnellata per acro (in alto) e con gusci, una tonnellata per acro (in basso), in una località della Contea di Merced nel 2017, nei mesi di marzo (a sinistra), aprile (al centro) e luglio (a destra). Fonte: [10](#)

##### ❖ *Recupero degli effluenti: un esempio in viticoltura*

Il progetto [WETWINE](#) ha sviluppato una tecnologia per il recupero degli scarti vinicoli come alternativa al trattamento dei fanghi, con basse esigenze di installazione e requisiti energetici minimi. I reflui di cantina passano attraverso un digestore idrolitico anaerobico, dove avviene la depurazione iniziale. La parte liquida viene quindi convogliata in zone umide a scorrimento sotterraneo (subsurface flow constructed wetlands, SSCW), dove l'acqua viene trattata con una combinazione di SSCW verticali e orizzontali piantumate a canneto. La parte solida viene inviata a una zona umida di trattamento dei fanghi per la stabilizzazione anaerobica e i fanghi possono essere riciclati come ammendante organico per il suolo dei vigneti, in un'ottica di economia

circolare. La composizione dei fanghi prodotti varia molto, a seconda delle condizioni agroclimatiche locali e dell'origine dei fanghi.

La tecnologia ha dimostrato che i fanghi di vinificazione sono innocui e possono essere utilizzati nei vigneti in modo semplice, economico ed ecologico. Tuttavia, l'impatto sulla qualità del suolo è meno pronunciato rispetto agli ammendanti in commercio, che contengono più nutrienti. Sono necessari ulteriori studi e un'installazione su scala completa prima di poter condurre esperimenti più estesi.

### 1.3. Biochar

Il biochar, una sostanza carboniosa ottenuta dalla pirolisi dei rifiuti organici, è una soluzione promettente se si vuole aumentare il contenuto di carbonio nelle aree mediterranee. Il biochar è stato aggiunto al Regolamento UE sui fertilizzanti <sup>11</sup> ed è autorizzato nella produzione agricola biologica<sup>12</sup>. In Spagna, l'applicazione di biochar nella misura di 100 t ha<sup>-1</sup> (20 t ha<sup>-1</sup> l'anno<sup>-1</sup>) ha aumentato il carbonio organico totale (TOC) di 10-30 g Kg<sup>-1</sup>; in un altro esperimento il TOC è raddoppiato dopo l'applicazione di 60 t ha<sup>-1</sup> di biochar per due anni. In Italia, dopo due anni di applicazione del biochar, si è registrato un aumento del contenuto di acqua disponibile nel suolo (3,2%/45% per tassi di applicazione di 16,5/33 t ha<sup>-1</sup>, rispettivamente) e del potenziale idrico delle foglie (24-37%) in periodi siccitosi. Inoltre, la resa in uva per pianta è aumentata in misura significativa per quattro anni dopo la prima applicazione di biochar, dal 16 al 60%. L'effetto del biochar sulla resa è risultato maggiore negli anni in cui le precipitazioni sono state più scarse. Ciò suggerisce un effetto protettivo del biochar nei confronti dello stress idrico della pianta<sup>13</sup>.

### 1.4. Confronto tra diversi ammendanti in relazione allo stoccaggio del carbonio nel suolo

Nell'ambito del [progetto OAD MO](#) sono stati condotti per otto anni esperimenti sull'applicazione nei terreni viticoli di materia organica, tra cui compost di rifiuti verdi, compost commerciale, compost di vinaccia e colture di copertura. I risultati mostrano che gli ammendanti organici migliorano il contenuto di carbonio nel suolo e quello di materia organica, anche se sono rare delle differenze significative tra i diversi tipi di materia organica testati, a causa della lenta evoluzione dei livelli di carbonio nel suolo e dell'eterogeneità della distribuzione del carbonio. Gli ammendanti organici forniscono anche elementi minerali come azoto, fosforo, potassio, calcio e magnesio, disponibili per le viti nel medio e lungo termine. Si sono utilizzati i dati per parametrizzare e convalidare il modello AMG in viticoltura, che calcola le variazioni dello stock di carbonio organico nel lungo periodo. È stato elaborato un prototipo di strumento di simulazione come supporto decisionale per gli agricoltori. A partire da una situazione iniziale, sono state condotte simulazioni dell'evoluzione dello stock di carbonio per diversi scenari di pratiche colturali, su diversi vigneti e per diverse situazioni pedologiche. Sono stati analizzati tre scenari per il caso di studio di un vigneto in Linguadoca caratterizzato dal suolo alluvionale sassoso tipico di Costières de Nîmes:

- Scenario di riferimento: diserbo meccanico di tutti gli interfilari e apporto di compost di rifiuti verdi (25 tonnellate ogni quattro anni, 36% MO, ISMO 60).

- Scenario 1: coltura di copertura temporanea in tutti gli interfilari, applicazione di 25 tonnellate di compost di rifiuti verdi ogni quattro anni (36% MO, ISMO 65) e residui di potatura lasciati sul terreno.
- Scenario 2: diserbo meccanico e residui di potatura
- Scenario 3: residui di potatura e colture di copertura temporanee in ogni corridoio

Questa simulazione ha rivelato che il carbonio nel suolo apportato dall'ammendante organico (compost di rifiuti verdi) è molto più alto di quello fornito dall'inerbimento (superiore di circa cinque volte) (fig. 8). Il modello AMG ha previsto un aumento dello stock di carbonio nel suolo di 2 t ha<sup>-1</sup> dopo circa 15 anni di inerbimento temporaneo. Inoltre, l'applicazione di un ammendante organico potrebbe aumentare in misura significativa lo stock di carbonio nel suolo di 10 e 15 t C/ha entro il 2050.

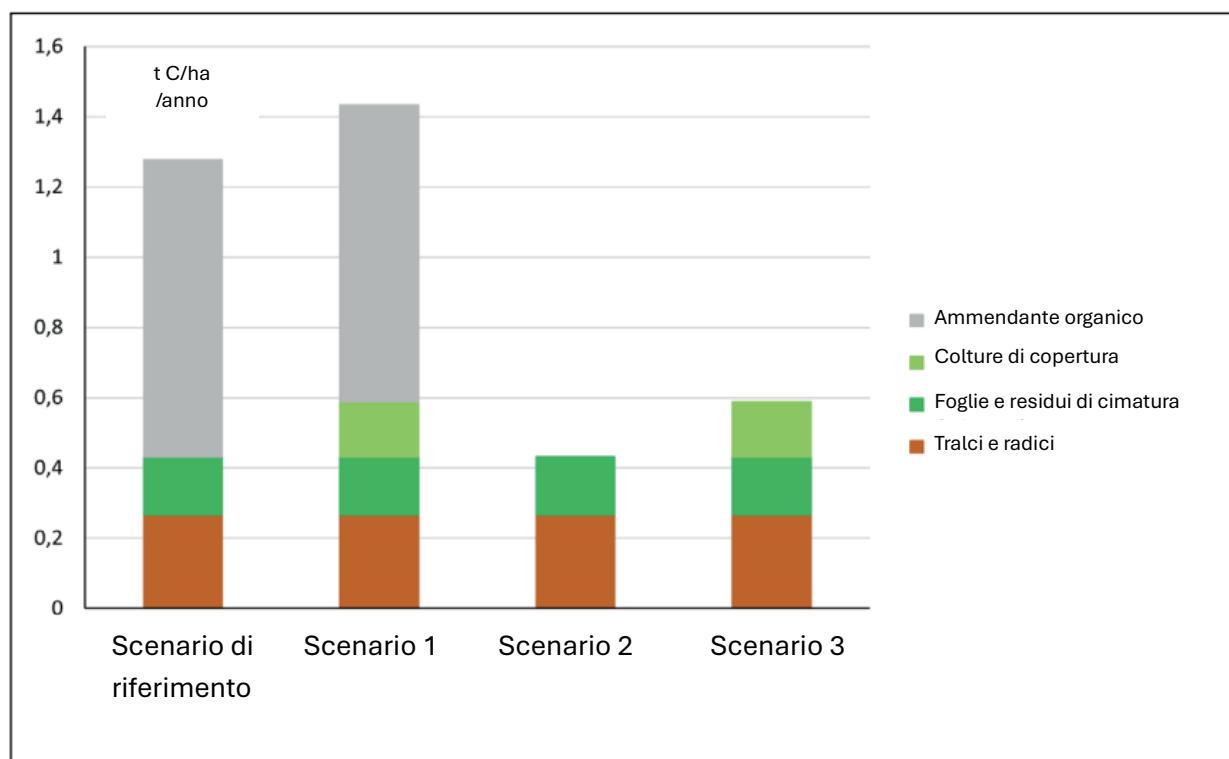


Fig. 8. Risultati della simulazione OAD MO nel caso di studio del vigneto in Linguadoca<sup>14</sup>

## 2. COLTURE DI COPERTURA DEL SUOLO E LAVORAZIONE RIDOTTA DEL TERRENO IN COLTURE PERENNI, PER MIGLIORARE LA QUALITÀ DEL SUOLO

Per aumentare il sequestro di carbonio organico nel suolo (SOC) nel Mediterraneo, la selezione e la gestione delle colture di copertura nelle colture perenni deve tenere conto di fattori come la fertilità del suolo, la composizione della comunità vegetale, il metodo di terminazione, la gestione dei residui e il regime di perturbazione del suolo. Inoltre, il potenziale della copertura vegetale dipende dal clima, dalla gestione e dai cambiamenti della comunità micobica.

## 2.1. Inerbimento

### 1.1.5 Gestione della copertura spontanea permanente nei mandorleti

L'obiettivo dell'inerbimento permanente è mantenere e nutrire nell'interfilare la copertura vegetale, sia spontanea che seminata. Il [GO CARBOCERT](#) ha esaminato l'implementazione di questa pratica in mandorleti (Spagna) per valutarne l'impatto sul suolo e fornire consigli tecnici. La pratica più efficace per sequestrare il carbonio nel suolo è una coltura di copertura spontanea, con la raccomandazione di utilizzare principalmente attrezzi da taglio (tagliaerba, tagliabordi, decespugliatori) o una lavorazione molto superficiale per il mantenimento e di lasciare sempre sulla superficie i residui vegetali. Si raccomandano questi stessi tipi di gestione per il controllo delle infestanti nel filare. Per ottenere una maggiore efficienza, si potrebbe combinare questo con la pacciamatura, ottenuta sia dallo sfalcio della copertura stessa (fig. 9), sia da apporti esterni (dando la priorità alla pacciamatura naturale e locale). Le pecore o le capre possono essere sfruttate anche per il controllo della copertura in tutte le colture perenni (compresi gli oliveti, come mostrato nella fig. 9), con il vantaggio di fornire al terreno ulteriore materia organica. Il pascolo è consigliabile solo durante la dormienza invernale, visto che gli animali brucano anche i rami più bassi.



Fig. 9. Copertura vegetale spontanea mantenuta dallo sfalcio nei mandorleti (a sinistra) e pecore utilizzate per il controllo della copertura in un oliveto - [GO CARBOCERT](#)

Per limitare la competizione per l'acqua e i nutrienti, le coperture più efficienti sono quelle con un ciclo vegetativo opposto a quello del mandorlo. La copertura dovrebbe essere presente dalla fase di senescenza del mandorlo fino all'inizio della fioritura e, se possibile, dovrebbe avvizzire in modo naturale a partire dalla differenziazione floreale fino al post-raccolta. Per contribuire ad assicurare che la composizione della copertura spontanea sia la più favorevole possibile, lo sfalcio può essere pianificato in modo da incoraggiare la risemina naturale delle specie desiderate e da evitare la fioritura di quelle indesiderate.

### 1.1.6 Inerbimento del sottofilare

Implementare un inerbimento naturale è un processo semplice, mentre l'inerbimento per semina o la posa di un manto erboso consentono un controllo più efficace della competizione per l'acqua e i nutrienti, grazie alla selezione delle specie, delle varietà o delle miscele più idonee. Un esperimento su viti condotto da IFV ha dimostrato che nei primi anni, le miscele a base di *Koeleria*

hanno avuto l'impatto più basso sul vigore della vite. Per quanto riguarda l'inerbimento naturale, il suo impatto sulle viti è tendenzialmente aumentato nel corso degli anni, in parallelo al tasso di copertura nel sottofilare. L'introduzione di leguminose è una delle soluzioni attualmente testate per gestire la competizione per l'azoto.

Il [GO IOCONCIV](#) ha studiato l' impiego di una coltura di copertura autoseminante nel sottofilare in un vigneto in Toscana, Italia. Si è seminato nel sottofilare come copertura permanente *Trifolium subterraneum* ssp. *brachycalycinum* per la sua capacità di autosemina, che consente diversi cicli per 3-4 anni. La sottospecie *brachycalycinum* si è evoluta per tollerare i suoli secchi ed è più adatta ai terreni sub-alcalini, limoso-argillosi. La biomassa di trifoglio svolge la funzione di pacciamme vivo in autunno, inverno e primavera, per poi diventare pacciamme morto in estate, con l'effetto di minimizzare la competizione con le viti per l'acqua e i nutrienti e di ridurre lo stress da siccità grazie alla copertura del suolo durante l'estate. Alla fine dell'estate, la germinazione spontanea dei semi di trifoglio avvia un nuovo ciclo biologico sotto i filari, con il beneficio di sopprimere la crescita delle infestanti e di migliorare la fertilità del suolo.

## 2.2. Sovescio e consociazione

Il sovescio è una copertura vegetale che produce biomassa e viene restituita al terreno per migliorarne la fertilità e la struttura, a condizione che la competizione per l'acqua e i nutrienti sia tenuta sotto controllo. È una pratica sfidante ma può essere di grande interesse nel contesto dei suoli poveri del Mediterraneo. La data, il tipo di distruzione e la scelta delle specie sono fattori importanti per una corretta applicazione di questa pratica. Il sovescio può influenzare l'apporto di azoto alla coltura, limitando così l'uso di input<sup>15</sup>.

La consociazione prevede la coltivazione di due o più colture vicine l'una all'altra. L'obiettivo ultimo della consociazione è aumentare la resa per ettaro e per unità e questo è possibile grazie a un utilizzo migliore delle risorse presenti nel suolo, che altrimenti verrebbero utilizzate da una singola coltura. L'agricoltore può scegliere quali colture raccogliere, se tutte, alcune o nessuna.

### 1.1.7 Esempio di applicazione del sovescio in un vigneto mediterraneo

Nel corso di un esperimento condotto in un vigneto in Francia, si è misurato che circa il 62% del carbonio nella biomassa da sovescio terminata era mineralizzato, mentre il resto è stato classificato come carbonio "stabile", come risulta dall'indice di stabilità della materia organica (OMSI)<sup>16</sup>. OMSI è una misura del potenziale del prodotto di immagazzinare carbonio nel suolo, espresso come percentuale della materia organica del prodotto. Più il valore OMSI si avvicina al 100%, più a lungo rimarrà nel suolo il carbonio apportato dal sovescio. Si sono fatti dei calcoli per determinare la capacità teorica di stoccaggio del carbonio dei sovesci. Per esempio, il sovescio di 4 tonnellate di sostanza secca ha<sup>-1</sup> (seminato in tutti gli interfilari), rappresenta 1.600 kg di C ha<sup>-1</sup>, cioè 608 kg di carbonio stabile per ettaro (OMSI 38%). Nel caso del sovescio applicato a filari alterni, lo stoccaggio potenziale di carbonio è di 200 kg/ha, ossia 50 kg C/t DM. Questo stoccaggio di carbonio cambia poco al variare delle specie di sovescio utilizzate, perché tutte hanno lo stesso indice di stabilità della materia organica<sup>16</sup>.

Nel contesto mediterraneo, la semina del sovescio il più precoce possibile (fine agosto-inizio settembre) assicura che i semenzali siano ben sviluppati durante le forti piogge autunnali, per

ridurre l'erosione ed evitare che le foglie della vite volino via (sono una fonte di nutrimento per il terreno). Nelle condizioni mediterranee è anche consigliabile sovradosare i semenzali (per tutte le specie), oltre a scegliere un mix ben diversificato (leguminose, graminacee, brassicacee) per garantire la sostenibilità della copertura con la rotazione delle specie dominanti.

La scelta del metodo di terminazione dipende dagli obiettivi perseguiti. La macinazione o la falciatura in primavera distruggono le parti aeree e consentono loro di seccarsi. La falciatura o la rullatura possono rivelarsi utili per pacciamare e mantenere il suolo senza dover ricorrere al diserbo chimico o alla lavorazione del terreno. Nel contesto del Mediterraneo, è consigliato terminare la coltura di copertura all'inizio della primavera per evitare un'eccessiva competizione per l'acqua, che inciderebbe anche sulla mineralizzazione della coltura di copertura una volta terminata.

#### 1.1.8 Raggiungere gli obiettivi dell'iniziativa del 4% negli oliveti attraverso la consociazione

Il [progetto DIVERFARMING](#) ha condotto uno studio di tre anni in un oliveto tradizionale non irrigato nel sud della Spagna, con colture nei corridoi con una lavorazione minima rispetto a quella convenzionale, concentrando sul carbonio organico nel suolo e sulla qualità del suolo. Sono state testate tre strategie di consociazione - *Crocus sativus* (D-S), *Vicia sativa* e *Avena sativa* in rotazione (D-O) e *Lavandula x intermedia* (D-L) - rispetto al controllo per il quale il terreno è stato lavorato in modo convenzionale. La consociazione ha aumentato il contenuto organico del suolo nella parte superiore (0-10 cm) del 41,1% (D-S), 28,5% (D-O) e 30,5% (D-L). Non si sono osservate differenze significative negli indici di qualità del suolo, ma la consociazione ha raggiunto gli obiettivi dell'iniziativa del 4%, con un aumento annuale del carbonio nel suolo per ettaro e anno dell'80% (D-S), dell'87,4% (D-O) e dell'86,4% (D-L). Ciò evidenzia il potenziale della consociazione nell'aumentare lo stoccaggio del carbonio e migliorare la sostenibilità del suolo nel breve termine<sup>17</sup>.

#### 1.1.9 Confronto tra diverse colture di copertura e i loro effetti sul suolo in ciliegeti e mandorleti

Gli effetti di diverse colture di copertura, della coltivazione meccanica e dei trattamenti erbicidi sul contenuto di materia organica nel suolo e sulle caratteristiche fisiche del suolo sono stati studiati in un ciliegeto con suolo argilloso situato nella regione settentrionale della Turchia, per due anni<sup>18</sup>.

Si sono usati come colture di copertura *Trifolium repens L.* (TR), *Festuca rubra subsp. Rubra* (FRR), *Festuca arundinacea* (FA), mix di *T. repens* (40%) + *F. rubra rubra* (30%) + *F. arundinacea* (30%) (TFF), *Vicia villosa* (VV) e *Trifolium meneghinianum* (TM). Le colture di copertura sono state falciate nel periodo di fioritura. 90 giorni dopo la raccolta dei semi, sono stati raccolti campioni di terreno a due profondità (0-20 cm e 20-40 cm) in ogni appezzamento. I trattamenti con TR e VV hanno aumentato il contenuto di materia organica del suolo a 0-20 cm di profondità rispetto agli appezzamenti di controllo non trattati (fig. 10)<sup>18</sup>.

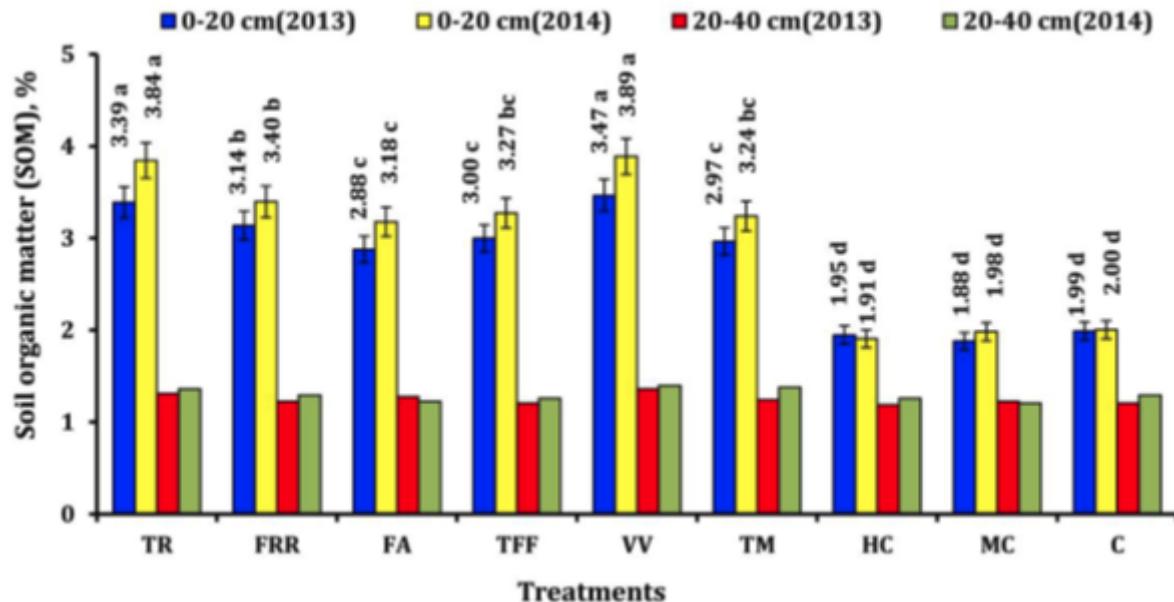


Fig. 10. Effetti delle colture di copertura e di altri trattamenti sulla materia organica nel suolo (SOM) a 0-20 cm e 20-40 cm di profondità in un ciliegeto con suolo argilloso. *Trifolium repens L.* (TR), *Festuca rubra rubra L.* (FRR), *Festuca arundinacea* (FA), mix di *T. repens* (40%) + *F. rubra rubra* (30%) + *F. ruminaria* (30%) (TFF), *Vicia villosa* (VV), *Trifolium meneghinianum* (TM), un appezzamento a coltivazione meccanica (MC), trattamento con erbicidi (HC) e appezzamento di controllo (C)<sup>18</sup>

Anche a Cordoba, in Spagna, è stato condotto un esperimento in campo su mandorli di 10 anni della varietà Guara, irrigati a goccia per due stagioni, per analizzare il potenziale di sequestro dell'azoto e del carbonio nel suolo di tre colture di copertura seminate (orzo, veccia pelosa e una miscela di orzo al 65% e veccia al 35%) e il controllo con flora spontanea. Per quanto concerne la fertilità del suolo in termini di nitrati, si sono osservati i risultati migliori con la veccia (fig. 11), con un miglioramento del contenuto di nitrati nel suolo superiore al 35%, mentre la miscela di colture di copertura e l'orzo presentavano un potenziale più elevato per il sequestro del carbonio, aumentando il carbonio organico nel suolo di oltre 1,0 Mg ha<sup>-1</sup> nel periodo in esame (fig. 12).<sup>19</sup>

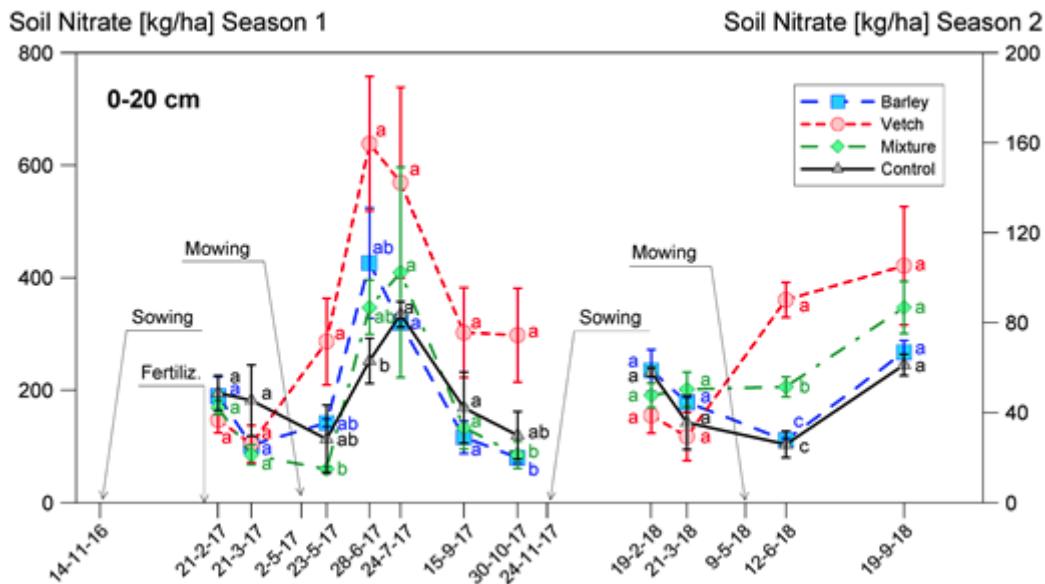


Fig. 11. Contenuto di nitrati nel suolo a 0-20 cm di profondità nelle due stagioni monitorate. Orzo (quadrato blu), vuccia (cerchio rosso), mix (rombo verde), controllo (triangolo nero)<sup>19</sup>

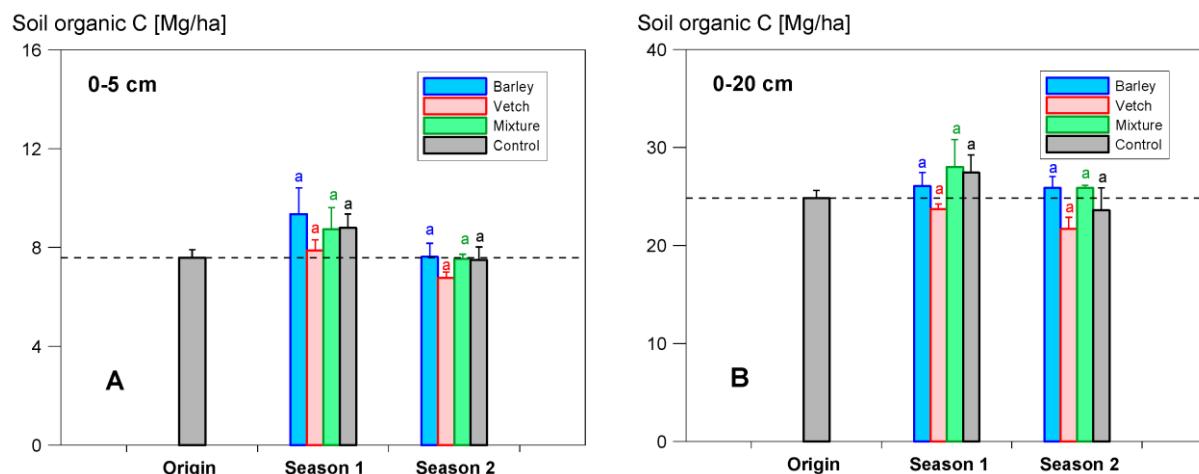


Fig. 12. Carbonio organico nel suolo all'inizio e alla fine dell'esperimento, durante il periodo in esame, a 0-5 cm (A) e a 0-20 cm di profondità del suolo (B)<sup>19</sup>

## 2.3. Lavorazione conservativa del terreno

*La lavorazione conservativa del suolo si riferisce a una serie di pratiche gestionali che mirano a ridurre la perturbazione del suolo, a mantenere la materia organica e a minimizzare l'erosione, migliorando al contempo l'infiltrazione e la ritenzione idrica. La lavorazione conservativa si accompagna alle pratiche citate in precedenza che prevedono la copertura del suolo. La si può riassumere in tre principi chiave:*

*1) Perturbazione minima del suolo: limita la frequenza e la profondità della lavorazione del terreno per evitare di turbare la struttura del suolo e l'attività microbica.*

*2) Copertura del suolo: mantiene il suolo coperto con residui culturali, colture di copertura o vegetazione naturale per prevenire l'erosione e trattenere l'umidità.*

*3) Rotazione delle colture o colture di copertura: aumenta la biodiversità, migliora il ciclo dei nutrienti e riduce la pressione di parassiti e patogeni.*

La lavorazione del terreno influisce sulle comunità batteriche presenti nel suolo, riducendo la materia organica come fonte di carbonio e di nutrienti, modificando l'umidità e la temperatura del suolo e diminuendo la percentuale di macroaggregati stabili, che forniscono un microhabitat favorevole ai batteri<sup>20</sup>. Studi precedenti hanno dimostrato che una lavorazione ridotta del terreno aumenta in modo significativo il contenuto organico del suolo alla profondità di 0-10/30 cm rispetto alla lavorazione convenzionale, indipendentemente dalle condizioni climatiche, dal tipo di suolo e dal sistema colturale<sup>21</sup>.

Più intensa è l'attività di aratura, più povero sarà il terreno. Il [progetto GASCOGN'INNOV](#) ha dimostrato che, riducendo l'intensità della lavorazione del terreno e aumentando la durata della copertura vegetale, è possibile favorire l'abbondanza di tutti gli organismi oggetto dello studio (lombrichi, nematodi, batteri e funghi), anche se non necessariamente la loro diversità.

### 3. L'AGROFORESTAZIONE E LE SIEPI PER LO STOCCAGGIO DEL CARBONIO E LA CONSERVAZIONE DEL SUOLO

Gli alberi e le siepi svolgono un ruolo cruciale nel determinare la fertilità del suolo e lo stoccaggio del carbonio, perché fungono da pozzi che assorbono la CO<sub>2</sub> atmosferica attraverso la fotosintesi e la immagazzinano nella loro biomassa (legno, radici, foglie) e nel suolo attraverso gli apparati radicali e la materia organica.

#### 3.1. Agroforestazione

Le colture perenni e le pratiche gestionali come la mancata lavorazione del terreno, la pacciamatura dei residui, la rotazione estesa e le colture di copertura sono strategie che possono contribuire allo stock di carbonio nel suolo nelle aree mediterranee, concorrendo alla riduzione delle emissioni agricole di gas serra. Combinando alcune di queste caratteristiche, i sistemi di agroforestazione offrono un grande potenziale di mitigazione attraverso il sequestro del carbonio. Tra i sistemi agroforestali nella Penisola Iberica, nell'Europa meridionale, sono molto significativi il *montado* in Portogallo e il *dehesa* in Spagna. Consistono principalmente in alberi multifunzionali come castagni (*Castanea spp.*), querce (*Quercus spp.*) e ulivi (*Olea europaea L.*) con vegetazione sottostante come pascoli ampiamente brucati da bestiame (pecore, maiali neri e bovini), di solito secondo uno schema di rotazione<sup>22</sup>.

I sistemi agroforestali del Mediterraneo in genere presentano un suolo poco fertile e sono limitati dalla sua scarsa profondità e dalla bassa disponibilità di acqua e di nutrienti. Ne consegue che i pascoli naturali sono poco produttivi e di scarsa qualità. Avendo notato la bassa produttività dei pascoli, gli agricoltori della Penisola iberica hanno iniziato a seminare pascoli misti ricchi di leguminose (fig. 13), che hanno contribuito ad aumentare contemporaneamente la produttività dei pascoli e la concentrazione di carbonio organico nel suolo, oltre a prevenire il degrado dello stesso<sup>22</sup>.



Fig. 13. Vista parziale di un sistema di agroforestazione portoghese con *Quercus* sp. e un pascolo biodiverso<sup>22</sup>

Insieme agli alberi, i pascoli permanenti (naturali o migliorati) costituiscono anche un modo rapido per accumulare carbonio nel suolo, generando una quantità significativamente più elevata di carbonio organico nello strato di terreno da 0 a 10 cm sotto la chioma degli alberi, sia nei pascoli spagnoli non gestiti ( $2,4 \text{ kg C m}^{-2}$ ) che in quelli migliorati ( $3,1 \text{ kg C m}^{-2}$ ), rispetto al campo aperto ( $1,8$  e  $2,1 \text{ kg C m}^{-2}$  nei pascoli naturali e migliorati, rispettivamente)<sup>23</sup>.

### 3.2. Siepi

Spesso le siepi si trovano dove si incontrano ecosistemi diversi, come al confine tra boschi e terreni agricoli. Queste aree sono spesso caratterizzate da una maggiore biodiversità e da un tasso più elevato di scambio di nutrienti. Nel Mediterraneo, le siepi tra i boschi, gli arbusteti e i campi agricoli possono fungere da zone dinamiche per il ciclo dei nutrienti, la ritenzione idrica, l'accumulo di materia organica e il controllo del vento. Pertanto, hanno effetti simili sulla conservazione del suolo a quelli menzionati sopra per l'agroforestazione. Le siepi possono anche ridurre il ruscellamento e quindi la perdita di materia organica causata dall'erosione del suolo. Secondo una revisione della letteratura<sup>24</sup>, le siepi contribuiscono a uno stoccaggio ulteriore di carbonio pari a  $750 \text{ kg C/ha}^{-1}$  per siepe anno<sup>-1</sup>. Generalmente, però, dopo l'impianto del vigneto o

del frutteto, è difficile creare una siepe a causa della mancanza di spazio. In questi casi è consigliabile realizzare delle siepi di arbusti più piccole lungo i confini dell'apezzamento.

#### 1.1.10 Simulazione dello stoccaggio di carbonio con le siepi in viticoltura

Lo stoccaggio di carbonio associato all'impianto di siepi attorno agli appezzamenti viticoli può essere stimato con un calcolatore dell'impronta di carbonio.

Per esempio, a livello di azienda agricola, ogni appezzamento viticolo può essere circondato da siepi miste e suddiviso al suo interno con altre siepi di arbusti. Le siepi miste sono più grandi delle siepi di arbusti. Contengono alberi ad alto fusto e arbusti alti e bassi che formano uno strato alto e uno strato intermedio. Il particolare tipo di suolo e le condizioni climatiche determineranno la scelta delle specie. Questo esempio di simulazione ha considerato un grande appezzamento di 30 ettari, con 2600 metri lineari di siepe mista piantata, corrispondenti a 90 metri lineari per ettaro. Vengono inoltre piantate siepi arbustive ogni 60 metri tra i filari di viti, corrispondenti a 150 metri lineari di siepi all'interno dell'apezzamento per ettaro. Abbiamo quindi siepi alte e voluminose intorno all'apezzamento e siepi più piccole, intervallate ai filari di vite, all'interno dell'apezzamento.

- Stoccaggio di carbonio di una siepe mista posizionata intorno all'apezzamento, a un tasso di 90 metri lineari per ettaro: 280 kg eqCO<sub>2</sub>/ha/anno (calcolati con lo [strumento GES&VIT sviluppato da IFV](#)).
- Stoccaggio di carbonio in siepi arbustive alternate a filari di viti, per suddividere l'apezzamento, ad un tasso di 150 metri lineari per ettaro: 330 kg eqCO<sub>2</sub>/ha/anno.

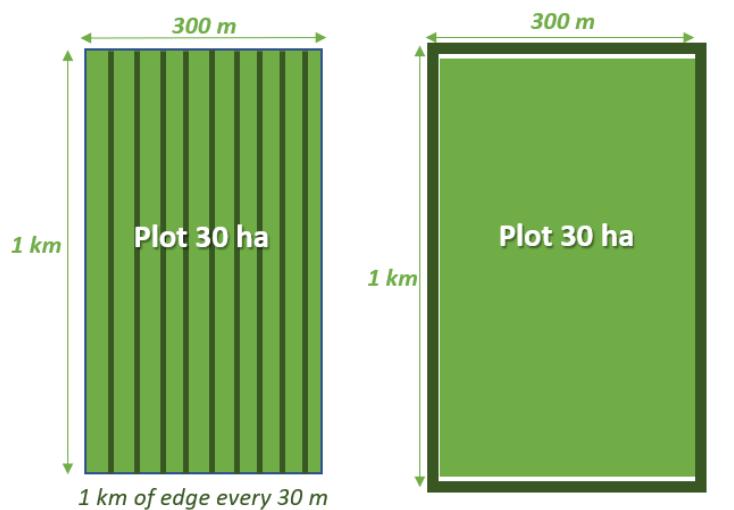


Fig. 14: A sinistra - Siepi all'interno dell'apezzamento: per 30 ettari c'è una siepe ogni 30 metri, ossia 150 metri lineari/ha di siepi all'interno dell'apezzamento.

A destra - Siepi attorno all'apezzamento: per 30 ettari ci sono 2600 metri lineari di perimetro, ossia 90 metri lineari/ha di siepe attorno al perimetro (fonte interna).

Questi valori di stoccaggio sono calcolati in base ai dati del metodo delle siepi con etichetta BasCarbone (basse emissioni di carbonio) e del progetto Carbocage di ADEME<sup>25</sup>.

*Da sapere:*

- ✓ *È opportuno privilegiare gli orientamenti nord-sud per limitare e compensare l'ombra degli alberi e degli arbusti sulle viti.*
- ✓ *Lasciare una distanza minima di 3-4 metri tra la siepe e il filare di viti.*

## **SOTTOARGOMENTO 2**

### **MIGLIORARE LA RESILIENZA AI RISCHI CLIMATICI**



## SOTTOARGOMENTO 2

### Migliorare la resilienza ai rischi climatici

#### 1. RESISTENZA ALLA SICCITÀ ESTREMA E ALLE ONDATE DI CALORE

L'analisi dell'andamento delle temperature negli ultimi 120 anni evidenzia che il bacino del Mediterraneo si è riscaldato più rapidamente, a una velocità di circa il 20% superiore alla media globale<sup>1</sup>. Questa tendenza provoca danni concreti e gravi alle colture perenni del Mediterraneo, determinando un calo della produttività e della qualità degli alberi da frutto. La situazione richiede un'azione immediata, per sviluppare strategie di adattamento che combinino pratiche agricole sostenibili e investimenti in infrastrutture resilienti al clima (come reti ombreggianti e materiale vegetale tollerante alla siccità).

##### 1.1. Reti ombreggianti

Le reti ombreggianti proteggono le colture perenni dalla siccità estrema e dalle ondate di calore. Anche se i costi di installazione possono essere significativi, esse proteggono anche dalla grandine e riducono la vulnerabilità ai rischi climatici in generale.

In viticoltura, il [progetto VITISAD](#) ha dimostrato che le reti ombreggianti riducono l'esposizione alle scottature solari, attenuando le radiazioni e ritardando il processo di maturazione di cinque giorni, ottimizzando così la qualità del vino. Sono stati influenzati anche i parametri di maturazione degli acini, con una diminuzione degli zuccheri e una maggiore acidità, un aumento del tenore di azoto assimilabile dei mosti di circa il 20% e una diminuzione del colore e dei composti fenolici nei vini rossi. Inoltre, le viti coperte dalle reti risultavano meno sotto stress in caso di deficit idrico. Il [progetto RESILVINE](#) ha studiato l'impatto dei diversi colori delle reti ombreggianti sulla dinamica di maturazione e sulla produzione di uva per vino spumante (var. Chardonnay) (fig 1.). Le reti ombreggianti hanno ridotto l'incidenza della radiazione solare globale e hanno diminuito in modo significativo la temperatura degli acini sotto la luce diretta del sole, con un aumento dell'accumulo di zucchero sotto le reti bianche. Le prestazioni delle reti ombreggianti sono state confermate per quanto riguarda gli effetti sul microclima del vigneto.

Name	Plot	Shading %
CON	Control	0
WHT	White	30
LGR	Light Green	8
DGR	Dark Green	19
BLK	Black	26



Figura 1. Progetto RESILVINE, azienda agricola Ferghettina

Le reti ombreggiante bianche e blu (intensità di ombreggiamento del 20%, fig. 2) sembrerebbero ridurre la temperatura media della chioma anche negli alberi di avocado (Cv. Hass) <sup>2,3,4</sup>.

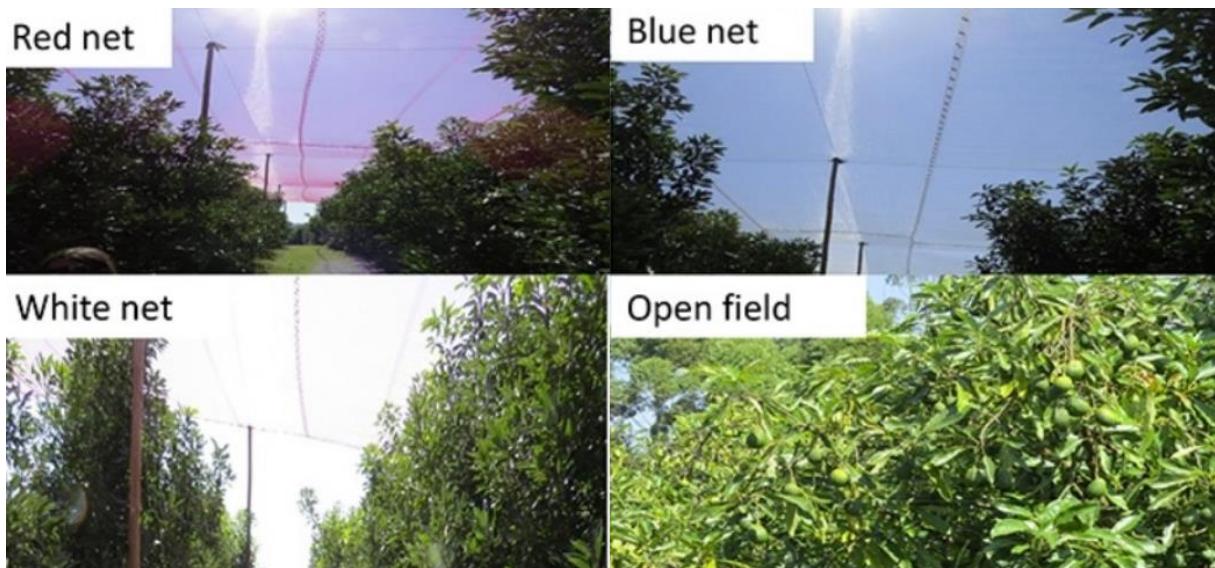


Fig. 2. Reti ombreggiante in un frutteto di avocado<sup>2</sup>.

Le reti ombreggiante costituiscono uno strumento valido anche per la produzione di ciliegie dolci, in quanto offrono diversi vantaggi come la protezione dal sole, la regolazione della temperatura, la maturazione uniforme dei frutti, un miglioramento della resa ed il risparmio idrico. La corretta percentuale di ombreggiamento va stabilita in base alle condizioni climatiche locali e alle esigenze della varietà di ciliegio (generalmente 30-40% di ombreggiamento)<sup>5</sup>.

## 1.2. Applicazioni fogliari

Nella gestione dell'olivo, l'uso di applicazioni fogliari di caolino, acido salicilico e acido abscissico, combinati tra loro o da soli, può essere una strategia efficace per mitigare gli impatti della siccità e delle ondate di calore. Il caolino, un minerale argilloso naturale, agisce come una barriera fisica sulle foglie, riducendo la perdita di acqua per traspirazione e fornendo una certa protezione contro lo stress termico. L'acido salicilico è noto per il ruolo che svolge nei meccanismi di difesa delle piante e può aiutare gli olivi a resistere meglio agli stress ambientali. L'acido abscissico è un ormone vegetale che regola le risposte alla siccità e può aiutare gli olivi a trattenere l'acqua e a adattare i propri pattern di crescita quando c'è scarsità d'acqua. Il gruppo operativo portoghese [Nuove pratiche negli oliveti non irrigati](#) ha esaminato gli effetti di diverse sostanze naturali che inducono meccanismi di resistenza con un effetto protettivo contro fattori ambientali avversi. L'applicazione di acido salicilico e caolino ha aumentato in modo significativo la produttività di olive (fig. 3) e la qualità dell'olio d'oliva non è stata influenzata negativamente<sup>6</sup>. Inoltre, l'applicazione di acido abscissico ha dimostrato un effetto a medio e lungo termine (fig. 4) sullo stato idrico delle piante, contribuendo ad aumentarne la resilienza allo stress della siccità estiva e ritardando gli effetti negativi della siccità. Le funzioni fisiologiche e biochimiche delle piante sono migliorate anche durante il recovery (periodo di recupero), poiché la loro capacità di riprendersi da una precedente siccità dipende dalla gravità dei danni causati dallo stress precedentemente subito<sup>7</sup>. È importante però rispettare le quantità e i tempi di applicazione raccomandati per garantire l'efficacia della strategia.

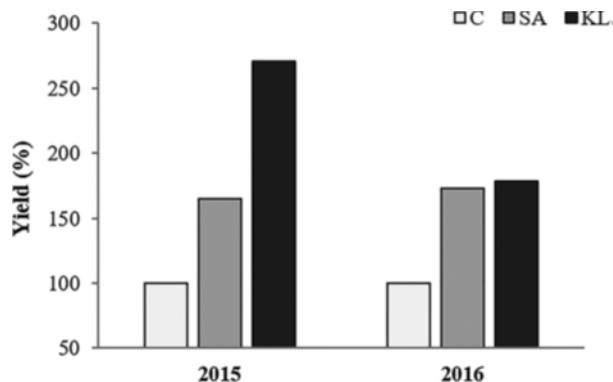


Fig. 3. Influenza dei trattamenti con acido salicilico (SA) e caolino (KL) sulla resa di olive in due anni di esperimento<sup>6</sup>

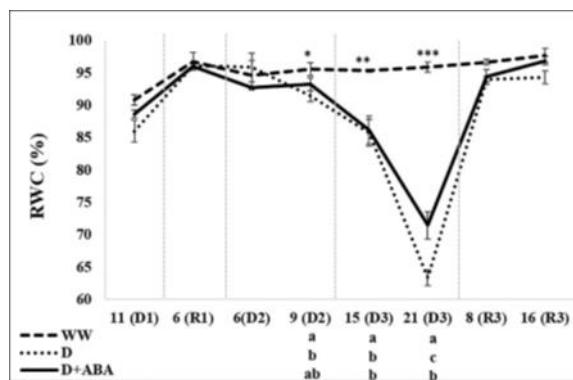


Fig. 4. Variazioni nel contenuto idrico relativo (RWC) durante i giorni siccitosi (D1, D2, D3) e di recovery (R1, R3) in ciascun ciclo, nelle foglie di piante ben irrigate (WW) ed esposte a siccità senza (D) e con acido abscissico (D + ABA)<sup>7</sup>.

L'applicazione di caolino sulle foglie della vite può costituire anche una buona strategia contro le ondate di calore, grazie alla capacità del caolino di riflettere la luce ultravioletta, che consente una riduzione fino a 5°C della temperatura delle foglie e dei frutti. [I progetti di cooperazione della Generalitat Valenciana](#) hanno osservato che le applicazioni di caolino in un vigneto di Marselan in Spagna (fig. 5) consentono una migliore qualità del vino, con un'intensità del colore e una maggiore concentrazione di tannini e componenti aromatiche.



Fig. 5. Uso di caolino in un vigneto di Marselan (Bodegas Enguera)

### 1.3. Pratiche di aridocoltura

L'aridocoltura prevede una combinazione di tecniche agricole che richiedono un apporto idrico minimo. Queste pratiche sono utili nelle aree soggette a siccità e a ondate di calore, perché possono contribuire a ridurre il consumo di acqua e ad aumentare la salute e la resilienza del suolo. Alcune tecniche comuni di aridocoltura includono la pacciamatura, le colture di copertura e l'impianto di varietà di colture resistenti alla siccità.

#### 1.1.11 Uso di tecniche di pacciamatura e di colture di copertura

Il [progetto DRIVE LIFE](#) ha indagato soluzioni innovative per la gestione del vigneto, al fine di ridurre gli effetti della siccità sviluppando tecniche di gestione del suolo e della chioma per migliorare la resilienza idrica. Sono state seminate diverse miscele di colture di copertura invernali tra i filari dopo la vendemmia in vigneti dell'Italia nord-occidentale. Le colture di copertura sono state terminate alla fine della primavera con diverse tecniche (fig. 6), che hanno aumentato l'immagazzinamento dell'acqua nel suolo fino al 10%. La pacciamatura del sottofilare ha consentito di risparmiare acqua, con un potenziale idrico fogliare positivo nel corso della stagione. Sono stati migliorati anche alcuni servizi ecosistemici (sequestro del carbonio nel suolo, impollinazione e contrasto dell'erosione del suolo). La composizione della miscela di semi ha influenzato la composizione dell'uva: l'inerbimento a base di cereali ha determinato un tenore zuccherino più alto, mentre le miscele a base di leguminose hanno favorito l'aumento dell'acidità e dell'azoto disponibile. Tuttavia, l'efficacia delle tecniche proposte è fortemente

legata alle tendenze meteorologiche stagionali, che influiscono sulla produzione di biomassa e sull'uso aggiuntivo di acqua.

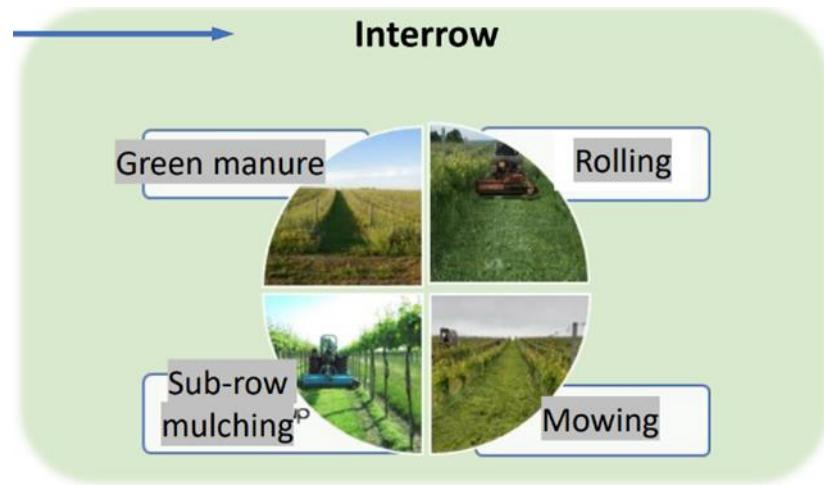


Fig. 6. Colture di copertura terminate alla fine della primavera

Diversi tipi di pacciame esogeno (ad es. trucioli di legno, compost di rifiuti verdi, telo di cellulosa o lignina, paglia, plastica di origine biologica ecc.) possono essere utilizzati in aridocoltura con molteplici vantaggi: ridurre la necessità di erbicidi quando vengono posizionati sotto il filare, mantenere l'umidità del suolo (fino al 20% in un'annata molto secca rispetto al terreno nudo), ridurre l'erosione e fornire materia organica. L'efficienza e la durata del pacciame variano a seconda del materiale utilizzato, ma il suolo coperto è più resiliente di quello nudo (più fresco, più umido, con una maggiore attività microbica).

Il gruppo operativo GO CITRICS ha applicato la paglia di riso del Parco naturale di Albufera a Valencia (Spagna) come pacciame negli agrumeti. Uno dei principali vantaggi osservati è la capacità di questo materiale di trattenere l'umidità nel suolo. Questo è particolarmente importante per gli agrumi, dal momento che il loro accrescimento dimensionale avviene nei mesi in cui c'è maggiore bisogno di acqua. La paglia di riso favorisce il controllo delle infestanti e il mantenimento di una temperatura del suolo più stabile, proteggendo le radici degli agrumi dallo stress termico e preservando i processi biologici che si verificano nei primi centimetri di suolo, come la mobilizzazione dei nutrienti da parte delle comunità di microrganismi. Un altro aspetto fondamentale è rappresentato dal fatto che la decomposizione della paglia di riso arricchisce il suolo di materia organica, migliorandone la struttura e la fertilità. Infine, l'uso della paglia di riso come materiale per la pacciamatura contribuisce alla cattura del carbonio e quindi a ridurre le emissioni di gas serra. Essendo un sottoprodotto agricolo, il suo riutilizzo ne evita la combustione all'aperto, una pratica che genera emissioni inquinanti.

#### 1.1.12 Soluzione disponibile sul mercato: ottimizzare la struttura del suolo aggiungendo del compost

Un esempio di un prodotto di questo tipo, già utilizzabile, individuato grazie al Crowd-Writing Contest di CLIMED-FRUIT, che raccoglie le soluzioni esistenti sul mercato dai fornitori, è Veraleaf®, una formulazione a base di vermicompost, integrata da alghe marine ed estratti

vegetali, che influisce (i) sull'assimilazione dei nutrienti grazie alle sostanze umiche e fulviche e alle associazioni simbiotiche; (ii) sulla crescita grazie ai fitormoni del vermicompost e agli zuccheri complessi, che stimolano la divisione e l'allungamento cellulari; (iii) sull'effetto antistress, dato da polisaccaridi, aminoacidi e composti fenolici che riducono l'impatto degli stress abiotici (idrici, termici ecc.) e consentono alla pianta di conservare il suo rendimento potenziale.

#### 1.1.13 Adattamento del materiale vegetale

Le piante sviluppano vari meccanismi per rispondere alla scarsità d'acqua e alle alte temperature, come gli apparati radicali profondi, un uso efficiente dell'acqua e la tolleranza al calore. L'impatto degli eventi meteorologici estremi sugli ecosistemi e sull'agricoltura può essere mitigato utilizzando delle varietà che si sono adattate meglio, senza sostenere costi aggiuntivi. La sezione che segue fornisce alcuni esempi di varietà interessanti per la loro tolleranza al calore e alla siccità, in viticoltura, olivicoltura e nella coltivazione di frutta a guscio.

In viticoltura, tra i portainnesti maggiormente utilizzati che tollerano la siccità, 110 Richter, 140 Ru, 44-53M e SO4 presentano varie caratteristiche comuni: apparato radicale profondo o ramificato, elevata capacità di estrazione dell'acqua, migliore traslocazione dei nutrienti, influenza sullo sviluppo della chioma o controllo delle perdite per traspirazione. In Francia, il [progetto PHYSIOPATH](#) ha misurato la resistenza all'embolia dei vasi xilematici - un altro parametro utilizzato per valutare la tolleranza alla siccità - di 23 varietà e tre portainnesti. I risultati hanno permesso di classificare le varietà e i portainnesti in base alla loro tolleranza alla siccità.

Generalmente, nell'olivicoltura, le varietà antiche utilizzate negli oliveti tradizionali sono relativamente tolleranti alla siccità. Le nuove varietà o i nuovi cloni, in particolare quelli creati per i sistemi di impianto intensivi degli oliveti moderni ad altissima densità, devono però essere ancora valutati in relazione alla tolleranza alla siccità. Il [progetto O4C](#) ha confrontato alcune varietà di olivo provenienti dalle aree aride o desertiche del bacino orientale e meridionale del Mediterraneo con le migliori varietà internazionali in termini di crescita delle piante e di produzione dei frutti. Tra le altre, le cultivar siriane Barri, Maarri e Abou Satl Mohazama hanno registrato prestazioni simili a quelle delle migliori cultivar internazionali, (come Arbequina), per quanto riguarda l'architettura degli alberi, la precocità e la produzione dei frutti. Ci si è inoltre basati sulle macro-caratteristiche fogliari per valutare la tolleranza alla siccità di 32 cultivar di olive <sup>8</sup> e tra queste Lechin de Sevilla e Picholine Marocaine sono risultate quelle più tolleranti alla siccità.

La siccità è anche uno dei principali fattori che influiscono sulla resa del ciliegio dolce. I portainnesti di ciliegio possono fornire una varietà di livelli di vigore degli alberi che corrispondono alle caratteristiche del terreno. Oltre ai semenzali di *Prunus mahaleb*, è ora disponibile una nuova generazione di portainnesti idonei ai climi secchi e caldi, come [WeiGi®1](#). Un esperimento della durata di sei anni, svolto in Francia, ha dimostrato che WeiGi® nella varietà Regina ha mostrato una buona crescita, con una resa superiore del 50% rispetto alla produzione ottenuta con il portainnesto Gisela 5, senza alcun sintomo clorotico.

I semenzali di mandorlo, tradizionalmente utilizzati come portainnesti nelle regioni aride e semi-aride, hanno avuto prestazioni promettenti nei terreni calcarei in condizioni di precipitazioni

ridotte. Il portainnesto ibrido mandorlo × pesco Monegro viene selezionato principalmente per mandorli in condizioni non irrigue e ha manifestato un'elevata resistenza allo stress idrico, un buon vigore, una facile propagazione clonale e affinità di innesto con l'intera gamma di cultivar di pesco e mandorlo, oltre che con alcune varietà di susino e albicocco<sup>9</sup>. Inoltre, le cultivar Supernova, Texas, Marcona, Shokoufeh e K13-40 su portainnesto GF677 (ibrido pesco × mandorlo) hanno dimostrato una resistenza significativamente più elevata allo stress da siccità rispetto alle stesse cultivar su GN22 (ibrido pesco × mandorlo) e No. 32 (semenzale di mandorlo amaro)<sup>9</sup>.

#### 1.4. Agroforestazione

L'agroforestazione è un sistema agricolo antichissimo in cui si associano diverse colture (perenni e annuali) e, spesso, l'allevamento di bestiame (silvo-pastorizia) all'interno di un sistema strutturato. Era piuttosto comune nel bacino del Mediterraneo e spesso viene denominata policoltura mediterranea. Oggi l'agroforestazione è stata sviluppata nel quadro dell'agricoltura moderna e il risultato è un insieme di pratiche che valorizzano e sfruttano la sinergia tra le diverse specie vegetali e tra le piante e gli animali.

La forma più comune di agroforestazione ancora in uso è quella degli oliveti, dove sono presenti altre colture sotto gli alberi (ortaggi, piccoli cereali) o in cui sotto le piante si allevano degli animali (spesso pecore o pollame), con effetti benefici per entrambi, principalmente legati all'ombreggiamento e allo sviluppo di un microclima migliore.

L'agroforestazione può anche essere applicata alla viticoltura, con conseguenti cambiamenti nel microclima della vite: i) l'ombra delle piante influenza sulla radiazione ricevuta dalla vite; ii) gli alberi modificano anche la circolazione dell'aria, cosa che può far aumentare i flussi turbolenti e determinare una diminuzione dei picchi termici estivi, nonché una riduzione della durata dell'umettazione fogliare; iii) le risorse idriche profonde vengono riciclate in atmosfera, con il conseguente aumento dell'umidità relativa e raffreddamento dell'aria.<sup>10</sup>

## 2. PROTEZIONE DELLE COLTURE DALLE GRANDINATE

Le grandinate possono danneggiare fisicamente le piante, determinando una riduzione delle rese e una minore qualità del prodotto. Su scala globale, gli eventi grandinigeni risultano essere aumentati negli ultimi decenni, anche se sono disponibili delle soluzioni assicurative. L'impatto delle grandinate può essere mitigato dalle reti antigrandine, da tecnologie che modificano la fisica delle nuvole (inseminazione delle nuvole)<sup>11</sup> e da sistemi di allerta precoce.

#### 2.1. Reti di protezione

Le reti antigrandine sono impiegate nei vigneti e nei frutteti per proteggere dalle grandinate le parti vegetative. Le reti possono essere di vari materiali, principalmente polipropilene o amido per le reti biodegradabili, che sono più rare a causa del costo e della minore durata. Si stima che le reti abbiano una durata di circa 10 anni, ma ciò può variare in base alla loro struttura, alla composizione e agli eventi grandinigeni a cui sono esposte.

In viticoltura ed in frutticoltura in genere, il sistema più efficace prevede che la rete venga stesa orizzontalmente sui filari, fornendo così una copertura totale e sfruttando la pergola esistente o, meglio ancora, configurandola al momento dell'impianto. Questo sistema è più indicato per un interfilare ampio (pari o superiore a 3 m), perché si deve poter aprire la rete per scaricare la grandine che si è accumulata tra i filari, se pesa troppo. Questo sistema consente di lavorare in modalità manuale e meccanica nel vigneto, ma richiede un'infrastruttura di installazione pesante, che ha un suo impatto estetico. L'investimento è notevole, circa 20.000-25.000 euro per ettaro (distanza interfilare di 3 metri). In Francia, questo sistema non è autorizzato per i vini con indicazione geografica ed è generalmente riservato all'uva da tavola. Per le viti con una distanza tra i filari inferiore a 3 m sono più indicate le reti monofilare o filare per filare. Le reti antigrandine hanno una maglia (dimensioni delle maglie da 5x5 mm o 7x3 mm, a seconda del modello) che impedisce ai chicchi di grandine di raggiungere il fogliame e i grappoli. Sono realizzate in polipropilene estruso o in polietilene intrecciato, eventualmente rinforzato da fili intrecciati<sup>12</sup>.

## 2.2. Cannoni antigrandine

I cannoni antigrandine creano delle onde d'urto che sciolgono le particelle di ghiaccio nelle nuvole, impedendo fisicamente la formazione e l'accrescimento della grandine (fig. 10). I cannoni antigrandine contemporanei, che sparano verso l'alto forti onde sonore ( $\geq 120$  dB) utilizzando gas butano o acetilene, sono utilizzati attivamente nelle aree agricole di Italia, Francia, Spagna, Austria, Paesi Bassi, Stati Uniti, Australia, Nuova Zelanda e Cina. Dal momento che le onde d'urto non hanno effetto sulla grandine già formata, i cannoni antigrandine devono essere attivati 20 minuti prima della formazione delle nubi grandinogene. Per garantire l'efficacia dei cannoni antigrandine, si raccomanda di utilizzare dispositivi di tracciamento della grandine, come il radar Doppler.

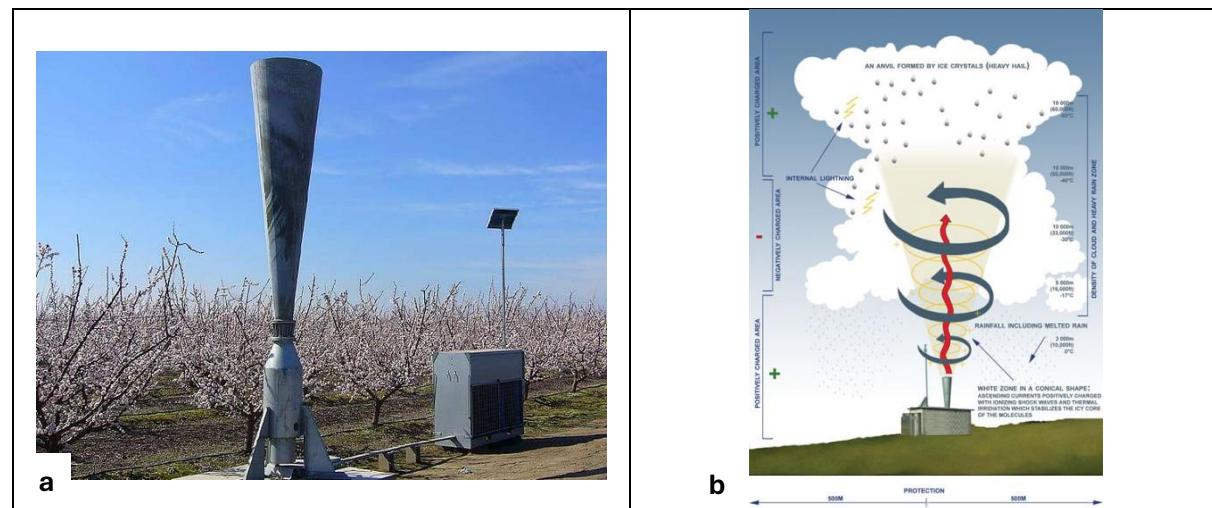


Fig. 7. a) Cannone antigrandine<sup>13</sup> e b) diagramma operativo<sup>14</sup>

## 3. PREVENIRE I DANNI CAUSATI DALLE GELATE PRIMAVERILI

L'innalzamento delle temperature prodotto dal cambiamento climatico globale, in particolare nell'area del Mediterraneo, ha causato delle alterazioni nella fenologia delle piante. Diversi studi

hanno documentato una variazione nei tempi degli eventi fenologici: nel 78% dei casi, la fioritura e la fruttificazione avvengono prima (nel 30% dei casi in modo significativo), con un aumento del rischio di esposizione al gelo per i fiori in via di sviluppo e per i frutti subito dopo l'allegagione, anch'essi particolarmente sensibili alle temperature fredde. Si prevede un aumento di questo rischio, soprattutto ad altitudini superiori a 800 m, a causa della fioritura precoce<sup>15</sup>. Anche le gelate autunnali possono causare danni significativi, soprattutto alle piante che non sono ancora entrate in dormienza. I danni da gelo causano perdite di produzione significative per il settore agricolo. Il sistema di Assicurazione Agricola Combinata ha valutato in 60 milioni di euro le perdite di produzione in Spagna (2018). Per migliorare la resilienza ai rischi di gelate nella regione del Mediterraneo, occorre un approccio globale che combini pratiche agricole, misure di protezione, progressi tecnologici e impegno della comunità.

### 3.1. Metodi disponibili per il controllo delle gelate

Esistono alcune tecniche per prevenire i danni da gelo in diverse colture, come la circolazione dell'aria, le torri antigelo fisse o mobili, gli elicotteri, l'estrazione di aria fredda, i sistemi di riscaldamento, il trasferimento dinamico di aria calda e l'irrigazione con acqua nebulizzata (fig. 8, 9, 10). Queste tecniche aumentano la temperatura intorno alla pianta con un guadagno termico variabile (fino a 4°C) e costi variabili.<sup>16, 17, 18, 19</sup>



Fig. 8. Irrigazione tradizionale per aspersione e nebulizzatori<sup>20</sup>



Fig. 9. Microirrigazione sotto gli alberi e microirrigatori<sup>20</sup>



Fig. 10. Ventole per la protezione dalle gelate primaverili<sup>20</sup>

### 3.2. Soluzione disponibile sul mercato: l'impiego di soluzioni di supporto decisionale per la previsione del rischio

Un esempio di un prodotto di questo tipo, già utilizzabile, individuato grazie al concorso aperto di CLIMED-FRUIT, che raccoglie le soluzioni esistenti sul mercato dai fornitori, è [Vintel®](#), un programma di software completo che include tutte le pratiche di gestione culturale della vite. Esso propone decisioni strategiche e operative basate sulla previsione e sulla gestione del rischio, al fine di ottenere performance viticole sostenibili. Vintel® include la previsione del rischio di gelate, la simulazione della perdita di resa e dell'efficacia delle misure di protezione. Ciò lo rende una soluzione valida per la gestione del vigneto.

### 3.3. Pratiche agricole

Per gestire in modo efficace i rischi di gelate, gli agricoltori possono adottare una serie di pratiche proattive per minimizzare il rischio di danni da gelo e per aumentare la resilienza.

#### 3.3.1. Potatura invernale tardiva: un esempio in viticoltura

In viticoltura, la potatura invernale tardiva - una tecnica a basso costo - è in grado di posticipare il germogliamento e, in alcuni casi, la maturazione dell'uva. Questa tecnica è stata implementata in Italia da [OG VIRECLI](#) ed è una strategia contro le gelate primaverili.

La tecnica viene applicata nella fase della potatura invernale e rappresenta un adattamento della normale potatura invernale che si basa sull'acrotonia dell'uva. Consiste nelle seguenti fasi:

- eseguire un'operazione di prepotatura per ottimizzare l'organizzazione delle fasi di potatura (riducendo il tempo che essa richiede): i tralci devono essere lunghi e tenuti in posizione verticale (fig.11). Questa operazione aiuta a superare la fase delle gelate primaverili ma potrebbe non incidere sempre sul ritardo della maturazione al momento della vendemmia;
- effettuare la potatura per rimuovere l'area fogliare giusta, ovvero non più di due foglie aperte sui tralci apicali, in modo che le gemme situate in posizione basale siano protette in caso di gelate primaverili (fig. 12). È fondamentale rimuovere la superficie fogliare giusta; se l'operazione viene eseguita successivamente, provocherà una perdita a livello di resa (fig. 13).

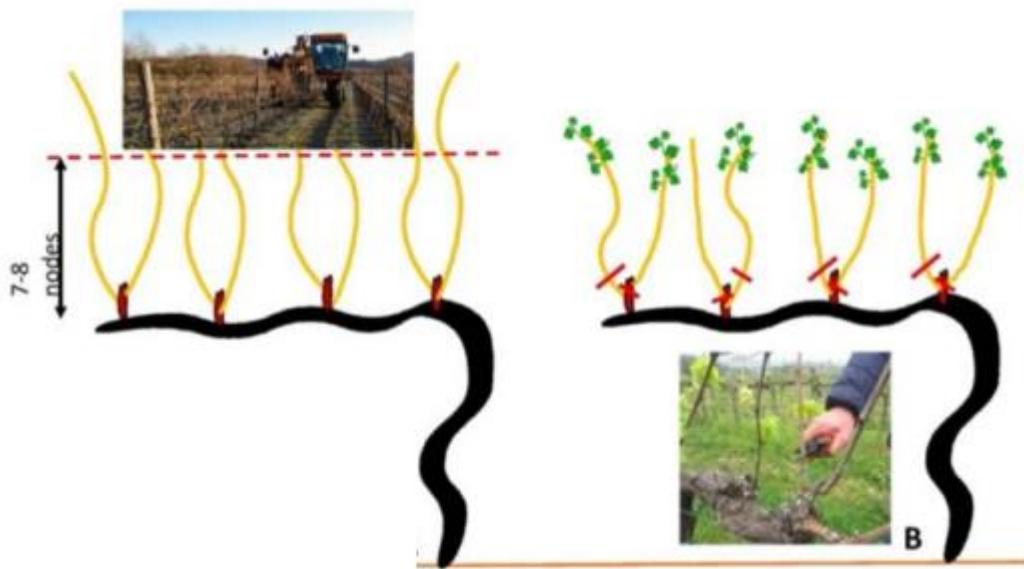


Fig. 11 Potatura invernale tardiva in due fasi - [OG VIRECLI](#)

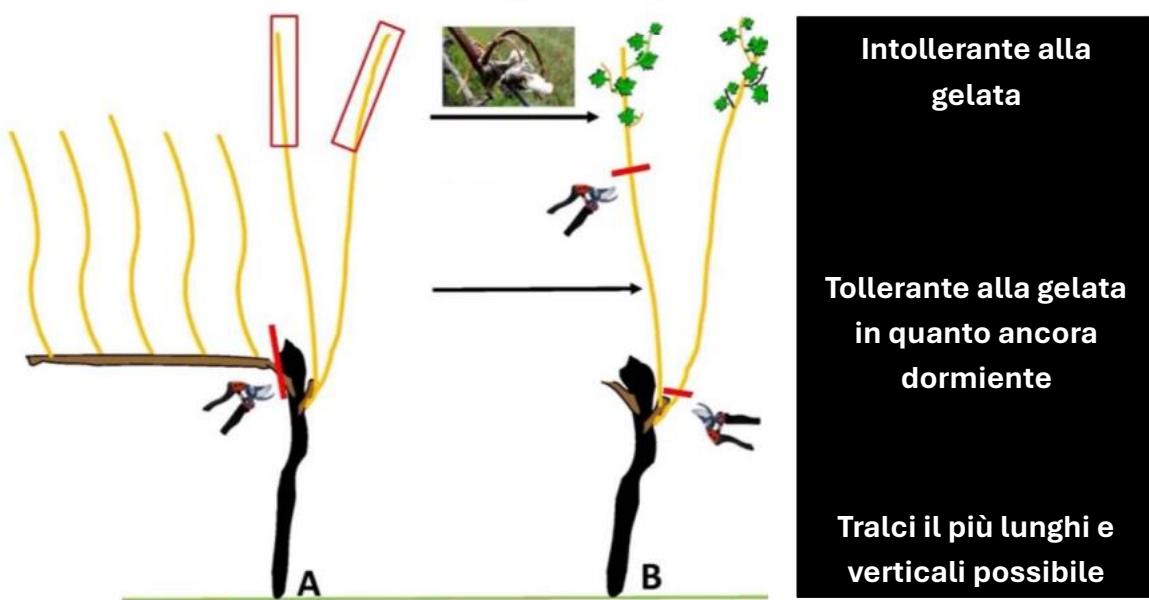


Fig. 12 Tolleranza alle gelate delle gemme in relazione alla loro posizione sui tralci - [OG VIRECLI](#)



Fig. 13 Modo corretto per eseguire la potatura tardiva - [OG VIRECLI](#)

### 3.3.2. Pratiche di gestione del suolo

Il [progetto europeo SICTAG](#) si è concentrato sulla prevenzione dei rischi di gelate, in aumento, nei vigneti francesi attraverso pratiche di gestione del suolo. Si è osservato che il terreno non arato nei vigneti abbassa significativamente l'umidità vicino alle gemme - del 33% rispetto ai vigneti arati (fig. 14, 15). Un'umidità maggiore aumenta i danni causati dal gelo alle gemme: a parità di temperatura, il 20% di umidità in più provoca un aumento del 50% dei danni alle gemme. Si è concluso che, se si prevede una gelata, l'aria attorno alle gemme deve essere mantenuta il più possibile asciutta, evitando le pratiche di lavorazione del terreno o di sfalcio da cinque a sei giorni prima della gelata. Il volume del suolo smosso influenza anche il numero di giorni necessari per raggiungere la stessa umidità intorno alle gemme dei terreni non lavorati.



Fig. 14. Sensori che monitorano umidità e temperatura vicino alle gemme in tre diversi trattamenti di gestione del suolo - [progetto europeo SICTAG](#)

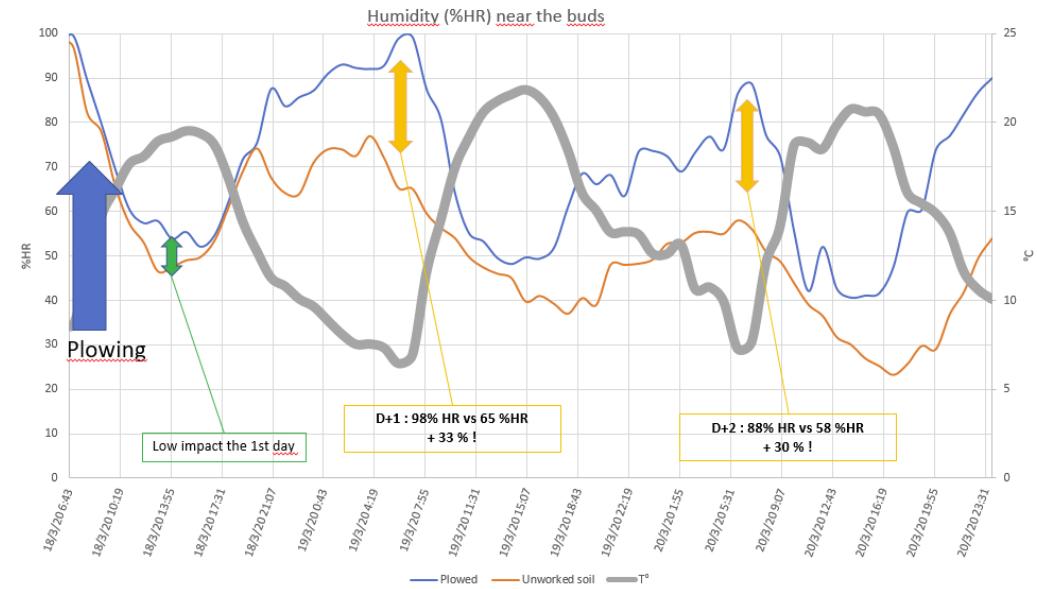


Fig. 15. Effetto della gestione del suolo sulla variazione dell'umidità vicino alle gemme - [progetto europeo SICTAG](#)

### 3.3.3. Mappa agroclimatica per piantare anticipatamente gli avocado in Spagna

L'avocado è una nuova coltura in Europa e molti agricoltori lo scelgono per la sua migliore redditività economica e a causa delle nuove condizioni climatiche. Gli alberi di avocado sono però considerati sensibili al gelo e gli agricoltori non conoscono le tecniche agronomiche appropriate

per adattarle alle condizioni specifiche. È necessario stabilire se le condizioni sono adatte prima di scegliere questa coltura. Il [GO GO AVOCADO](#) ha quindi elaborato una [mappa agroclimatica](#) regionale per individuare gli appezzamenti che presentano condizioni ottimali (fig. 16). Queste condizioni sono state definite da Calatrava (1993) e utilizzate nel GO GO AVOCADO per indicare le [zone raccomandate per la coltivazione dell'avocado](#):

- Zona ottimale: temperature minime inferiori a 0°C una volta ogni 10 anni e mai inferiori a -2°C
- Zona idonea: temperature minime assolute inferiori a -2°C, ma mai inferiori a -4°C
- Zona potenziale: temperature minime assolute inferiori a -4°C una volta ogni 10 anni
- Zona non idonea: tutte le altre

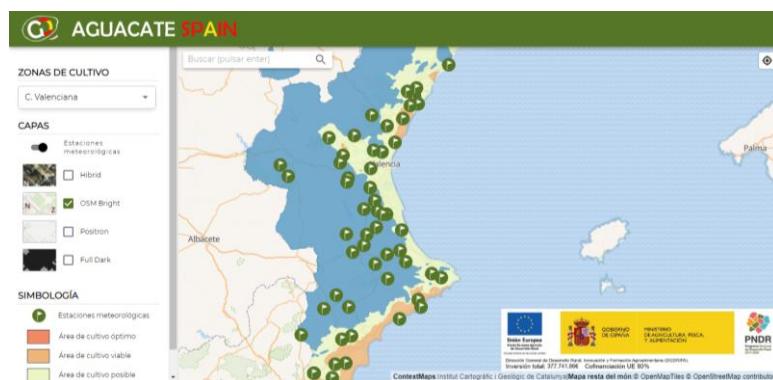


Fig. 16. Mappa agroclimatica - [GO GO AVOCADO](#)

### 3.4 Scelta della varietà/del portainnesto

In natura, varie specie vegetali, tra cui la vite, presentano livelli diversi di sensibilità alle condizioni climatiche. Alcune varietà mostrano una sensibilità minore alle gelate durante la fase iniziale dello sviluppo. La scelta di una varietà più tardiva (le cui gemme spuntano o fioriscono più tardi) rappresenta una strategia potenziale di mitigazione dell'impatto delle gelate. Si raccomanda quindi di considerare la fenologia delle varietà come un parametro per i futuri impianti. Per esempio, nella coltivazione del mandorlo, si possono scegliere cultivar tardive come Antoñeta tardiva, Marta, Penta extra tardiva, Makako e Tardona (CEBAS-CSIC), Guara tardiva, Felisia, Belona, Soleta e Vialfas extra tardiva, Mardía (CITA di Aragona). È però fondamentale fare attenzione quando si coltivano varietà a fioritura extra tardiva e ultra tardiva, con elevati requisiti di freddo, in regioni dal clima molto caldo, perché potrebbe non essere possibile raggiungere le temperature minime necessarie per interrompere la dormienza.

## 4. PREVENIRE L'EROSIONE DEL SUOLO

Negli ultimi anni, l'erosione del suolo è aumentata sensibilmente nella regione del Mediterraneo, a causa delle precipitazioni irregolari e della siccità, di pratiche agricole non sostenibili, della deforestazione e dell'urbanizzazione. La topografia ripida della regione intensifica ulteriormente l'erosione, determinando una perdita e un degrado significativi del suolo. Questo processo ha delle conseguenze significative per l'agricoltura, in particolare per le colture perenni, che sono

fondamentali per l'economia del Mediterraneo. L'erosione ha un impatto negativo sulla qualità del suolo, perché riduce la ritenzione idrica e danneggia la struttura del suolo. Questo influisce pesantemente sulla resa delle colture e sulla sostenibilità a lungo termine. Per affrontare questa sfida, si intraprendono diverse misure di adattamento, tra cui la gestione sostenibile del territorio, la copertura vegetale, la lavorazione conservativa del terreno e tecniche di irrigazione migliorate. Queste strategie puntano a ridurre la perdita di suolo, a ripristinarne la salute e a migliorare la resilienza dei sistemi agricoli mediterranei.

#### 4.1 Implementazione della copertura vegetale

La copertura vegetale e la copertura erbosa nelle colture perenni rappresentano uno strumento a pieno titolo nella lotta all'erosione. Le prove condotte nei vigneti spagnoli nell'ambito del [PROGETTO VITISAD](#) hanno dimostrato che la copertura erbosa ha ridotto l'erosione del 64% rispetto al terreno arato.

Il [GO GASCOGN'INNOV](#) aveva come scopo quello di acquisire conoscenze tecniche sull'impatto delle pratiche viticole sulla biologia del suolo in Francia. In questo contesto è stato studiato l'impiego del sovescio. Il sovescio è una coltura di copertura con un alto tasso di specie leguminose che producono biomassa che viene restituita al suolo per migliorarne la fertilità e la struttura. Questa coltura di copertura presenta numerosi vantaggi, oltre alla riduzione dell'erosione. Nel contesto del Mediterraneo, seminare il più presto possibile (alla fine di agosto-inizio di settembre) assicura che le piante siano ben sviluppate durante le forti piogge autunnali, in modo da ridurre l'erosione ed evitare che le foglie della vite volino via (una fonte aggiuntiva di nutrimento per il suolo).

Inoltre, il [GO CARBOCERT](#) ha applicato una copertura permanente con colture spontanee nei tra le file, sui filari e nelle aree in pendenza di mandorleti in Spagna, soprattutto per migliorare il sequestro di carbonio nel suolo. Questa pratica ha contribuito in modo significativo a controllare l'erosione del suolo e il dilavamento. La vegetazione influenza l'erosione soprattutto intercettando le precipitazioni piovose e proteggendo la superficie del suolo dall'impatto delle gocce di pioggia.

#### 4.2 Lavorazione conservativa del terreno

Un trattamento minimo del suolo con strumenti di gestione idonei riduce al minimo l'erosione e il compattamento del suolo. Il suolo non deve essere lavorato ad una profondità superiore ai 15 - 20 cm, utilizzando strumenti adatti, come un coltivatore o un erpice a dischi. La gestione del suolo deve essere minima e non deve modificare gli strati del suolo (come avviene con l'aratura), per ridurre al minimo l'impronta ambientale e adattarsi alle caratteristiche di ciascun tipo di suolo e alla configurazione dell'apezzamento. Il trattamento minimo del suolo si traduce in una erosione minima dello stesso, soprattutto nei terreni in pendenza, evitando la perdita di prezioso suolo superficiale.

### 5. AFFRONTARE I NUOVI PARASSITI

Negli ultimi anni, la regione del Mediterraneo ha visto un aumento significativo della diffusione di nuovi parassiti e malattie, che costituiscono una grave minaccia per le sue principali colture

perenni. Tale aumento è dovuto in larga misura al cambiamento climatico, alla globalizzazione degli spostamenti e alle mutate pratiche agricole, che hanno creato condizioni favorevoli all'introduzione e alla diffusione di specie invasive e di patogeni. Queste nuove minacce compromettono la stabilità economica dei produttori agricoli e incidono sui mercati globali. Per affrontare questa crisi, che peggiora, è necessaria una maggiore sorveglianza, la ricerca di varietà di colture resistenti e lo sviluppo di strategie di gestione integrata di parassiti e malattie in tutta la regione del Mediterraneo.

È importante distinguere tra minacce emergenti per le colture perenni che causano danni diretti e indiretti: i “danni diretti” si riferiscono tipicamente ai danni causati dall’azione fisica di un insetto (trofica o ovodeposizione), mentre i “danni indiretti” si riferiscono, ad esempio, alla trasmissione di patogeni per mezzo di insetti, note come malattie trasmesse da vettori.<sup>21</sup>

## 5.1. Danni diretti

### 5.1.1. *Popillia japonica*

Il coleottero giapponese, *Popillia japonica* (Newman), è un parassita invasivo introdotto nel Nord America orientale dal Giappone nel 1916. Questo insetto è in grado di causare danni significativi alle piante ornamentali, agli orti, ai vivai, ai frutteti e alle colture. La *Popillia japonica* è stata rilevata per la prima volta in Europa nel 2014, nel nord Italia (Piemonte e Lombardia). Il coleottero colonizza le parti aeree delle piante e divora il tessuto tra le venature delle foglie, lasciando solo lo scheletro della foglia, traforata come un pizzo (fig. 17). Allo stadio larvale, infesta soprattutto le radici di graminacee.

Esistono misure fitosanitarie per ridurre la probabilità di introdurre la *Popillia japonica*, come il rilevamento precoce con trappole, la delimitazione delle zone a rischio (prati, campi da calcio ecc.) e, in caso di infestazione, l’uso di dispositivi attract-and-kill mentre i pesticidi possono essere utilizzati in combinazione con pratiche culturali (riduzione dell’irrigazione durante il periodo di deposizione delle uova o aratura del terreno in autunno). Si sta valutando la possibilità di importare parassitoidi e altri agenti di controllo biologici dall’area di origine di *P. japonica*.<sup>22, 23</sup>



Fig. 17. Danni causati da adulti di *Popillia japonica* nei vigneti <sup>22</sup>

### 5.1.2. Cicalina della vite

La cicalina della vite (*Empoasca vitis* Goethe) è un parassita comune in viticoltura, a livello mondiale. Provoca danni pesanti nei vigneti del Mediterraneo, soprattutto a causa del cambiamento climatico (fig. 18). [I progetti di cooperazione della Generalitat Valenciana](#) hanno implementato una strategia di difesa fitosanitaria integrata (IPM) con tre azioni: i) identificazione delle specie di parassiti, ii) valutazione dell'effetto della cicalina della vite nella regione di Valencia, in Spagna, e iii) disamina delle diverse strategie di difesa fitosanitaria. Nell'ambito del progetto sono stati monitorati 10 vigneti della regione di Valencia, utilizzando trappole adesive gialle e l'aspirazione degli insetti e si è proceduto all'estrazione del DNA per identificare le specie di cicaline. Prima della vendemmia, sono stati valutati i danni fogliari analizzando le immagini. I risultati confermano la presenza del parassita soprattutto da luglio a settembre. *Jacobiasca lybica*, *Empoasca vitis* e *Asymmetrasca decedens* sono le principali cicaline identificate. Sebbene i trattamenti con l'insetticidi a base di Acetamiprid siano utili per controllare il parassita, possono generare resistenza che, a sua volta, possono ridurre l'efficacia dei trattamenti, come si è verificato in un vigneto di Novelda. Il caolino al 3% si è dimostrato un metodo efficace per

controllare il parassita (fig. 19), riducendo di oltre il 30% i danni causati dal parassita, e potrebbe rappresentare un'alternativa interessante ai trattamenti chimici, senza conseguenze per gli insetti utili e senza il rischio di generare resistenza.



Fig. 18. Danni causati dalla cicalina nella varietà Forcallà [24](#)



Fig. 19. Trattamenti con il caolino [24](#)

## 5.2. Danni indiretti

### 5.2.1. *Xylella fastidiosa* (Wells)

La *Xylella fastidiosa* (XF) si è diffusa nell'area del Mediterraneo negli ultimi anni. La XF è un batterio xilematico che infetta oltre 600 specie di piante e si diffondono nelle comunità vegetali attraverso insetti vettori emitteri che si nutrono dello xilema. La XF provoca malattie devastanti che hanno un impatto economico elevato in alcune specie di piante come la vite, il pesco e gli agrumi, che

soffrono, rispettivamente, della cosiddetta malattia di Pierce, del mal del pennacchio del pesco e della clorosi variegata degli agrumi. Dall'ottobre 2013, la XF ha infestato gli oliveti (*Olea europaea* L.) nel Salento (Puglia, Italia), causando una grave deperimento di branche e rametti a causa della sindrome di disseccamento rapido dell'olivo (OQDS, Olive Quick Decline Syndrome), che sta distruggendo milioni di olivi.

Nel vigneto, l'accumulo del batterio della XF gradualmente ostruisce la vite, limitando la circolazione della linfa. Questo causa un ingiallimento o un arrossamento parziale e l'essiccazione delle foglie. Ci sono difetti di lignificazione del tralcio, con l'abscissione della lamina fogliare, e il picciolo (stelo della foglia) rimane attaccato al tralcio. La vite non viene più nutrita. Si secca e generalmente muore dopo uno o due anni.<sup>25</sup>

Negli agrumi, la XF causa la necrosi delle foglie; lo sviluppo della pianta è limitato (deperimento) ma la pianta non muore, anche se si riducono il peso e il numero dei frutti.<sup>26</sup>

Negli oliveti, il batterio della XF è responsabile di una grave malattia, l'OQDS, caratterizzata dalla bruscatura delle foglie e da un disseccamento diffuso di branche e rametti. Questi sintomi di solito partono dalla cima della chioma dell'olivo e si espandono al resto del fogliame, causando infine la morte degli alberi (fig. 20).<sup>27</sup>

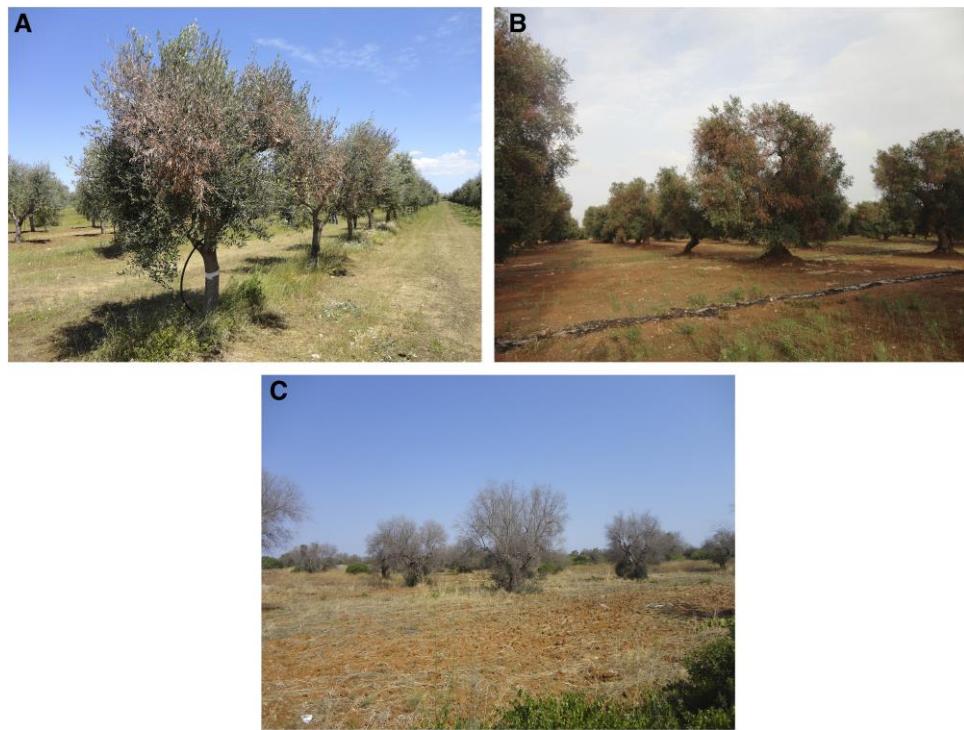


Fig. 20. **A)** Olivi giovani e **B)** centenari con chiome che mostrano un evidente disseccamento dei rami indotto dalla XF. **C)** Oliveto in fase avanzata di malattia con alberi interi morti.<sup>28</sup>

Il batterio della XF è un organismo prioritario da quarantena all'interno dell'Unione Europea. Sfortunatamente, al momento non esistono misure curative per combattere il batterio. La gravità di questa situazione è sottolineata dal regolamento europeo (UE) 2020/1201, che raccomanda l'estirpazione e la distruzione delle piante contaminate come azione preventiva primaria.<sup>29</sup>

Gli agricoltori devono adottare strategie di vigilanza e di gestione aggressiva: i) piantare piante certificate, libere dalla malattia; ii) disinfeccare gli strumenti di potatura con una soluzione di candeggina; iii) rimuovere e scartare le piante infette.

Maggiori informazioni sulle minacce emergenti in Europa: [progetto POnTE](#), [progetto XF Actor](#) e [focus group EIP-AGRI sulle malattie e i parassiti in viticoltura](#)

## **SOTTOARGOMENTO 3**

### **PRATICHE INNOVATIVE PER LA GESTIONE DELLO STRESS IDRICO E L'ARIDOCOLTURA**



## SOTTOARGOMENTO 3

### Pratiche innovative per la gestione dello stress idrico e l'aridocoltura

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.

#### 1. TECNICHE AVANZATE DI IRRIGAZIONE

##### 1.1. 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 una superficie ampia 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.

###### 1.1.1. Irrigazione a goccia

L'irrigazione a goccia è 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<sup>1</sup>. 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)

### 1.1.2. 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 culturale 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.

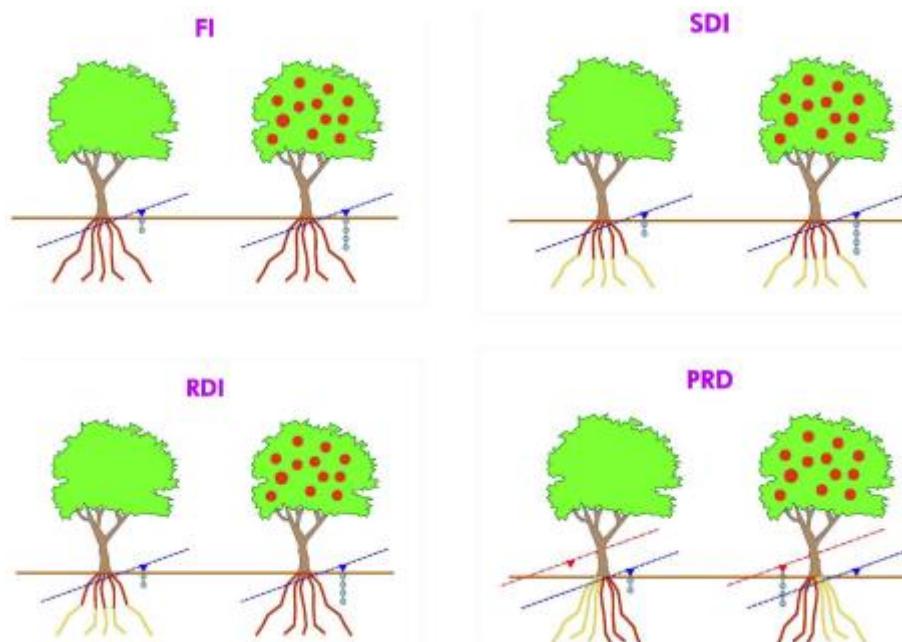


Fig. 2. Pattern grafico delle strategie irrigue negli alberi da frutto: irrigazione piena (FI), irrigazione deficitaria sostenuta (SDI), irrigazione deficitaria regolata (RDI) e partial root drying (PRD)<sup>2</sup>

#### ❖ ID in un pistacchieto

Nonostante una buona performance della coltura del pistacchio in condizioni di carenza idrica, c'è una chiara tendenza a irrigare per i benefici che si ottengono in termini di qualità dei frutti e produttività della coltura. La risposta all'irrigazione deficitaria regolata (RDI) è stata studiata in un pistacchieto (varietà Kerman) di Ciudad Real (Spagna), concludendo che l'applicazione di RDI al 15% dell'evapotraspirazione colturale (ETc), durante la fase di aumento del peso del seme (fase III - fase finale della crescita del frutto), determina frutti di dimensioni maggiori rispetto a quelli per i quali la stessa quantità di acqua di irrigazione viene distribuita in fasi precedenti<sup>3</sup>. Inoltre, l'RDI al 50% dell'ETc nelle fasi I (crescita rapida del seme) e II (indurimento del seme) ha prodotto

una resa totale e una percentuale di semi divisi simile a quella delle piante con irrigazione piena, oltre a consentire un risparmio idrico del 20%<sup>4</sup>. Questi esempi illustrano come l'irrigazione deficitaria sia una strategia possibile per ridurre il consumo di acqua senza un impatto significativo sulla resa.

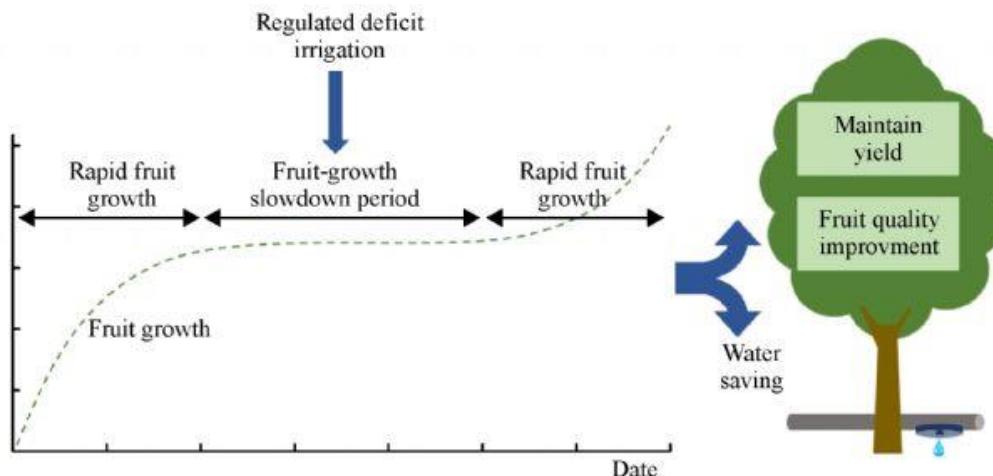
#### ❖ *ID nei ciliegeti*

La risposta agronomica della ciliegia dolce 'Prime Giant' con strategie di ID in un clima mediterraneo semi-arido è stata studiata in un frutteto commerciale nel sud-est della Spagna (Jumilla, Spagna). Il trattamento RDI, con irrigazione al 100% dell'ETc durante la pre-raccolta e la differenziazione floreale e al 55% dell'ETc nella fase post-raccolta, ha ridotto la crescita vegetativa nell'arco di quattro anni, senza penalizzare la resa totale o la qualità dei frutti, in particolare la loro dimensione. Questo trattamento ha consentito un risparmio idrico del 39% rispetto al trattamento di controllo senza restrizioni<sup>5</sup>. Inoltre, l' RDI ha determinato un'incidenza significativamente più bassa di spacco dei frutti e un indice di spacco più basso, che potrebbe prolungare la shelf life.

Lo stesso risultato è stato rilevato con l'applicazione post-raccolta di un'irrigazione deficitaria parziale (PDI) del 30% e del 50% per tre anni per la ciliegia 'Sweetheart' nella Valle di Okanagan (Columbia Britannica meridionale, Canada). La riduzione dell'acqua non ha avuto effetti di lunga durata sullo stato idrico delle piante, sui tassi della fotosintesi o sulla crescita delle piante<sup>5</sup>. La PDI non ha avuto alcun impatto sulla resa e sulla qualità dei frutti al momento della raccolta e nemmeno post stoccaggio o sulle condizioni di shelf-life<sup>6</sup>. Questi risultati suggeriscono che i trattamenti RDI e PDI nei ciliegeti sono in grado di ridurre significativamente l'uso di acqua irrigua senza compromettere la produzione o la qualità dei frutti.

#### ❖ *ID in un mandorleto*

Inoltre, in Marocco sono stati valutati gli effetti dell'irrigazione deficitaria regolata (RDI) in termini di riduzione degli effetti avversi dello stress idrico sulla performance della varietà 'Tuono'. I trattamenti irrigui prevedevano RDI al 75% dell'ETc e al 50% dell'ETc, applicati durante i periodi di rallentamento della crescita dei frutti, corrispondenti alle fasi II (indurimento del nocciolo) e III (fase finale della crescita dei frutti) nelle mandorle (fig.3). È stato registrato un risparmio idrico fino al 50% durante il periodo di rallentamento della crescita dei frutti, con miglioramenti qualitativi senza diminuzioni della resa totale<sup>7</sup>. Le mandorle prodotte in condizioni di irrigazione deficitaria sono dette '[idroSOStenibili](#)', a indicare che si tratta di prodotti rispettosi dell'ambiente e a risparmio idrico, con una qualità nutrizionale, funzionale e sensoriale superiore. Questo concetto è stato sviluppato in Spagna ed è registrato presso l'Ufficio Brevetti e Marchi spagnolo dal 2017<sup>8</sup>. Una ricerca, condotta su come queste informazioni abbiano influenzato il gusto e le preferenze dei consumatori spagnoli e polacchi per la tostatura delle mandorle etichettate come 'idroSOStenibili' e 'convenzionali', con domande sul grado di soddisfazione e sulla disponibilità a pagare, ha rivelato che il 77% dei consumatori era disposto a pagare un prezzo più alto per le mandorle etichettate come 'idroSOStenibili'<sup>18</sup>.

Fig. 3. Sintesi grafica dell'applicazione dell' RDI [7](#)

❖ *ID in un uliveto*

L'ID è stata applicata per tre anni anche in un giovane uliveto ad altissima densità (cultivar Arbequina) nel nord-est della Spagna<sup>9</sup>. La strategia di RDI (50% dell'Etc) applicata durante la crescita vegetativa estiva ha prodotto risultati promettenti, basati su un tasso di risparmio idrico del 19%, senza influire sul peso delle olive al momento della raccolta o sulla resa in olio. Inoltre, in un uliveto 'Koroneiki' di 17 anni, a bassa densità, a Cipro, l'applicazione di RDI al 70% dell'ETc durante le fasi di crescita sensibili allo stress idrico (crescita dei germogli, fioritura e allegagione) e al 35% dell'ETc durante le fasi di crescita tolleranti allo stress idrico (indurimento del nocciolo, accumulo di olio), ha portato a un risparmio idrico per l'irrigazione del 32%, senza influire sulla resa o sulla qualità delle olive o dell'olio<sup>10</sup>.

#### 1.1.3. Subirrigazione a goccia

Il Gruppo Operativo francese (GO) [OFIVO](#) ha esaminato l'effetto dell'irrigazione aerea a goccia e della subirrigazione a goccia in un vigneto, utilizzando sonde capacitive nel terreno (bulbi umidi, fig. 4). L'applicazione della subirrigazione (40 cm di profondità) al centro dell'interfilare ha generato maggiori volumi dei bulbi umidi (con percolazione verticale e laterale dell'acqua) rispetto al sistema di irrigazione aerea a goccia (fig. 5). Nella subirrigazione, l'acqua raggiunge la superficie del terreno per capillarità, senza modificare lo stato idrico delle viti o le rese rispetto all'irrigazione aerea.



Fig. 4. Uso della sonda capacitiva per studiare il comportamento dell'acqua nel suolo - [GO OFIVO](#)

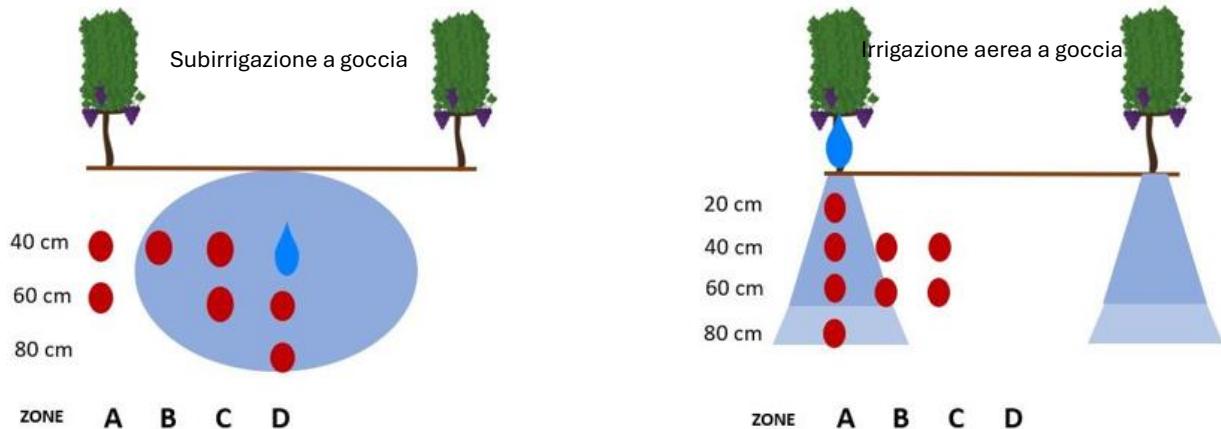


Figura 5: Posizionamento della sonda capacitiva nei trattamenti di subirrigazione e di irrigazione aerea [11](#)

La subirrigazione con gocciolatori facilita il diserbo meccanico/controllo delle infestanti e migliora l'espansione radicale tra i filari. Il principale vantaggio di questo sistema di irrigazione nell'area del Mediterraneo è l'efficienza nell'uso dell'acqua, che facilita l'insediamento della copertura vegetale e il mantenimento della viticoltura nelle aree secche. Tuttavia, questo sistema è più costoso da installare rispetto a un sistema di irrigazione aerea a goccia (+20%) e non è adatto ai terreni sassosi. È stata inoltre applicata la strategia di fertirrigazione completa, che ha presentato il miglior rapporto tra resa e maturazione. Ha ridotto significativamente gli apporti (30% in meno di fertilizzanti). Bisogna anche considerare la fine del ciclo di vita del sistema ed evitare la contaminazione del suolo con residui di plastica.

## 1.2. Sistemi di irrigazione intelligenti

### 1.2.1. Vigneto

Nel Nord Italia, il [GO VIRECLI](#) ha applicato un sistema di irrigazione di precisione per mantenere gli standard di produzione e di qualità delle uve utilizzate per produrre vino spumante, anche nelle annate più difficili. Ottimizzando l'uso dell'acqua, è stata ottenuta una produzione maggiore con caratteristiche qualitative superiori rispetto alla gestione in azienda e ai sistemi non irrigui,

nonostante la grave siccità. I risultati sono stati particolarmente significativi negli appezzamenti di vigneto con un fabbisogno idrico più elevato.

Una corretta progettazione del sistema di irrigazione presuppone un'analisi approfondita delle caratteristiche del suolo e della loro variabilità nel vigneto. Questo può essere fatto utilizzando tecnologie all'avanguardia, come quelle basate sull'acquisizione della resistività elettrica e fortemente correlate con i principali parametri fisico-chimici del suolo. Le indicazioni così ottenute consentono di suddividere il vigneto in zone omogenee, all'interno delle quali le proprietà idrologiche sono uniformi. Ogni zona omogenea viene infine caratterizzata sulla base dei dati del suolo ottenuti dall'analisi condotta, che si traduce in una mappa di vigoria (fig. 6). In base alle informazioni raccolte, la portata dei gocciolatori varia nel vigneto per soddisfare le esigenze idriche delle zone di gestione omogenee definite (fig. 7). È necessario utilizzare un sistema di supporto decisionale (DSS) per gestire l'irrigazione (cioè un DSS che consideri il contenuto idrico del suolo e le esigenze della pianta, nonché le previsioni meteorologiche) per individuare il momento migliore per irrigare; i sistemi testati sono stati Irriframe ANBI, basato su un bilancio idrico classico, e Manna di Rivulis, integrato con dati satellitari. Entrambi i sistemi sono stati adeguatamente calibrati con misurazioni sul posto dello stato idrico effettivo della pianta.

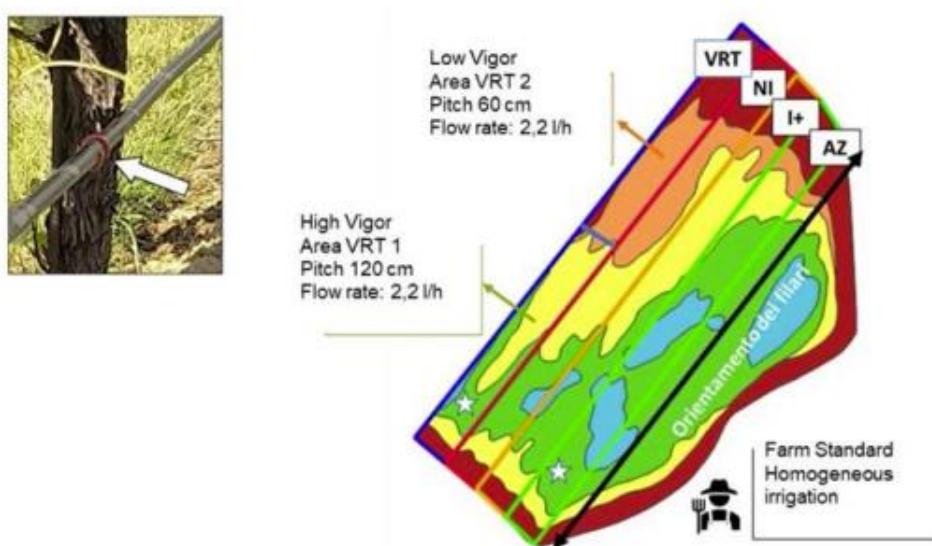


Fig. 6. Esempio di distribuzione di diverse tesi di irrigazione e caratteristiche di un sistema di irrigazione a rateo variabile - [GO VIRECLI](#)



Fig. 7. Clip Hydro applicate ai gocciolatori per chiuderli e modulare la portata, ottenendo un sistema di gocciolamento a rateo variabile - [GO VIRECLI](#)

### 1.2.2. Vigneto di uva da tavola

Il consumo idrico di un vigneto di uva da tavola di 2 ettari in Puglia (Italia meridionale) può variare da 2.000 a 6.000 L a stagione, a seconda della tecnica di irrigazione applicata e delle esigenze specifiche della varietà, il che sottolinea l'importanza di un uso efficiente delle risorse. Il [GO OLTREBIO](#) ha implementato sensori interconnessi a livello del suolo e delle colture in un'azienda agricola (fig. 8), che comunicavano con il sistema di supporto decisionale (DSS) per la gestione dell'acqua nei vigneti di uva da tavola biologica, al fine di ottimizzare le risorse. L'uso dell'acqua viene registrato e gestito su base stagionale con l'aiuto di sensori IoT a vari livelli (suolo e coltura), utilizzando i dati meteorologici ottenuti sul posto (fig. 9.). I dati vengono raccolti nel software Blueleaf®. Il sistema DSS, una componente chiave, è specifico per il vigneto di uva da tavola e riveste un ruolo cruciale nella gestione dell'uso idrico durante i periodi critici di scarsità dell'acqua. Il vantaggio per chi utilizza il DSS è l'uso efficiente delle risorse idriche, con un risparmio di acqua dal 30% al 40% circa, a seconda dell'andamento stagionale e del tempo di lavoro dell'agricoltore, senza compromettere la produzione della coltura o la qualità dei frutti.

Fig.8. Sensori a livello del suolo e della coltura - [GO OLTREBIO](#)Fig. 9. Metodo di comunicazione tra hardware e software - [GO OLTREBIO](#)

### 1.2.3. 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, il [GO AVOCADO](#) ha guidato lo sviluppo di nuove pratiche di coltivazione, come l'utilizzo di sonde capacitive (fig. 10) in combinazione con droni e [mappe agroclimatiche](#) (fig. 11). Prima dell'impianto, è necessario consultare la mappa agroclimatica per stabilire se l'apezzamento presenta le condizioni ottimali. È essenziale anche un sistema di irrigazione adeguato all'efficienza idrica, indipendentemente dalla posizione dell'apezzamento. 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. 10 Sonda capacitiva in una piantagione di agrumi simile a quelle utilizzate in [GO GO AVOCADO](#)

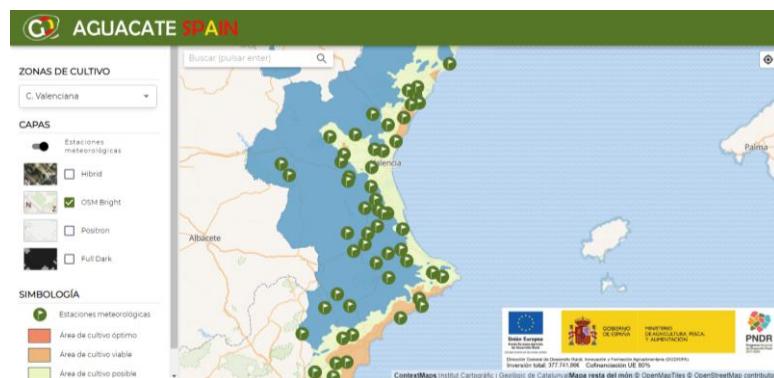


Fig. 11 Fig. 4. Mappa agroclimatica – [GO GO AVOCADO](#)

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. 12 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.

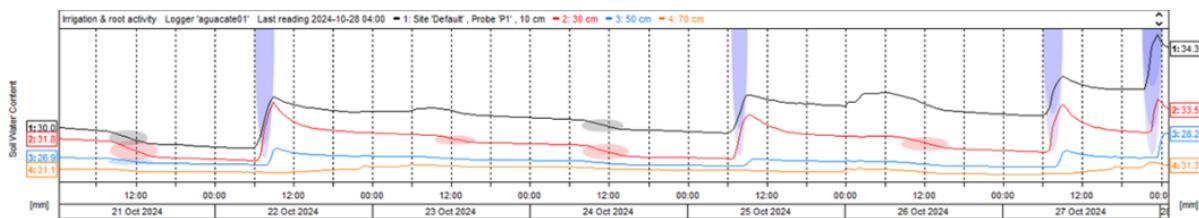


Fig. 12 Grafico dei dati della sonda capacitiva sull'evoluzione del contenuto idrico del suolo a diverse profondità e dopo le irrigazioni - [GO GO AVOCADO](#)

Per stabilire l'esatto volume d'acqua di cui necessita la coltura di avocado, il [GO GO AVOCADO](#) 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 m<sup>3</sup>/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.

#### 1.2.4. Agrumeto

Il [GO GO CITRICS](#) 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 capacitive 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. 13a). Inoltre, i dati ottenuti dai sorvoli dei droni dotati di una telecamera iperspettrale (fig. 13b) e dalle immagini satellitari consentono di individuare i problemi dei sistemi di irrigazione, evidenziando le aree caratterizzate da un'irrigazione eccessiva o insufficiente (fig. 13c). 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 culturali 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.

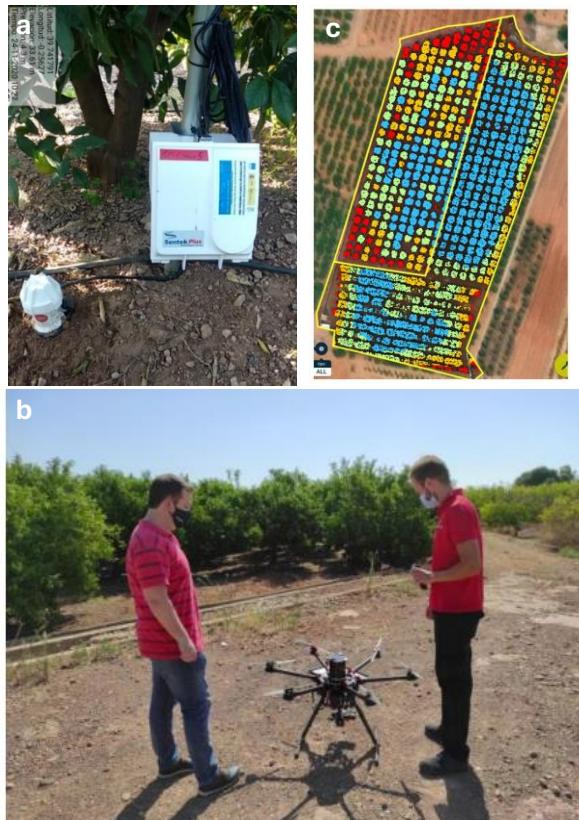


Fig.13 a) Sensore capacitivo; b) piattaforma digitale con i risultati idrologici; c) drone dotato di telecamere termografiche - [GO GO CITRICS](#)

### 1.2.5. Mandorlo

Un altro esempio di DSS è il rilevamento diretto sulle piante, uno strumento innovativo di pianificazione dell'irrigazione per stabilire lo stress idrico nei mandorli. Questa tecnologia è una combinazione di sensori per le piante e di algoritmi per lo stress delle piante. Il tronco di un mandorlo si restringe durante il giorno in risposta alla diminuzione dei livelli d'acqua. Maggiore è lo stress, maggiore sarà la contrazione prima di reintegrarsi di nuovo durante la notte. Il software sviluppato sfrutta questo meccanismo di contrazione ed espansione per quantificare lo stress idrico<sup>11</sup>. Il dendrometro rileva automaticamente ogni giorno lo stato della pianta (fig. 14), che viene comunicato direttamente al cellulare o al computer dell'agricoltore. Il software trasforma automaticamente le letture in segnalazioni di stress e raccomandazioni di irrigazione per un uso ottimale dell'acqua.



Fig. 14 [Dendometro](#)

#### 1.2.6. Uliveto

Per tre anni è stato applicato un sistema di irrigazione di precisione basato sulla crescita giornaliera del tronco usando un dendometro, 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<sup>9</sup>. In base ai dati forniti dal dendometro, l'irrigazione in luglio e agosto (arresto della crescita vegetativa estiva) è intervenuta dopo due giorni consecutivi di diminuzione del diametro del tronco. Il dendometro 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.

## 2. ARIDOCOLTURA

Questo tipo di agricoltura si basa sull'umidità naturale trattenuta nel terreno e su tecniche agricole specifiche, per garantire che le colture ricevano abbastanza acqua per crescere. L'aridocoltura 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.

#### 2.1. Gli idrogel per migliorare la ritenzione di acqua nel suolo

I vigneti sulle colline dell'Emilia-Romagna (Italia settentrionale) sono sempre più vulnerabili agli effetti del cambiamento climatico. Le temperature in aumento, le precipitazioni piovose erratiche e i periodi prolungati di siccità mettono notevolmente sotto pressione le pratiche viticole tradizionali. In risposta a queste sfide, il progetto [IN+VITE](#) ha studiato l'uso degli idrogel, noti anche come polimeri super assorbenti, per migliorare la ritenzione idrica nel terreno e ottimizzare l'uso dell'acqua nei vigneti che non vengono irrigati. Questi materiali possono assorbire e trattenere grandi quantità di acqua, rilasciandola poi gradualmente nel tempo. Gli idrogel sono costituiti da una rete di catene polimeriche con gruppi idrofili che permettono loro di assorbire acqua fino a diverse centinaia di volte il loro peso. Grazie ai recenti progressi nella produzione di varianti biodegradabili e alla riduzione dei costi di produzione, c'è un rinnovato interesse per gli

idrogel, soprattutto perché il cambiamento climatico accentua la scarsità d'acqua. Le prove condotte sul campo hanno indicato un aumento significativo della capacità del suolo sabbioso di trattenere l'acqua con l'aggiunta dell'idrogel. Tale miglioramento si traduce direttamente in una maggiore disponibilità idrica per le piante, soprattutto nei periodi di siccità, con una conseguente minore necessità di irrigare e un miglioramento della crescita (fig. 15) e della sopravvivenza delle viti, con una percentuale di piante morte del 6,2% rispetto al 15,6% del controllo. L'idrogel è stato poi applicato al momento dell'impianto di un vigneto di Sauvignon Blanc nella zona dei Colli Piacentini. I risultati preliminari indicano che le viti trattate con l'idrogel presentavano uno stato idrico migliore e una crescita più robusta rispetto a quelle non trattate. Questa osservazione suggerisce che gli idrogel potrebbero svolgere un ruolo cruciale nell'impianto di nuovi vigneti.

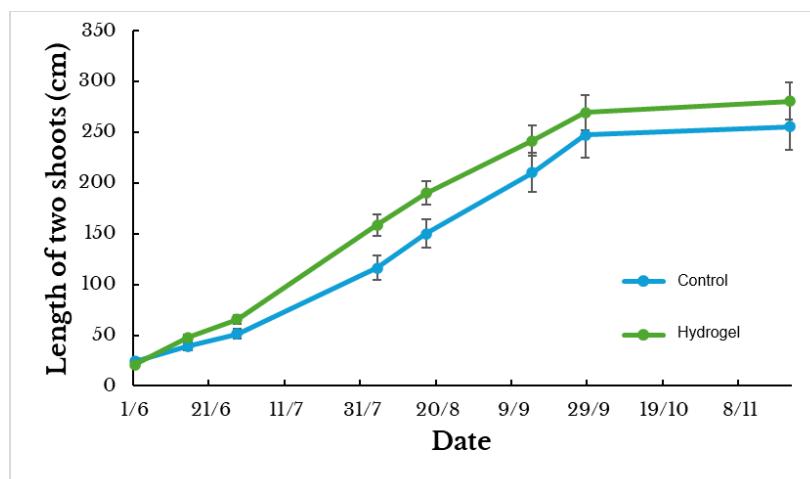


Fig. 15 Effetto dell'idrogel sulla lunghezza di due tralci di vite - progetto [IN+VITE](#)

## 2.2. Il biochar per migliorare la ritenzione di acqua nel suolo

Il biochar viene creato riscaldando la biomassa, come gli scarti del frutteto o i gusci di mandorle, a una temperatura compresa tra 500 e 700°C, in un processo denominato pirolisi. Si ottiene una sostanza gessosa nera che varia nelle dimensioni delle particelle. Il biochar migliora la ritenzione dei nutrienti grazie a una migliore capacità di scambio cationico (CSC), aumenta la ritenzione idrica nel suolo fino al 300% (a seconda del tipo di biochar considerato, dal momento che la sua porosità è elevata), corregge l'acidità, arieggià il suolo e sviluppa la vita microbica (fig. 16). Il biochar è un prodotto molto stabile; dopo un'applicazione, i suoi effetti possono rimanere visibili fino a 10 anni, e il suo utilizzo sui terreni coltivati può ridurre la frequenza dell'irrigazione. Questo è particolarmente significativo nelle aree caratterizzate da scarsità d'acqua o semi-aride e nei terreni sabbiosi<sup>15</sup>.

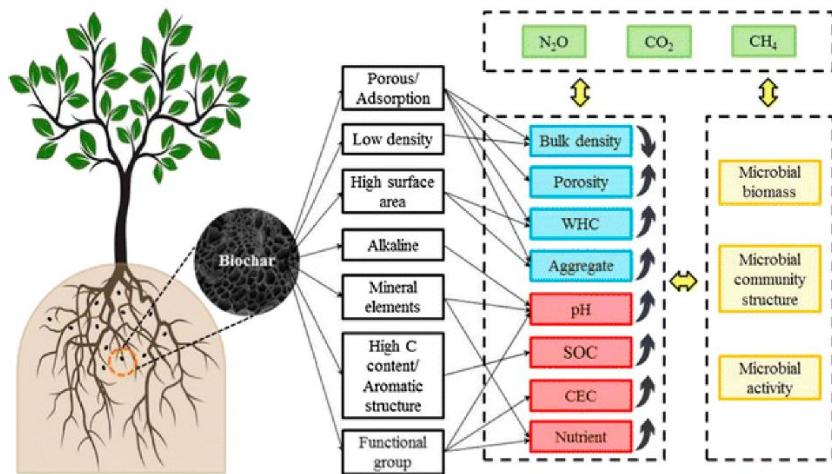


Fig. 16 Effetto del biochar sulle proprietà fisiche, chimiche e idrauliche del suolo<sup>15</sup>

### 2.3. 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](#) 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. L'applicazione di leguminose come colture di copertura 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.

Un esperimento viticolo condotto in Francia ([progetto VITIMULCH](#)) ha dimostrato che la presenza di pacciame morto esogeno, come rifiuti verdi, filtro vegetale e ostriche frantumate (fig. 17) sotto il filare può aumentare l'umidità del suolo fino al 20% in un'annata secca (a seconda della materia prima utilizzata, fig. 18). Inoltre, il pacciame morto può migliorare la struttura del suolo e le sue proprietà fisico-chimiche, come il pH o la materia organica. Ad esempio, l'applicazione annuale di rifiuti verdi compostati sotto il filare (15 cm di spessore su una superficie di 60 cm) ha migliorato la materia organica nel suolo dall'1,6% al 4,3% e ha mantenuto il 10% di umidità in più nel terreno rispetto al suolo nudo.



Fig. 17 Filtro vegetale sotto il filare

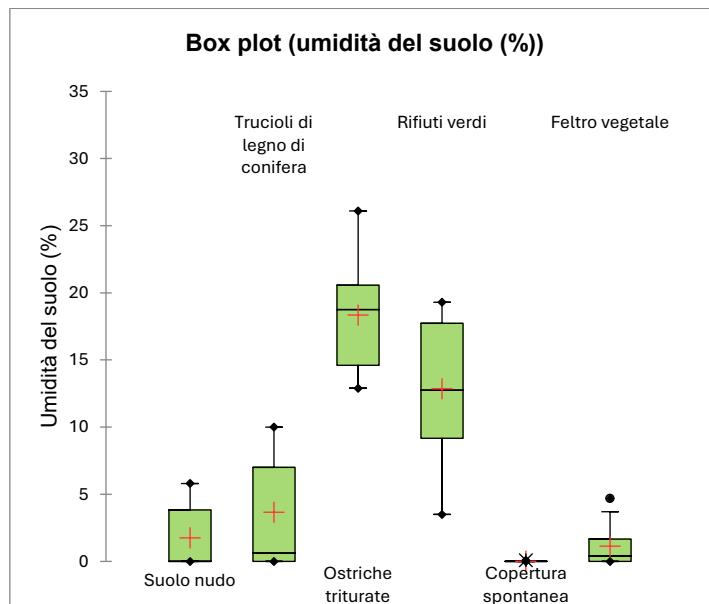


Fig. 18 Umidità del suolo (%) a 15 cm di profondità per diversi pacciamini esogeni morti sotto il filare, vendemmia 2023, progetto Vitimulch. Barre da sinistra a destra: suolo nudo, ostriche triturate, trucioli di legno di conifera, rifiuti verdi, copertura spontanea, filtro vegetale.

### 2.3.1. Keyline design

Il degrado del suolo negli ultimi 40 anni ha causato una diminuzione di circa il 30% della capacità di ritenzione idrica dei terreni agricoli, pregiudicandone la capacità di rispondere a eventi meteorologici calamitosi<sup>16</sup>. L'introduzione di tecniche di lavorazione del terreno lungo le cosiddette keyline, o linee di drenaggio (fig. 19), individuate lungo i flussi naturali dell'acqua, può contribuire in modo significativo a prevenire l'erosione del suolo e a migliorare la capacità di ritenzione idrica del terreno.



Fig. 19 Keyline design nel vigneto di Domaine des Quarres a Layon, Francia  
(foto di: Domaine des Quarres)

Il keyline design è un sistema di gestione dell'acqua in agricoltura che sfrutta la forza di gravità per rallentare il ruscellamento, intercettarlo e distribuirlo lentamente lontano dalle aree (valli) caratterizzate da alti livelli di erosione. Lo si ottiene progettando precisi pattern di coltivazione che seguono la direzione delle linee di drenaggio a monte e a valle, in modo da garantire un comportamento coerente dell'acqua sull'intero pendio<sup>12</sup>.

Il keyline design inizia sempre con un rilievo topografico (GPS, drone, telerilevamento, stazione totale) per ottenere una mappa delle curve di livello dell'area in esame. Prendendo come riferimento una curva di livello, una linea chiamata keyline incrocia a monte della curva di riferimento e la attraversa con una leggera pendenza. Si traccia uno schema che rappresenta il pattern di coltivazione, segnando la keyline parallela ai flussi a monte e a valle (fig. 20). In concreto, l'acqua è costretta a scorrere nella direzione delle keyline grazie alle operazioni di lavorazione del terreno e di coltivazione (ad es. scasso, erpicatura, semina, raccolta ecc.) per gli arativi, all'aerazione per i pascoli e le colture permanenti e ai sistemi di regolazione delle acque superficiali (ad es. fossati).

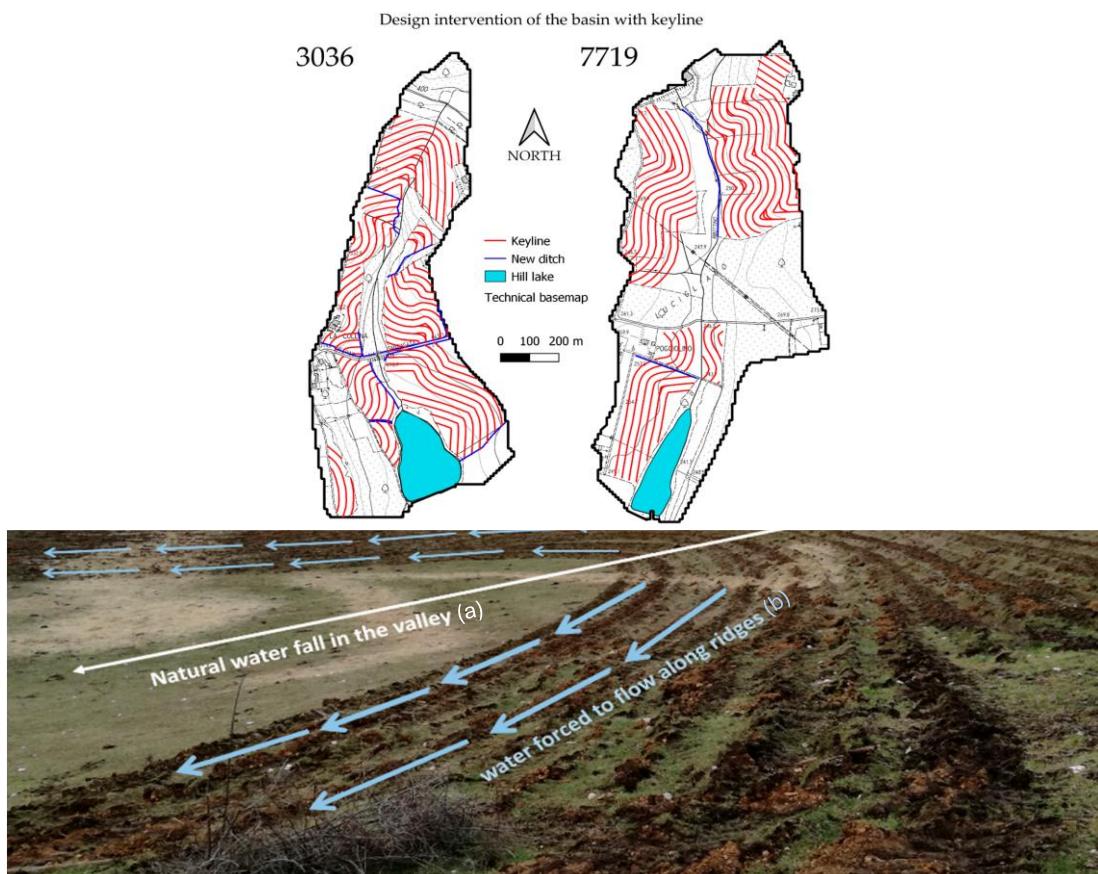


Fig. 20 Disposizione delle keyline in un arativo (sopra) ed esempio di lavorazione del terreno che segue il keyline design: a) cascata naturale nella valle; b) acqua costretta a scorrere lungo le creste<sup>17</sup>

Uno studio in Italia ha riscontrato che le keyline hanno avuto un impatto significativo sulla distribuzione del ruscellamento e sull'umidità del suolo in due bacini idrografici nel Mugello (Firenze)<sup>17</sup>. L'introduzione di keyline con fossati profondi 20 cm, posti a circa 25 m l'uno dall'altro, riduce i fenomeni erosivi tra le keyline, mentre il deflusso le segue. Lo studio ha anche riscontrato un aumento dell'indice di umidità topografica (TWI) a causa del deflusso significativo lungo le keyline, a dimostrazione del fatto che la topografia controlla il movimento dell'acqua e i pattern dell'umidità nel suolo (fig. 21).

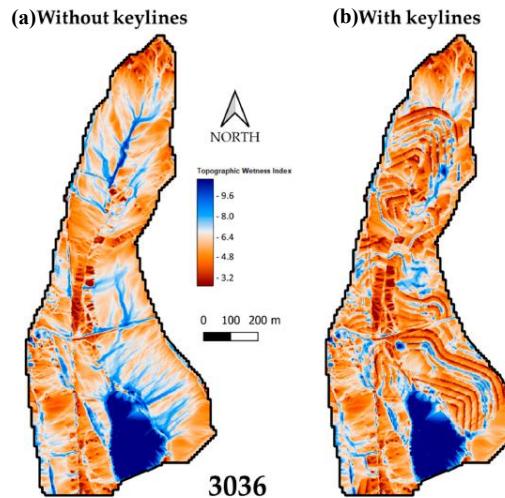


Fig. 21 Mappe TWI senza (a) e con (b) linee di drenaggio per lo stesso bacino <sup>17</sup>

### 3. MISURE DI ADATTAMENTO

Il settore agricolo è il maggior consumatore di acqua nelle regioni aride e semi-aride del Mediterraneo e l'acqua di irrigazione rappresenta dal 50% a quasi il 90% dell'acqua totale utilizzata<sup>18</sup>. Molti paesi del Mediterraneo (tra cui Egitto, Libia, Tunisia, Algeria, Marocco, Siria, Malta e Libano) hanno una disponibilità idrica inferiore a 1.000 m<sup>3</sup> per persona all'anno<sup>19</sup>. I sistemi di irrigazione, insieme alle tecnologie avanzate e alle buone pratiche volte a ottenere risorse complementari, possono aumentare l'efficienza dell'irrigazione e ridurre gli sprechi di acqua.

#### 3.1. Desalinizzazione

La capacità di desalinizzazione è aumentata negli ultimi decenni nel bacino del Mediterraneo e si prevede che nel 2040 la produzione di acqua marina desalinizzata nella regione del Medio Oriente e del Nord Africa sarà di tredici volte superiore a quella del 2014; attualmente i Paesi più avanzati in questo settore sono Algeria, Egitto, Israele, Italia e Spagna<sup>20</sup>. La desalinizzazione affronta il problema della scarsità d'acqua a livello globale perché l'acqua di mare rappresenta una fonte idrica abbondante e stabile, in grado di superare efficacemente vincoli climatici e idrologici. Le attuali tecnologie di desalinizzazione comprendono:

- **Tecnologie a membrane:** l'osmosi inversa (RO) è la tecnica più utilizzata. Consiste nel filtrare l'acqua attraverso membrane che trattengono il sale ad alta pressione. L'inversione dell'elettrodialisi (EDR) è un altro processo di membrana in cui i sali vengono separati dall'acqua applicando una differenza di potenziale elettrico.
- **Tecnologie termiche:** sfruttano il calore per far evaporare l'acqua e poi farla condensare di nuovo. Le tecnologie termiche comprendono la distillazione flash a stadi multipli (MSF), la distillazione a effetti multipli (MED), la compressione termica del vapore (TVC) e la compressione meccanica del vapore (MVC). La distillazione a membrana (MD) è un processo termico ibrido emergente che impiega membrane.

Attualmente dominano il mercato mondiale della desalinizzazione la distillazione flash a stadi multipli e l'osmosi inversa. Quest'ultima è di gran lunga la tecnologia più utilizzata nell'UE, con l'88,5% della capacità totale<sup>21</sup>.

Gli impianti dell'UE possono fornire fino a 3,4 miliardi di m<sup>3</sup> di acqua dissalata all'anno (capacità attiva), principalmente da acqua marina e salmastra. Nell'UE sono installati circa 2178 impianti di desalinizzazione (Spagna 41%, Grecia 19%, Italia 18%, Germania 4% e Francia 3%)<sup>21</sup>.

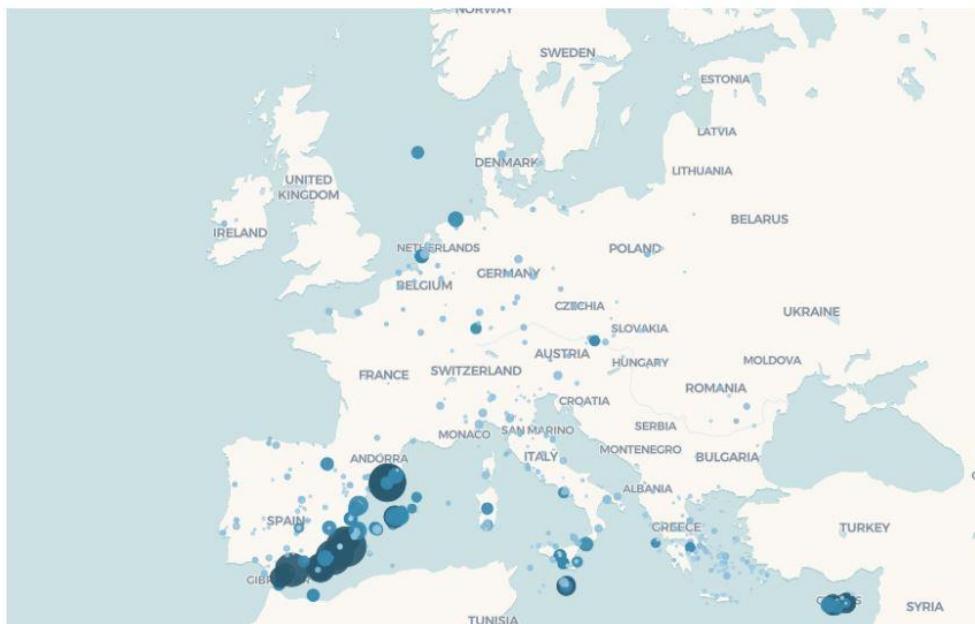


Fig. 22 Distribuzione geografica degli impianti di desalinizzazione nell'UE 27, 2024<sup>21</sup>

Uno dei limiti principali all'uso in agricoltura dell'acqua di mare desalinizzata (AMD) è il suo elevato costo economico ed energetico rispetto ad altre fonti di approvvigionamento idrico. Vanno prese in considerazione alcune questioni agronomiche per evitare effetti avversi imprevisti. È stato sottolineato che la sostenibilità del sistema richiede anche la risoluzione di vari problemi relativi alla qualità dell'acqua, principalmente incentrati sul miglioramento della qualità dell'acqua di mare desalinizzata (AMD) con tecniche di riduzione dei livelli di boro (B) e sui processi di rimineralizzazione per bilanciare le concentrazioni cationiche e aumentare il pH e l'alcalinità.

L'utilizzo di energia rinnovabile per alimentare gli impianti di desalinizzazione è una potenziale soluzione per ridurre i costi di produzione di AMD. L'arcipelago delle Canarie (Spagna) è un territorio con un elevato potenziale di energia eolica e capacità di desalinizzazione. L'energia eolica è collegata agli impianti di desalinizzazione per ridurre il costo dell'AMD. Il costo energetico variabile dell'AMD può essere ridotto del 35% come media annuale<sup>22</sup>. D'altra parte, presso l'impianto di desalinizzazione di acqua marina (SWDTP) di Mutxamel, situato nella regione di Alicante, sulla costa orientale della Spagna, è stato installato un impianto fotovoltaico per raggiungere costi di produzione competitivi per l'acqua desalinizzata. Questi impianti riducono i costi energetici di circa il 50% e fanno risparmiare il 20-30% sui costi finali di produzione dell'acqua<sup>23</sup>.

### 3.2. Riutilizzo dell'acqua

Il volume delle acque reflue prodotte nei paesi del Mediterraneo meridionale e orientale è stimato in 81,34 miliardi m<sup>3</sup>. Esse rappresentano quindi una fonte preziosa di acqua in termini quantitativi<sup>20</sup>. Le organizzazioni internazionali come la FAO incoraggiano sempre di più il riutilizzo delle acque reflue per preservare le risorse idriche. Nel 2010, si stima che siano stati irrigati con acque reflue non trattate o diluite circa 20 milioni di ettari, pari a circa il 10% della superficie irrigata; solo 500.000 ettari sono irrigati con acque reflue trattate. I tassi di riutilizzo delle acque reflue possono raggiungere il 90% nelle regioni aride e semi-aride (Israele, Giordania), il 25-30% nel Mediterraneo meridionale, il 14% in Spagna e l'8% in Italia<sup>24</sup>.

Nell'UE, ogni anno vengono trattati oltre 40 miliardi di m<sup>3</sup> di acque reflue, ma solo il 2,4% di esse viene trattato per il riutilizzo. Se alcuni paesi recuperano quasi interamente le acque reflue trattate (fino all'89%), la maggioranza ne recupera solo una minima percentuale (in alcuni casi appena il 5%) o non riusa l'acqua in alcun modo. Il potenziale per un uso più efficiente dell'acqua è dunque notevole<sup>24</sup>.

Le acque reflue affinate sono una delle soluzioni da sviluppare per affrontare la sfida della sostenibilità dell'accesso all'acqua, in particolare per l'agricoltura e la viticoltura. Le acque reflue affinate forniscono una quantità aggiuntiva di acqua di qualità adatta a un determinato uso, senza la necessità di aspettare che venga purificata da un ciclo naturale.

#### 3.2.1. Riutilizzo dell'acqua e irrigazione agricola: il quadro normativo

Il Regolamento UE del 25 maggio 2020, che stabilisce prescrizioni minime per il riutilizzo dell'acqua, armonizza le normative nazionali e, semplificando le regole, dovrebbe facilitare l'utilizzo delle acque reflue affinate. Sono stati fissati degli obiettivi, 'da 1,7 miliardi di m<sup>3</sup> a 6,6 miliardi di m<sup>3</sup>. Questa normativa mira a rendere sicuro, trasparente e accessibile agli agricoltori l'uso delle acque reflue trattate per irrigare le colture. Il testo completo del regolamento è disponibile qui: [Regolamento sul riutilizzo dell'acqua \(Regolamento \(UE\)2020/741\)](#).

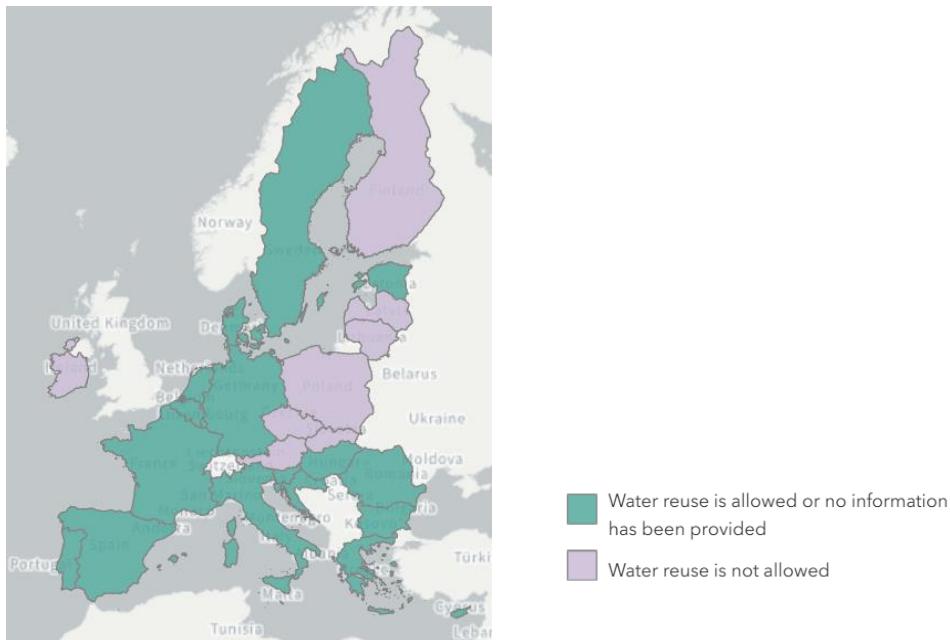


Fig. 23 Stati membri dell'Unione Europea in cui il riutilizzo dell'acqua per l'irrigazione agricola è o non è consentito<sup>24</sup> (ultimo aggiornamento 14 ottobre 2024)

Il regolamento sul riutilizzo dell'acqua è entrato in vigore il 26 giugno 2023. Il regolamento stabilisce:

- ✓ Prescrizioni minime applicabili alla qualità dell'acqua nell'Unione europea per il riutilizzo sicuro di acque reflue urbane trattate per l'irrigazione agricola
- ✓ Requisiti minimi armonizzati per il monitoraggio, nello specifico la frequenza del monitoraggio per ciascun parametro della qualità dell'acqua e requisiti di monitoraggio a fini di validazione
- ✓ Disposizioni sulla gestione del rischio per valutare e affrontare i potenziali rischi supplementari per la salute dell'uomo e degli animali e i possibili rischi ambientali
- ✓ Requisiti per le autorizzazioni per la produzione e la fornitura di acqua affinata
- ✓ Trasparenza, per cui le informazioni principali su qualsiasi progetto di riutilizzo dell'acqua sono rese pubbliche

La normativa europea definisce quattro classi di qualità dell'acqua (A, B, C, D)<sup>25</sup> che possono essere utilizzate a seconda del tipo di coltura (alimentare, trasformata, industriale) e del tipo di distribuzione dell'acqua (con o senza contatto con la coltura). Per le viti, a seconda del sito, è richiesta la qualità C con irrigazione a goccia.

### 3.2.2. Impatti agronomici

Un'analisi dei rischi associati alla raccolta dell'acqua e le misure preventive adottate consentono ora una riduzione significativa dei potenziali problemi di inquinamento. I flussi di metalli pesanti osservati nelle due stazioni pilota analizzate nel sud della Francia sono in linea con le raccomandazioni dell'Organizzazione Mondiale della Sanità per l'acqua di irrigazione. Ad esempio, per lo zinco e il rame, il flusso era da 100 a 1000 volte inferiore allo standard per lo

spandimento dei fanghi degli impianti di trattamento delle acque reflue, con un apporto da 80 mm a 100 mm all'anno accumulato in 10 anni.

Per quanto riguarda le molecole di farmaci, i rischi nella produzione vinicola, senza contatto tra acqua e uva raccolta, sono molto bassi o inesistenti. Il monitoraggio di alcune molecole nell'uva e nel vino non ha evidenziato alcuna contaminazione nei siti pilota studiati in Francia.

L'impatto dell'acqua reflua affinata sulla vita microbica del suolo è una delle preoccupazioni maggiori. Diversi articoli hanno suggerito che nei terreni irrigati con acqua reflua affinata, la composizione e l'assemblaggio del microbiota del suolo sono alterati principalmente a causa dei cambiamenti nella chimica del suolo e nella fisiologia della pianta, provocati dall'applicazione dell'acqua reflua affinata<sup>26: 27</sup>.

Per quanto riguarda l'input di fertilizzanti, la tabella 1 mostra i dati dell'apporto di nutrienti basati sull'utilizzo di acqua reflua affinata in due siti di vigneti sperimentali nel sud della Francia. Per l'azoto, il rapporto fra i due siti è di 1:10. L'acqua del sito 1 è in grado di fornire fino a 40 U/ha di azoto, mentre le quantità del sito 2 sono trascurabili. Gli apporti di fosforo sono trascurabili in entrambi i casi, il che risulta positivo visto che i terreni viticoli sono sempre sufficientemente provvisti di questo elemento. Per quanto riguarda il potassio, il massimo di 30 U/ha applicato corrisponde alla concimazione di mantenimento<sup>28</sup>. Questi input sono un aspetto positivo della tecnologia di riutilizzo dell'acqua di scarico, ma è necessario ricordare alcuni punti:

- ✓ Il periodo di apporto di acqua alla fine del ciclo della vite non coincide con il momento ottimale di applicazione dell'azoto. È essenziale vigilare sul rischio di cessione durante le piogge autunnali, a seconda del terreno.
- ✓ Per alcuni appezzamenti molto vigorosi, un apporto di 40 U/ha può essere eccessivo: come si fa a gestire la differenza di fabbisogno tra gli appezzamenti?
- ✓ Per quanto concerne il potassio, bisogna fare attenzione al rischio di uno squilibrio nel rapporto K/Mg.

**Tabella 1.** Dati sull' input di nutrienti, basati sull'apporto di acqua reflua affinata in due siti sperimentali di vigneti nel sud della Francia<sup>28</sup> .

Quantità annuale di acqua per ettaro		Macronutrienti forniti (kg/ha) e percentuali in relazione alle richieste annuali					
(m <sup>3</sup> )	(mm)	Sito 1			Sito 2		
		N	P	K	N	P	K
300	30	13	0.3	9	0.7	0,04	8
500	50	21	0.6	15	1.1	0.07	14
750	75	32	0.9	23	1.7	0.11	21
1000	100	42	1.1	30	2.2	0.14	28

**In conclusione**, l'impiego di acqua affinata dipende attualmente dai cambiamenti nelle normative e dall'aumento della domanda di acqua per uso agricolo rispetto ad altri usi. Il costo elevato dell'investimento per trattamenti supplementari per un periodo di utilizzo limitato (due mesi nel caso della viticoltura) significa che si dovrebbe incoraggiare un approccio progettuale multiuso associato ad altre esigenze (pulizia urbana, protezione antincendio, spazi verdi, colture

diverse ecc.). Qualsiasi nuovo progetto dovrebbe valutare un'analisi del ciclo di vita rispetto a un approvvigionamento idrico più convenzionale. In alcuni casi, il riutilizzo potrebbe non essere una buona idea come sembra.

#### 4. QUALITÀ DELL'ACQUA IRRIGUA

Nell'irrigazione, la qualità chimica dell'acqua può influire sulla salute delle piante, sulla longevità e sull'efficienza del sistema in uso, soprattutto per la subirrigazione. Per la fertirrigazione, prima di ogni utilizzo si devono bagnare i tubi e sciacquarli con acqua pulita per una o due ore, per evitare l'accumulo di depositi che potrebbero causare intasamenti. In inverno, tutte le tubature devono essere completamente svuotate per evitare il rischio di congelamento o di formazione di alghe. L'uso di acqua di irrigazione contaminata ha avuto un impatto negativo su alcune aziende agricole del distretto di Ayaş, nella regione dell'Anatolia centrale, in Turchia, rivelando un'uniformità di distribuzione (DU) del 63-91%, che indica un possibile intasamento degli emettitori e il conseguente scarico poco uniforme degli stessi. Questo, a sua volta, ha determinato richieste di pressione elevate e un conseguente alto costo dell'irrigazione<sup>29</sup>. La gestione del rischio, in particolare di intasamento, aiuta a limitare i costi di manutenzione del sistema.

Inoltre, l'utilizzo di acqua di bassa qualità, come l'acqua reflua recuperata e riutilizzata per l'irrigazione, potrebbe causare diversi problemi, come la tossicità per le colture, danni alla qualità del suolo, diffusione di parassiti e svantaggi nei sistemi di irrigazione. Di conseguenza, esistono diverse classificazioni della qualità dell'acqua per valutare la qualità e l'utilizzabilità dell'acqua a fini irrigui. La classificazione più diffusa è quella della FAO (Organizzazione delle Nazioni Unite per l'alimentazione e l'agricoltura)<sup>30</sup>, in cui i problemi relativi alla qualità dell'acqua nell'agricoltura irrigua sono suddivisi in quattro gruppi, relativi a:

- Salinità: i sali presenti nel suolo o nell'acqua riducono la disponibilità di acqua per la coltura tanto da compromettere la resa.
- Tasso di infiltrazione dell'acqua: un contenuto relativamente alto di sodio o basso di calcio nel suolo o nell'acqua riduce il tasso di penetrazione dell'acqua di irrigazione nel suolo al punto che non è possibile far penetrare una quantità d'acqua sufficiente a rifornire adeguatamente la coltura da un'irrigazione all'altra.
- Tossicità ionica specifica: alcuni ioni (ad es. sodio, cloruro o boro) provenienti dal suolo o dall'acqua possono accumularsi in una coltura sensibile raggiungendo concentrazioni sufficientemente elevate da causare danni alle colture e ridurre le rese.
- Varie: un eccesso di nutrienti riduce la resa o la qualità, depositi antiestetici sui frutti o sul fogliame compromettono la commerciabilità e l'eccessiva corrosione delle attrezzature aumenta la necessità di manutenzione e riparazioni.

All'interno del progetto [ACCBAT](#) è stato sviluppato uno strumento di facile utilizzo sulla qualità dell'acqua per l'irrigazione (IWQT) per gli agricoltori in Giordania, Tunisia e Libano, allo scopo di massimizzare l'uso delle acque reflue trattate e delle acque salmastre desalinizzate a fini irrigui. I parametri più significativi ed economici della qualità dell'acqua di irrigazione sono stati

individuati e raggruppati in tre classi di qualità in base ai loro effetti su i) resa colturale e fertilità del suolo (indicatori di qualità agronomica), ii) salute umana (indicatori di qualità igienica e sanitaria, iii) sistemi di irrigazione (indicatori di qualità gestionale). L'elenco dei parametri IWQT e le loro soglie di qualità sono riportati nella tabella 2.

**Tabella 2.** Elenco dei parametri utilizzati nello strumento sulla qualità dell'acqua di irrigazione (IWQT) e le loro soglie di qualità<sup>31</sup>

Parametri	Unità di misura	Idoneo per l'irrigazione	Attenzione	Restrizioni estreme
pH		6.00 – 8.00	5.00 – 5.99	<5.00
			8.01 – 9.00	>9.00
EC	dS m <sup>-1</sup>	<0.70	0.70 – 6.50	>6.50
SAR		<3.00	3.00 – 9.00	>9.00
E. Coli	Numero medio per 100 mL	<1000		>1000
Nematodi intestinali	Media aritmetica n. di uova L <sup>-1</sup>	<1		>1
TSS	mg L <sup>-1</sup>	<200	200 - 400	>400
HCO <sub>3</sub>	mg L <sup>-1</sup>	<150	150 – 300	>300
Fe	mg L <sup>-1</sup>	<0.50	0.50 – 1.50	>1.50
Mn	mg L <sup>-1</sup>	<0.10	0.10 – 1.50	>1.50
H <sub>2</sub> S	mg L <sup>-1</sup>	<0.50	0.50 – 2.00	>2.00

L'IWQT fornisce una serie di [raccomandazioni](#) create per orientare gli agricoltori nell'uso dell'acqua di irrigazione di bassa qualità classificata come soglia di qualità di ATTENZIONE.

# **SOTTOARGOMENTO 4**

## **ADATTAMENTO DEI PROCESSI DELLA FILIERA ALIMENTARE AL CAMBIAMENTO DEL CLIMA E DIVERSIFICAZIONE**

## SOTTOARGOMENTO 4

### Adattamento dei processi della filiera alimentare al cambiamento del clima e diversificazione

Il cambiamento climatico comporta sfide globali notevoli, con ripercussioni sulle filiere alimentari in diversi ambiti, tra cui la produzione agricola, il reddito, i prezzi, l'accessibilità, la qualità e la sicurezza. Le fluttuazioni della temperatura e gli eventi meteorologici estremi più frequenti, come le ondate di calore, le inondazioni e la siccità, incidono sulla resa, sulla qualità e sulla stagionalità dei frutti<sup>1</sup>. Tutti gli aspetti della filiera alimentare — dalla produzione alla trasformazione, al trasporto, alla vendita all'ingrosso e al dettaglio, fino al consumo — possono essere condizionati dai cambiamenti e dai dissesti ambientali<sup>2</sup>. La regione del Mediterraneo, celebre per la sua produzione frutticola molto diversificata, che comprende olive, agrumi, uva, fichi, melograni e drupacee, deve affrontare sfide significative a causa del cambiamento climatico. L'aumento delle temperature, i periodi siccitosi prolungati e i cambiamenti nei modelli delle precipitazioni influiscono sulla resa, sulla qualità e sulla stagionalità dei frutti. In parallelo, le preferenze dei consumatori si orientano verso alimenti più diversificati, di origine locale e prodotti in modo sostenibile, imponendo una trasformazione dell'intera filiera del settore frutticolo. Le strategie finalizzate a migliorare la resilienza della filiera alimentare al cambiamento del clima comprendono: **l'adattamento post-raccolta**, in particolare nella conservazione e nel confezionamento; **l'adattamento della trasformazione della frutta**, specialmente nella produzione vinicola; **l'ottimizzazione dei processi per il risparmio energetico**; **la realizzazione di strutture efficienti sul piano energetico** e **l'utilizzo di strumenti informatici per la produzione, una logistica flessibile e l'approvvigionamento locale**.

#### 1. INNOVAZIONI NELLA LAVORAZIONE

##### 1.1. Adattamento post-raccolta con tecnologie di confezionamento innovative

L'UE produce ogni anno circa 59 milioni di tonnellate di rifiuti alimentari<sup>3</sup>, prevalentemente frutta e verdura, che contribuiscono per circa il 16% alle emissioni di gas a effetto serra. Ridurre i rifiuti consente di risparmiare risorse nella produzione alimentare e l'UE mira a dimezzare entro il 2030 i rifiuti alimentari a livello globale, nella vendita al dettaglio e nei consumi, riducendo le perdite nella produzione alimentare e nelle catene di approvvigionamento. Per raggiungere tale obiettivo sono state sviluppate, tra l'altro, diverse pratiche post-raccolta che consentono di prolungare la shelf-life e la qualità dei frutti deperibili. La sempre maggiore richiesta di prodotti biologici e senza pesticidi suscita interesse per i trattamenti in atmosfera modificata e gli imballaggi a basso contenuto di ossigeno, che influenzano l'attività metabolica dei tessuti della frutta e degli agenti patogeni. Il mercato richiede quindi innovazioni continue nel settore del confezionamento, con la conseguente crescita della domanda di nuove soluzioni tecnologiche<sup>4</sup>. Nell'ambito del GO italiano OLTREBIO, Ninetek Ltd e l'Università della Basilicata hanno sviluppato e brevettato BlowDevice®, un dispositivo innovativo che consente uno scambio bidirezionale di gas attraverso una confezione sigillata, conferendole proprietà traspiranti. Questo dispositivo è utilizzato per gestire l'atmosfera nello spazio di testa delle confezioni di frutta e di verdura imballate in atmosfera modificata (MAP). Alti livelli di anidride carbonica o bassi livelli di ossigeno controllano

lo scambio gassoso per i prodotti caratterizzati da diversi tassi di respirazione, evitando l'appannamento sulla superficie interna della confezione (fig. 1)<sup>5</sup>.

A



B



Fig. 1. Uva da tavola biologica conservata in MAP: (A) in un imballaggio traspirante dotato di BlowDevice® e (B) senza BlowDevice®, con appannamento <sup>6</sup>.

Il dispositivo è stato progettato in diverse versioni, utilizzando materiali biodegradabili e sostenibili, tra cui Mater-Bi e acido polilattico (PLA). Inoltre, la Commissione Europea ha riconosciuto la microtecnologia BlowDevice® nelle pellicole biodegradabili come "tecnologia chiave" in Europa sul portale Innovation Radar<sup>7</sup>. Il dispositivo è stato combinato con il confezionamento in atmosfera modificata (MAP) per prolungare la shelf-life (SL) di uva da tavola biologica (varietà Superior e Scarlotta Seedless) e ciliegie dolci biologiche (varietà Lapins e Sweet Heart), principalmente nelle celle frigorifere (CF). BlowDevice® ha conservato la qualità dell'uva da tavola biologica per oltre 45 giorni, riducendo di oltre il 98% l'incidenza di marciume rispetto ai campioni confezionati senza BlowDevice®.



Fig. 2. Grappoli di Superior Seedless al 15° giorno, confezionati con BlowDevice® (sopra) e con un microforo (sotto)<sup>8</sup>

Inoltre, per simulare le condizioni di conservazione dei prodotti a livello aziendale, è stato condotto un esperimento su uva da tavola biologica e ciliegie dolci biologiche, confezionando i prodotti freschi in sacchetti da 5-6 kg con BlowDevice® e conservandoli in CF. Dopo 15 giorni in CF, i prodotti conservati nei sacchetti sono stati riconfezionati in piccole cassette da circa 300 g provviste di BlowDevice®, in MAP, per simulare le condizioni di distribuzione e vendita al dettaglio. La confezione con BlowDevice® consente di ridurre del 62% il deperimento dell'uva da tavola biologica della varietà Arra30 dopo 56 giorni in CF, rispetto ai campioni in cassette aperte, e del 50% nelle ciliegie dolci biologiche della varietà Sweetheart dopo 62 giorni, rispetto ai campioni conservati in confezioni sigillate (dati non ancora pubblicati). Di recente si è testato BlowDevice® anche in combinazione con MAP per le fragole biologiche (varietà Melissa), aumentando la SL fino a nove giorni<sup>9</sup>, e per i fichi (varietà Dottato), mantenendo standard qualitativi elevati fino a 21 giorni a 2°C<sup>10</sup>. Le confezioni traspiranti con tecnologia BlowDevice® costituiscono una soluzione redditizia e sostenibile per prevenire il deterioramento post-raccolta dei prodotti freschi deperibili, ridurre le perdite alimentari e migliorare la commerciabilità.

## 1.2. Adattamenti nella trasformazione degli alimenti

In questa sezione vengono discusse le strategie di adattamento dei processi alimentari al cambiamento climatico, tra cui l'ottimizzazione delle tecniche in presenza di caratteristiche alterate delle materie prime e la garanzia di una produzione adeguata alla richiesta del mercato. Migliorare la sostenibilità e la flessibilità produttiva favorisce la qualità del prodotto e la sostenibilità economica a lungo termine nel contesto di un clima che cambia.

### 1.2.1. Vino: metodi di acidificazione e dealcolizzazione

Negli ultimi anni, il cambiamento climatico e l'aumento delle temperature hanno avuto un impatto significativo sull'industria vitivinicola. Le date della vendemmia ora sono anticipate, a causa della maturazione più rapida degli acini, che comporta (i) un aumento del tenore zuccherino, (ii) una maggiore proliferazione microbica, (iii) un aumento della gradazione alcolica, (iv) una riduzione dell'acidità e un aumento del pH, (v) caratteristiche sensoriali non equilibrate e (vi) maggiori preoccupazioni in materia di sicurezza (ad es., micotossine)<sup>11,12</sup>. Questi cambiamenti minacciano la tipicità e la sostenibilità del vino. Le misure attualmente adottate in cantina includono l'acidificazione e la dealcolizzazione.

#### ❖ Acidificazione del vino

L'acidità di un vino è fondamentale per il suo equilibrio organolettico, perché contribuisce alla freschezza, all'acidità. Una riduzione dell'acidità totale altera il colore e aumenta l'instabilità microbica. L'acidità influenza il controllo della fermentazione, la conservazione degli aromi e l'efficacia della SO<sub>2</sub>, che diminuisce con l'aumentare del pH. È consentito ricorrere a vari metodi di acidificazione entro i limiti previsti dalla normativa: l'aumento non deve superare 53,3 meq/l (4 g/l di acido tartarico) per il mosto e il vino ([regolamento \(UE\) n. 1308/2013, modificato dal regolamento \(UE\) 2021/2117](#)).

Attualmente esistono metodi di acidificazione chimica, fisica e microbiologica:

#### ✓ Acidificazione chimica

In base alla definizione dell'Organizzazione Internazionale della Vigna e del Vino (OIV), l'acidificazione chimica consiste nell'aumentare l'acidità di titolazione con l'aggiunta di acidi organici (si possono utilizzare solo gli acidi lattici, l'acido malico, l'acido tartarico, gli acidi citrici e gli acidi fumarici), come consentito, per l'acidificazione del vino e del mosto. In genere, l'acidificazione viene ottenuta aggiungendo acido tartarico durante la vinificazione (cioè prima, durante e dopo la fermentazione). I vari mosti o vini possono differire in modo significativo in termini di forza ionica e capacità di buffering; inoltre, esistono diverse variazioni di pH e acidità totale per gli stessi trattamenti. La quantità di acido da aggiungere viene quindi determinata in base al pH e all'acidità totale in ciascun caso specifico.

- **Acido tartarico:** l'acidificazione con acido tartarico è nota da tempo, ma presenta alcune limitazioni, come la difficoltà di prevedere con precisione il livello di acidificazione.
- **Acido malico e acido lattico:** l'acidificazione con acido organico avviene al termine della fermentazione malolattica, tranne nel caso dell'aggiunta di acido malico, che avviene al termine della fermentazione alcolica.
- **Acido fumarico:** autorizzato per l'acidificazione del vino dall'OIV nel 2024.

✓ *Acidificazione fisica*

Le due tecniche fisiche di acidificazione utilizzate comunemente sono l'elettrodialisi e l'uso di resine a scambio cationico. Nell'elettrodialisi, il sistema utilizza una configurazione a membrana bipolare e cationica, che consente l'estrazione selettiva dei cationi. Questo metodo riduce in modo preferenziale il contenuto di cationi di potassio senza influire sugli altri elementi e senza necessità di addizionare sostanze chimiche ai mosti o ai vini. A titolo di confronto, l'acidificazione mediante resine a scambio ionico prevede il trattamento solo di una parte del vino, che viene notevolmente acidificata prima di essere rimiscelata al vino originale.

Partendo da questi metodi fisici, l'Istituto francese della vite e del vino (IFV) ha esaminato diverse strategie di acidificazione in cantina come metodi di rilevanza critica per adattare le pratiche enologiche al cambiamento climatico. Tra le tecniche di acidificazione autorizzate, i metodi fisici spiccano per la loro precisione, che consente di regolare il pH in modo controllato anche in presenza di livelli di acidificazione elevati. Vantano inoltre un elevato grado di automazione, che consente il funzionamento 24 ore su 24, anche se i relativi costi di investimento possono essere significativi. Le resine a scambio ionico presentano il vantaggio di un alto tasso di trattamento con un investimento complessivo inferiore, visto che va trattata solo una parte del serbatoio. Anche se l'acido tartarico resta l'acido organico più efficace per acidificare, il suo uso presenta alcune problematiche in termini di previsione dei livelli finali di acidità. L'acido malico è adatto solo per i vini rossi prima della fermentazione malolattica, mantenendo la stabilità microbiologica, mentre l'acido lattico, sebbene sia il più economico, viene usato raramente nella pratica ed è considerato un acido "più morbido", più adatto al profilo dei vini rossi<sup>13</sup>.

✓ *Acidificazione microbica*

I lieviti non *Saccharomyces* e i batteri malolattici sono microrganismi essenziali per l'acidificazione biologica in enologia. Uno studio approfondito esamina le specie/i ceppi con il potenziale di acidificazione biologica del mosto e del vino<sup>14</sup>. Tradizionalmente, i lieviti non *Saccharomyces* presenti nelle fermentazioni sono associati a un contenuto elevato di acido acetico e a deviazioni organolettiche. Oggi però, ricercatori ed enologi ne riconoscono l'impatto positivo sulla complessità della qualità del vino<sup>15</sup>.

I lieviti del tipo *Lachancea thermotolerans* sono in grado di trasformare gli zuccheri fermentabili (glucosio e fruttosio) in acido lattico a scapito della produzione di etanolo. Questi lieviti provocano una diminuzione della produzione di etanolo (max 1% vol.) e l'acidificazione da parte dell'acido lattico. In generale, *Lachancea* viene impiegato per 2 o 3 giorni, dopodiché si ricorre a un *Saccharomyces* classico. Se si lascia agire *Lachancea* troppo a lungo, si producono livelli molto elevati di acido lattico (da 10 a 15 g/l), con un impatto eccessivo sulle caratteristiche organolettiche dei vini.

#### ❖ Dealcolizzazione del vino

Le tecniche di dealcolizzazione sono utili per adattare i processi enologici al fine di ridurre il tenore alcolico, che aumenta con l'aumentare della temperatura. Oltre ai vantaggi sensoriali derivanti dalla riduzione del calore e dello squilibrio dovuti all'elevato tenore alcolico, la dealcolizzazione soddisfa la domanda da parte dei consumatori di prodotti a basso grado alcolico. Riduce inoltre le difficoltà finanziarie permettendo di evitare alcune tasse sulle bevande alcoliche che dipendono dalla gradazione.

Esistono diverse tecniche per controllare la fermentazione e limitare la produzione di alcol. L'IFV ha condotto sperimentazioni sulla selezione dei lieviti e sul processo di evaporazione dell'alcol.

- ✓ **Selezione del lievito:** I livelli di alcol nel vino possono essere condizionati dalla selezione del lievito, che influisce sulla resa alcolica e sul metabolismo degli zuccheri in sottoprodotto come l'acido lattico e il glicerolo. La maggioranza dei lieviti non *Saccharomyces* non sono in grado di fermentare tutti gli zuccheri; pertanto, gli studi condotti dall'IFV hanno previsto strategie di inoculazione sequenziale. I ceppi più promettenti, associati alle pratiche di gestione del vigneto, hanno determinato una maggiore riduzione dell'alcol. Nei vini rossi, però, una produzione elevata di acido lattico talvolta ha compromesso la qualità sensoriale. Questo approccio presenta delle potenzialità, ma la riduzione complessiva dell'alcol non è stata sistematica ed è rimasta al di sotto del 2% v/v.
- ✓ **Evaporazione dell'alcol:** è possibile dealcolizzare parzialmente il vino con una semplice ventilazione a temperatura e pressione ambiente. Con un'apparecchiatura adeguata è possibile ottenere una riduzione del 2% v/v in 8 ore. Si ottiene la massima efficienza con un'umidità dell'80% circa, che limita la perdita d'acqua. Il processo raffredda il vino e l'efficacia migliora all'aumentare della superficie di contatto tra aria e vino. Non si riscontrano effetti significativi sulle caratteristiche analitiche classiche del vino, ad eccezione della perdita di CO<sub>2</sub>. Al momento vengono condotti studi su piccoli volumi e occorre prestare attenzione a causa dei rischi di ossidazione. Con volumi maggiori,

l'effetto potrebbe essere meno intenso perché il rapporto tra la superficie del vino e il volume del serbatoio favorisce meno la perdita di alcol.

- ✓ **Stripping dell'alcol con CO<sub>2</sub> fermentativa (attualmente non autorizzato):** la CO<sub>2</sub> fermentativa viene catturata, compressa e re-iniettata sul fondo del serbatoio. Questo consistente rilascio di CO<sub>2</sub> trasporta alcol, che viene poi condensato da un compressore e re-iniettato nel serbatoio o conservato sotto pressione per essere utilizzato in seguito.
- ✓ **Evaporazione parziale sottovuoto nella fermentazione alcolica:** l'alcol viene estratto mediante evaporazione parziale sottovuoto durante la fermentazione alcolica. Questo metodo preserva i composti aromatici del futuro vino. Quando la fermentazione alcolica prosegue dopo la rimozione dell'alcol, i lieviti producono infatti nuovi composti aromatici mentre questo non accade quando si applica il metodo al vino finito. L'OIV sta studiando questo approccio per l'uso durante la fermentazione alcolica mentre è già autorizzato per il vino finito.

Esistono inoltre vari processi che consentono di ridurre il grado alcolico del vino finito:

- ✓ **Distillazione:** nonostante l'elevato rischio di perdita di aromi, la distillazione può essere combinata con l'osmosi inversa o la nanofiltrazione per separare acqua, alcol e piccole molecole come gli acidi organici e il potassio. Il processo di distillazione produce alcol concentrato (85-95% v/v) che può essere riciclato direttamente dalla distilleria.  
*Nota:* solo un operatore autorizzato può eseguire la distillazione.
- ✓ **Dealcolizzazione a membrana:** la tecnologia brevettata Memster di regolazione dell'alcol (AA, alcohol adjustment) prevede due operazioni successive con membrana. Nella prima fase, la nanofiltrazione estrae un permeato costituito principalmente da acqua e alcol. Un contattore a membrana costituito da membrane idrofobiche estrae in modo selettivo l'alcol dall'acqua nel permeato di nanofiltrazione. Il permeato dealcolizzato viene quindi re-iniettato in continuo nel vino trattato, evitando la concentrazione nel vino. L'effluente prodotto è ricco di alcol, fino al 10% v/v, e rappresenta il 10-15% del volume di vino trattato per ogni grado rimosso. L'effluente è considerato un prodotto di scarto.
- ✓ **Evaporazione parziale sottovuoto — esempio della colonna a cono rotante (SCC, spinning cone column):** questa tecnologia regola i livelli alcolici preservando gli aromi, consentendo la produzione di vini a bassa gradazione alcolica (0,5% v/v). Rimuove il 60-80% dell'alcol, riducendo al minimo la perdita di acqua. Il processo prevede due passaggi attraverso una colonna rotante: nel primo si estraggono i composti volatili (aromi) a 30°C da una frazione del vino; nel secondo si rimuove l'alcol dalla frazione dealcolizzata. L'estratto aromatico viene reintrodotto e questa frazione viene nuovamente addizionata al vino per la dealcolizzazione. Questo processo è molto interessante e mantiene inalterate le qualità organolettiche del vino. Se utilizzato per una forte dealcolizzazione (tenore alcolico inferiore al 5% nel vino finito), può tuttavia modificare in modo significativo la struttura e l'equilibrio del vino.

Le tecniche di dealcolizzazione rappresentano una risposta al cambiamento climatico e alla diversificazione del settore, necessarie per salvaguardare le quote di mercato e le aree viticole.

Gli interventi interessano sia la vite che il vino, con diversi metodi di dealcolizzazione parziale, attualmente oggetto di studio. La dealcolizzazione totale solleva però ancora numerose questioni di natura tecnica e legislativa.

### **1.2.2. Ottimizzazione dei processi per il risparmio energetico**

Dato che il cambiamento climatico minaccia la sostenibilità ambientale ed economica delle colture perenni del Mediterraneo, ottimizzare l'uso dell'energia nella filiera alimentare è diventata una priorità strategica. Nel settore del vino e dell'olio d'oliva, i processi ad alto consumo energetico come la fermentazione, il controllo della temperatura e la gestione dell'acqua possono essere migliorati in modo significativo. In questa sezione si esaminano le innovazioni che riducono l'impronta energetica della trasformazione alimentare, tra cui la progettazione di cantine efficienti dal punto di vista energetico, il riutilizzo di sottoprodotto come la CO<sub>2</sub> di fermentazione, la sansa di oliva e gli scarti di cantina. Viene inoltre sottolineata l'utilità degli strumenti di monitoraggio per individuare i punti critici e ottimizzare i processi. Queste strategie riducono al minimo l'impatto ambientale, migliorando al contempo la resilienza e la competitività a fronte delle fluttuazioni del clima e del mercato.

### **1.2.3. Strumenti di monitoraggio — un esempio nel settore enologico**

Gli strumenti enologici di precisione migliorano l'efficienza energetica nella vinificazione, dove il 90% dell'energia proviene da fonti fossili, sotto forma di energia elettrica, e il 10% da processi termici come il riscaldamento dell'acqua<sup>16</sup>. Integrando tecnologie avanzate, analisi dei dati e controllo scientifico, gli enologi possono ottimizzare la temperatura, l'umidità e la fermentazione durante tutte le fasi della produzione. Questo approccio digitale migliora la qualità del vino, l'efficienza delle risorse e riduce le emissioni di gas serra.

### **Soluzione disponibile sul mercato<sup>2</sup>**

Onafis, un'azienda francese che sviluppa tecnologie per il settore vinicolo, ha creato un sensore e un sistema IoT per monitorare la temperatura, l'umidità e i parametri critici della vinificazione. Onafis ha installato 12 sensori Atmos e pinze amperometriche in una cantina di Bordeaux per monitorare l'invecchiamento del vino e il consumo energetico. Ottimizzando le condizioni e la gestione del raffreddamento (fig. 3), il sistema ha fatto risparmiare 6.000 euro l'anno (il 30% delle spese annuali) e ha ridotto di 10 tonnellate le emissioni di CO<sub>2</sub>. Questo caso dimostra che l'enologia di precisione, attraverso strumenti come quelli di Onafis, può trasformare i metodi tradizionali in pratiche di risparmio energetico, ottimizzando al contempo le condizioni di produzione.

---

<sup>2</sup> Veraterra è una delle tecnologie/dei prodotti vincitori del Crowd-Writing Contest organizzato da CLIMED-FRUIT nel 2023, rivolto alle aziende private, per sensibilizzare gli agricoltori tradizionali sulle innovazioni più recenti che promuovono la resilienza al cambiamento climatico. [Scopri qui tutte le tecnologie vincitrici.](#)



Fig. 3. Utilizzo della mappatura della cantina per individuare i microclimi e ottimizzare la perdita per evaporazione e il consumo energetico<sup>12</sup>

#### 1.2.4. Riutilizzo di sottoprodotti e coprodotti

##### ❖ Residui della lavorazione delle olive: un esempio di biocarburante

I paesi del Mediterraneo producono il 95% dell'olio d'oliva mondiale<sup>18</sup>. L'industria dell'olio d'oliva nell'area del Mediterraneo si trasforma a causa del cambiamento climatico e delle pressioni ambientali. La produzione di olio d'oliva genera notevoli quantità di residui, in particolare noccioli e sansa, difficili da smaltire ma anche potenzialmente interessanti per il recupero energetico. I noccioli e la sansa di oliva, con un potere calorifico di 17-20 MJ/kg e 19-24 MJ/kg, possono essere utilizzati nelle caldaie a biomassa o trasformati in pellet ad alta efficienza, offrendo una fonte rinnovabile alternativa ai combustibili fossili e riducendo i costi energetici nei frantoi<sup>19, 20</sup>. La sansa può essere trasformata in bricchette e pellet combustibili attraverso un processo di essiccazione, setacciatura, macinazione e compressione, fornendo così biocombustibili da usare nella produzione dell'olio d'oliva, ad esempio per riscaldare l'acqua durante la molitura, e migliorando i sistemi di trasformazione circolari e resilienti dal punto di vista energetico<sup>21</sup>.

Il [progetto UE BIOMASUD Plus](#) ha avuto come scopo la promozione di un mercato sostenibile per i biocombustibili solidi del Mediterraneo destinati al riscaldamento domestico, con l'obiettivo primario di sviluppare soluzioni integrate per migliorarne la qualità e la sostenibilità. Questo includeva l'estensione della certificazione Biomasud® a nuovi biocombustibili e paesi. Il progetto BIOMASUD Plus ha commercializzato noccioli e sansa di oliva come biocombustibili in Spagna, Grecia, Italia e Turchia. Nel 2015 la sansa di oliva è stata il secondo biocombustibile per utilizzo nell'industria spagnola. A differenza dei biocombustibili solidi come la legna da ardere e le bricchette, la qualità dei noccioli di oliva non è classificata dalla norma ISO 17225:2014. La Spagna ha adottato una propria norma nazionale (UNE 164003:2014) per la classificazione qualitativa dei noccioli di oliva destinati alla combustione. Inoltre, sette produttori spagnoli di noccioli di oliva e cinque italiani sono certificati in base al sistema di qualità Biomasud per i biocombustibili del Mediterraneo. Si stanno valutando conversioni innovative termochimiche (ad es. pirolisi, gassificazione) e biochimiche (ad es. bioetanolo, biogas) dei sottoprodotti delle olive, anche se per lo più si tratta ancora di attività di ricerca.

❖ *Esempi nel settore vinicolo: il riciclo dei rifiuti di cantina e della CO<sub>2</sub> fermentativa*

Il progetto [LIFE ZEOWINE](#) rappresenta il primo esempio di come riutilizzare in modo efficiente i rifiuti di cantina. Il progetto ha definito un metodo per produrre [ZEOWINE](#), un compost ottenuto dai rifiuti del settore vitivinicolo e dalla zeolite, da utilizzare nei vigneti per proteggere il suolo. Il compost è stato applicato per oltre tre anni in diversi vigneti italiani, utilizzando vinacce e raspi mescolati con zeolite da 0,2 a 2 mm. Il suolo è stato valutato negli appezzamenti sperimentali subito dopo il trattamento e di nuovo dopo 6 e 18 mesi. Si sono osservati questi miglioramenti: aumento del 30% del carbonio organico nel suolo, aumento del 50% della funzionalità microbica, aumento del 38% della biodiversità nel suolo e riduzione del 40% del rame biodisponibile. Il team di progetto ha valutato anche la qualità dell'uva e del vino, riscontrando un migliore equilibrio tra zuccheri e antociani, nonché un maggiore tenore alcolico. Le rese sono aumentate e gli acini sono cresciuti di peso. Inoltre, il processo di riciclo ha evidenziato chiari benefici ambientali, come la riduzione del consumo idrico grazie a una migliore ritenzione dell'acqua nel suolo, una migliore gestione dei rifiuti con il riciclo dei residui di cantina invece di smaltirli in discarica, minori emissioni di CO<sub>2</sub> e NO<sub>2</sub> rispetto ai fertilizzanti convenzionali e un maggiore sequestro di carbonio.

Un altro esempio applicativo è il riciclo della CO<sub>2</sub> di fermentazione nella fase di trasformazione del mosto in vino. Parte del gas prodotto durante la fermentazione può essere recuperato e convertito in ghiaccio secco. Il ghiaccio secco viene poi utilizzato durante la vendemmia e nell'imbottigliamento o nel travaso per pompaggio dei vini bianchi e rosati, per rendere il vino inerte. Ad esempio, a fronte di una produzione di 50.000 hl di vini bianchi e rosati, si possono recuperare circa 6 tonnellate di CO<sub>2</sub> per ogni giorno di vendemmia, per un totale di 240 tonnellate di CO<sub>2</sub>. Visto che il consumo di CO<sub>2</sub> è di circa una tonnellata al giorno per questo tipo di produzione, questo consentirebbe di raggiungere l'autosufficienza durante il periodo<sup>22</sup>. Un altro modo di riciclare la CO<sub>2</sub> fermentativa è iniettarla nell'acqua di lavaggio per acidificarla. Abbassando il pH, si può dimezzare il tempo di risciacquo dopo la detartarizzazione o la disinfezione, riducendo così il consumo di acqua.

#### 1.2.5. Progettazione di edifici e strumenti di produzione efficienti dal punto di vista energetico

Per affrontare il cambiamento climatico, le infrastrutture agricole e di trasformazione delle colture perenni del Mediterraneo devono evolversi verso una maggiore efficienza energetica, resilienza e sostenibilità. Le cantine, i frantoi e gli impianti di confezionamento consumano una notevole quantità di energia per il riscaldamento, il raffreddamento e la ventilazione. Integrare l'efficienza energetica sin dalla fase di progettazione, con un'architettura intelligente, il controllo passivo del clima, sistemi alimentati da energie rinnovabili e layout ottimizzati, è fondamentale per ridurre il consumo energetico e i costi operativi, diminuendo così l'impronta ambientale della trasformazione degli alimenti.

I progetti nell'area del Mediterraneo evidenziano il successo di una progettazione efficiente dal punto di vista energetico negli impianti di trasformazione. In alcune strutture, ad esempio, l'architettura che utilizza il flusso gravitazionale riduce al minimo l'uso delle pompe, sfruttando le pendenze naturali per il trasferimento dell'uva e del mosto. Altri adottano tecniche di raffreddamento passivo, come cantine sotterranee, materiali ad alta massa termica, ventilazione naturale e tetti verdi per stabilizzare le temperature e ridurre la dipendenza dalla refrigerazione meccanica. Nel 2021, la cantina Perelada in Spagna è stata la prima in Europa certificata LEED®

(Leadership in Energy and Environmental Design) Gold, per l'eccezionale efficienza energetica, dalla costruzione alla gestione. Le caratteristiche principali includono l'uso dell'energia geotermica, un consumo efficiente di acqua ed elettricità, la scelta dei materiali, processi sostenibili, l'isolamento termico e la prevalenza della luce naturale. L'illuminazione serale utilizza una quantità minima di luce artificiale, gestita da un sistema di controllo avanzato. In Grecia e in Italia, sempre più spesso i frantoi vengono costruiti o dotati a posteriori di isolamento, illuminazione a LED ad alta efficienza e sistemi di recupero del calore che riutilizzano l'energia generata durante l'estrazione per riscaldare l'acqua.

Oltre alla progettazione e alle fonti energetiche, si possono adattare anche gli strumenti di produzione. Uno studio condotto dall'OIV ha rilevato che l'impiego di lieviti opportunamente selezionati e di protocolli di fermentazione correttamente definiti può determinare un notevole risparmio energetico nella vinificazione in bianco, senza compromettere la qualità. Inoltre, strumenti online, come quello sviluppato dall'IFV, aiutano i produttori a ottimizzare il consumo energetico stimando il fabbisogno di refrigerazione. Questo strumento consente di dimensionare gli impianti di refrigerazione o di visualizzare i picchi di raffreddamento necessari durante la vendemmia<sup>23</sup>.

## 2. ADATTAMENTI DELLA FILIERA: LA FILIERA OLIVICOLA NEL SALENTO (ITALIA MERIDIONALE) DOPO L'INTRODUZIONE DELLA *XYLELLA FASTIDIOSA* SUBSP. *PAUCA* (XF)

Nel Salento, nell'Italia meridionale, l'agroecosistema olivicolo esiste da oltre 4.000 anni. Si tratta di un patrimonio locale di inestimabile valore paesaggistico, con antichi oliveti composti prevalentemente da varietà autoctone come l'Ogliarola Salentina e la Cellina di Nardò<sup>24</sup>. Questi oliveti erano comunemente gestiti con sistemi a basso input, adatti al clima mediterraneo secco della zona. Il suolo veniva gestito con una lavorazione minima, sfruttando la fertilità naturale, mentre l'irrigazione era utilizzata raramente, eccezion fatta per i periodi di siccità estrema. Si potava ogni 4 o 6 (o più) anni, con una periodicità finalizzata al mantenimento della struttura dell'albero e a facilitare l'accesso, mentre la raccolta delle olive avveniva prevalentemente a mano, da terra, o in modo semi meccanico sugli olivi più alti, per ottimizzare la resa e la qualità dell'olio.

L'epidemia di XF nel 2013 ha provocato devastazioni su vasta scala, colpendo in modo particolare le cultivar di olivo predominanti nella regione. Questo agente patogeno, soggetto a quarantena, ha causato il rapido declino e la morte degli alberi, imponendo l'estirpazione degli ulivi secolari contaminati, con la conseguente scomparsa di 21 milioni di alberi e lo sconvolgimento dei sistemi tradizionali di produzione dell'olio d'oliva. La filiera locale dell'olivo ha reagito con una profonda trasformazione, orientandosi verso la coltivazione di varietà resistenti come la Leccino e la Favolosa (FS-17), che si sono dimostrate tolleranti al patogeno<sup>25</sup>. Introducendo oliveti giovani e resistenti, le pratiche culturali si sono evolute in modo significativo. La gestione del suolo è diventata maggiormente proattiva, integrando sostanze organiche e la ripuntatura per migliorare lo sviluppo delle radici e il vigore degli alberi. Si sono ampiamente adottati sistemi moderni di irrigazione a goccia per garantire la corretta disponibilità di acqua, soprattutto nei periodi siccitosi, sempre più frequenti a causa del cambiamento climatico. Sono stati adattati anche i metodi di potatura: mentre sugli alberi secolari vengono effettuati interventi minimi, gli oliveti più

giovani sono ora potati ogni anno per regolare la struttura della chioma, facilitare la meccanizzazione e migliorare il controllo dei patogeni. Il processo di raccolta è stato modernizzato e interamente meccanizzato ed è compatibile con la struttura uniforme delle piantagioni più recenti. Questi adattamenti riflettono un cambiamento sistematico più ampio, dall'agricoltura tradizionale di tipo estensivo a un modello più intensivo, resiliente e tecnologico. Anche se questa evoluzione comporta costi operativi più elevati e cambiamenti del paesaggio, offre un percorso valido per sostenere la produzione di olio d'oliva nel Salento a fronte delle attuali sfide biologiche e ambientali. Nel Salento sono state organizzate numerose iniziative sociali a sostegno dell'agricoltura e degli agricoltori che desiderano ripristinare gli oliveti, come l'associazione OLIVAMI.

### 3. DIVERSIFICAZIONE E STRATEGIE DI ADATTAMENTO SU SCALA AZIENDALE

È essenziale adattare i processi della filiera alimentare per affrontare gli impatti immediati del cambiamento climatico, ma la vera resilienza richiede un approccio più ampio e sistematico. La diversificazione e le strategie di adattamento su scala aziendale sono fondamentali per costruire sistemi agricoli più robusti, in grado di resistere alla variabilità del clima a lungo termine. Integrando queste strategie, i produttori possono non solo mitigare i rischi ma anche migliorare la sostenibilità e la redditività economica dei sistemi culturali perenni del Mediterraneo.

#### 3.1. Diversificazione culturale a favore della resilienza economica e ambientale

La diversificazione delle colture è essenziale per gli agricoltori del Mediterraneo. Aiuta a mitigare gli effetti del cambiamento climatico, migliorando al contempo la salute del suolo e la resilienza economica. A differenza delle monoculture, i sistemi diversificati riducono la vulnerabilità agli eventi meteorologici estremi e alle fluttuazioni del mercato, distribuendo il rischio tra le specie e le varietà<sup>26, 27</sup>.

La diversificazione può includere strategie intraspecifiche, come la selezione di varietà resistenti alla siccità o al calore, come le olive Koroneiki, Arbequina, Lechin de Sevilla e Picholine Marocaine. Le cultivar a maturazione precoce contribuiscono a evitare lo stress causato dalla ridotta umidità del suolo. I sistemi interspecifici, con colture complementari come mandorle, fichi e melograni, migliorano la resilienza e ottimizzano l'uso delle risorse<sup>28</sup>. Questi sistemi riducono l'uso di sostanze chimiche grazie alla regolazione naturale dei parassiti e al miglioramento dei microclimi<sup>29</sup>.

La consociazione di piante medicinali e aromatiche con alberi perenni nel bacino del Mediterraneo può incrementare la resa, controllare parassiti/agenti patogeni e infestanti e migliorare la salute del suolo<sup>30</sup>. Nel sud della Spagna, la consociazione degli oliveti con erbe aromatiche come lavanda, timo e rosmarino si è rivelata efficace, attirando gli impollinatori e fornendo un reddito secondario grazie agli oli essenziali e all'essiccazione delle foglie<sup>31</sup>.

L'agroforestazione e l'agricoltura mista, in cui alberi come il carrubo o il pistacchio sono intercalati con legumi o cereali, migliorano il ciclo dell'azoto e diversificano il reddito<sup>32</sup>. La diversificazione temporale, come la rotazione delle colture e i raccolti scaglionati (ad es. prima le

albicocche, le pesche a metà stagione e infine i melograni), favorisce la salute del suolo e la stabilità economica per tutto l'anno.

Il riscaldamento globale e le crisi economiche minacciano la produzione orticola e ornamentale nel Mediterraneo, creando nuove sfide e opportunità. La pitaya, o frutto del drago, offre un potenziale significativo come nuova coltura, perché richiede una quantità minima di acqua e predilige le temperature elevate. C'è una crescente domanda da parte dei consumatori di frutti esotici e la pitaya è riconosciuta a livello globale come superfrutto<sup>33</sup>.

### **3.2. Diversificazione del reddito e sviluppo del mercato**

Per migliorare la resilienza climatica, i frutticoltori del Mediterraneo possono diversificare il proprio reddito con attività extra-agricole. Le attività agrituristiche, che comprendono soggiorni presso le aziende agricole, la raccolta guidata dei prodotti e le degustazioni, garantiscono entrate fuori stagione e promuovono il patrimonio locale<sup>34</sup>. Alcuni esempi sono i tour dei vigneti e le degustazioni di vino in Toscana, i laboratori sull'olio d'oliva in Andalusia, le passeggiate negli agrumeti in Sicilia e le feste dei mandorli in fiore a Maiorca. In Istria e Dalmazia (Croazia) ci si concentra sull'agriturismo che offre attività come la spremitura dell'olio d'oliva, l'essiccazione dei fichi e la degustazione di prodotti locali. Queste attività avvicinano i visitatori ai paesaggi tradizionali e sostengono al contempo le vendite agricole.

La realizzazione di prodotti a valore aggiunto da colture perenni aumenta la redditività delle aziende agricole e riduce la dipendenza dai mercati volatili. L'uva può essere trasformata in vino, succo, uva passa o olio di vinaccioli, apprezzati da diversi segmenti di consumatori<sup>35</sup>. Gli olivicoltori possono produrre olio extravergine di oliva, oli aromatizzati, tapenade e cosmetici<sup>36</sup>. Gli agrumi danno oli essenziali, marmellate, scorze candite e fette essiccate per tè o cocktail e sono una fonte preziosa di composti bioattivi per un uso alimentare, farmaceutico e biomedico<sup>37</sup>,<sup>38</sup>. La frutta secca del Mediterraneo viene trasformata in farine vegetali, bevande e snack ad alto contenuto proteico, in risposta alla domanda di alimenti sostenibili e salutari.

Altre strategie di diversificazione del reddito includono laboratori di artigianato agricolo, in cui i visitatori possono imparare a fare il formaggio o il pane o a tingere con coloranti naturali ricavati dalle piante dell'azienda agricola, nonché soggiorni benessere. Lo yoga nei vigneti, i corsi di cucina mediterranea o le passeggiate alla ricerca di erbe aromatiche possono attirare vari tipi di turisti, interessati a esperienze autentiche a contatto con la natura. Iniziative di questo tipo richiedono un investimento iniziale ma garantiscono stabilità a lungo termine e nuovi canali di commercializzazione.

I principi dell'economia circolare possono favorire la sostenibilità. Ad esempio, si possono riutilizzare le vinacce come compost, mangime per animali o colorante naturale<sup>39</sup>,<sup>40</sup>; i noccioli delle olive possono essere trasformati in biocombustibili o bioplastica e si possono usare le bucce degli agrumi nei prodotti per la pulizia o negli oli essenziali. Queste pratiche riducono gli sprechi, abbassano i costi e generano nuovi ricavi dai sottoprodotti agricoli.

Collaborando con gli uffici turistici locali, le agenzie di viaggio sostenibili e le reti culturali si può aumentare la visibilità e raggiungere un numero maggiore di clienti. Unendo la trasformazione a valore aggiunto con l'agriturismo e le pratiche circolari, gli agricoltori del Mediterraneo riescono a

ridurre i rischi dovuti al cambiamento climatico, migliorare la sicurezza del reddito e contribuire a economie rurali vivaci, radicate nel patrimonio e nell'innovazione.

### 3.3. Migliorare le competenze del personale: l'esempio di un'azienda vinicola

Il progetto [GreenVineyards](#) migliora le competenze che servono ai lavoratori del settore vitivinicolo per affrontare il cambiamento climatico. L'aggiornamento professionale del personale della cantina è essenziale per garantire resilienza e sostenibilità, creare un'impronta ecologica positiva, preparare i lavoratori a professioni "verdi" e prevenire la carenza di competenze, aiutando così le aziende vinicole a restare competitive e responsabili. Il corso, articolato in 13 unità, punta a colmare le lacune professionali del settore per promuovere un'industria vinicola sostenibile, con una particolare attenzione per i seguenti aspetti:

- La viticoltura resiliente al clima si concentra sulla selezione di vitigni resistenti alla siccità, sull'irrigazione ottimizzata e sulla gestione del suolo per garantire la produttività nel contesto del cambiamento climatico.
- La vinificazione sostenibile forma il personale in materia di pratiche efficienti dal punto di vista energetico, agricoltura biologica ed energie rinnovabili per ridurre l'impronta di carbonio.
- Il progresso tecnologico presuppone competenze digitali. La formazione sui sensori climatici, l'analisi IA e la tracciabilità digitale aiutano le cantine a ottimizzare la gestione e le catene di approvvigionamento.
- Imparare a conoscere vitigni alternativi, il packaging sostenibile e la distribuzione ecosostenibile migliora la capacità del personale di far fronte alle esigenze del mercato e del cambiamento climatico.
- Comprendere le politiche sul clima e le certificazioni in materia di sostenibilità è funzionale al rispetto delle normative e alla competitività. La formazione sulla produzione biologica, biodinamica e carbon neutral, insieme alla partecipazione a programmi relativi ai crediti di carbonio, rafforza gli sforzi a favore dell'azione per il clima.
- Investire nella formazione continua rafforza la resilienza e la sostenibilità delle aziende vinicole.

È fondamentale disporre di personale qualificato per riuscire ad adattarsi al cambiamento climatico e garantire un futuro solido all'industria vinicola.

# **SOTTOARGOMENTO 5**

## **CONSERVARE LA BIODIVERSITÀ NELL'AREA DEL MEDITERRANEO PER UNA MAGGIORE RESILIENZA AI PROBLEMI LEGATI AL CAMBIAMENTO CLIMATICO**

## SOTTOARGOMENTO 5

### Conservare la biodiversità nell'area del Mediterraneo per una maggiore resilienza ai problemi legati al cambiamento climatico

La perdita di biodiversità e il cambiamento climatico sono due sfide ambientali importanti e l'agricoltura intensiva ha un impatto significativo sul degrado degli ecosistemi. L'uso diffuso di prodotti chimici sintetici per l'agricoltura e l'omogeneizzazione dei paesaggi agricoli hanno contribuito a un rapido declino della flora e della fauna. Secondo il Living Planet Report 2022 del WWF<sup>1</sup>, le popolazioni di fauna selvatica sono diminuite in media del 69% negli ultimi 50 anni. Se il cambio di uso del suolo resta un fattore chiave, il cambiamento climatico diventerà il principale responsabile della perdita di biodiversità entro la metà del secolo<sup>2</sup>. La conservazione della biodiversità del Mediterraneo è fondamentale per la resilienza degli ecosistemi, l'agricoltura sostenibile e la sicurezza alimentare. Un'agricoltura insostenibile causa invece la perdita di biodiversità. Iniziative come la [strategia dell'UE per la biodiversità per il 2030](#) (per proteggere il 30% delle terre e dei mari), il Piano d'azione della FAO per il 2024-2027 (gestione sostenibile delle terre e delle acque) e le strategie nazionali a favore della biodiversità promuovono il ripristino degli habitat e un uso sostenibile delle risorse. Coordinare le strategie globali, regionali e locali è fondamentale per integrare la conservazione della biodiversità negli sforzi di adattamento climatico, garantendo la stabilità degli ecosistemi a lungo termine e la sostenibilità agricola.

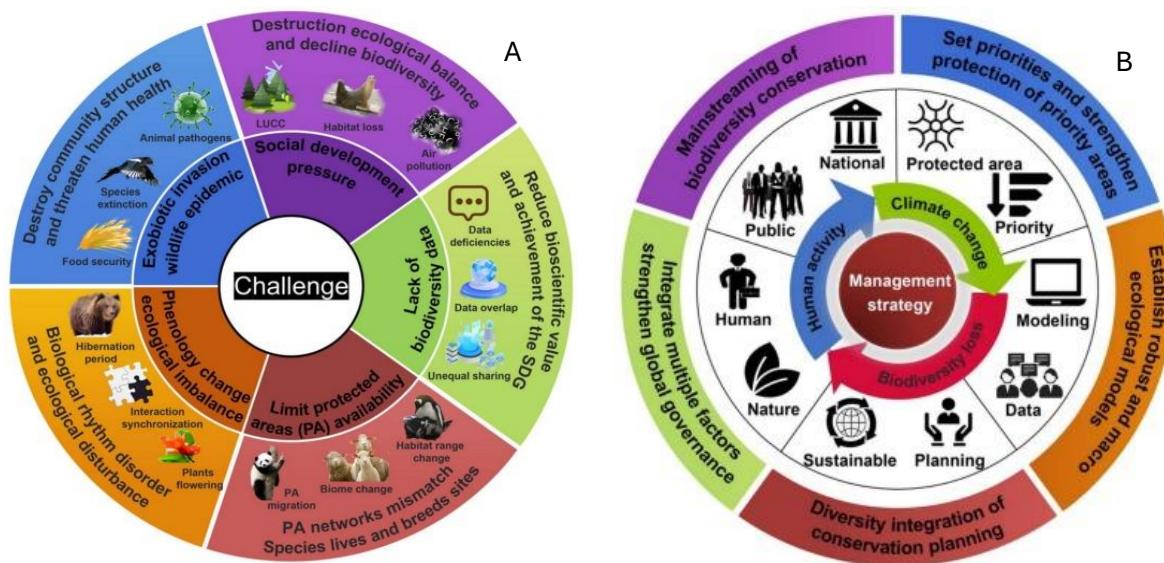


Fig. 1. Conservazione della biodiversità nel contesto del cambiamento climatico: A) sfide B) strategie di gestione<sup>3</sup>

Nella regione del Mediterraneo si implementano pratiche agroecologiche innovative per conservare la biodiversità e affrontare le sfide (fig. 1A). Nel quadro per la biodiversità 2030, il successo dell'implementazione dipenderà dalla pianificazione integrata della conservazione tra

scienziati e decisori politici. La fig. 1B illustra le strategie di gestione per la conservazione della biodiversità nel contesto del cambiamento climatico.

Questa revisione presenta un elenco non esaustivo di esempi di pratiche del progetto Climed-Fruit e diverse altre iniziative che contribuiscono a conservare e aumentare la biodiversità nelle colture perenni del Mediterraneo a livello di coltura, campo, azienda agricola e paesaggio.

## 1. CONSERVARE LA DIVERSITÀ DELLE COLTURE

Il cambiamento climatico è uno dei principali responsabili della perdita di biodiversità e minaccia la sopravvivenza del patrimonio strategico di risorse genetiche culturali, necessario per adattare i sistemi di produzione alle sfide del futuro. I sistemi agricoli moderni si basano però spesso su una base genetica limitata, con un conseguente aumento del rischio di erosione genetica e una riduzione della capacità del settore di rispondere alle sfide future.

In questa sezione si esaminano diverse strategie per la conservazione e l'utilizzo delle risorse genetiche culturali, dalla salvaguardia delle varietà tradizionali alla selezione di nuove cultivar. In essa si sottolinea l'importanza della conservazione ex situ e in situ, della riscoperta di antiche varietà e parenti selvatici e dello sviluppo di nuove cultivar resistenti, come le varietà di uve PIWI, che mirano a ridurre gli apporti chimici, garantendo al contempo la sostenibilità a lungo termine.

### 1.1. Evitare il rischio di erosione genetica

La diversità genetica è essenziale per promuovere colture resistenti, soprattutto nei confronti del cambiamento climatico. L'agrobiodiversità, che comprende una varietà di specie culturali e di varietà locali, è una risorsa preziosa perché fornisce un pool genetico per l'adattamento al clima e la resistenza alle malattie. Inoltre, i parenti selvatici delle colture e le varietà locali costituiscono una fonte cruciale, ma sottoutilizzata, di diversità genetica per la selezione di cultivar tolleranti al calore e alla siccità e per il miglioramento della resistenza alle malattie e ai parassiti.

#### 1.1.1. La perdita di diversità genetica per le colture perenni nella regione del Mediterraneo

Nelle colture perenni mediterranee, come olive, uva e alberi da frutto, la diversità genetica ha reso possibile, nel corso della storia, l'adattamento a un'ampia gamma di condizioni ambientali, di parassiti e di malattie. Tuttavia, le pratiche agricole moderne, improntate alla ricerca di rese elevate e all'uniformità del mercato, hanno ridotto in modo significativo il numero di specie e varietà coltivate. Questa tendenza aumenta la vulnerabilità di questi sistemi nei confronti della variabilità climatica, delle malattie emergenti e del degrado del suolo, rendendo cruciale conservare e promuovere la diversità genetica nei sistemi culturali perenni. Ad esempio, per quanto riguarda le olive, sebbene siano state individuate 139 varietà<sup>4</sup> in tutto il Mediterraneo (IOC, 2000)<sup>5</sup>, solo poche varietà sono piantate nei frutteti moderni. In Spagna (il principale paese produttore di olive), solo tre varietà (Picual, Arbequina e Hojiblanca) sono presenti in oltre il 90% degli oliveti e dominano la produzione. Anche l'uso diffuso di oliveti ad altissima densità, che richiedono grandi input, come l'acqua per l'irrigazione, e che si basano su un numero limitato di cloni di poche varietà, può rivelarsi problematico nel quadro del cambiamento climatico.

### 1.1.2. Azione principale per il recupero e la conservazione delle risorse genetiche delle colture perenni nella regione del Mediterraneo

#### ❖ *Recupero e conservazione delle risorse genetiche delle colture perenni in Spagna*

La conservazione delle risorse genetiche vegetali si è basata tradizionalmente su metodi ex situ, come le banche di geni, in cui le piante sono conservate al di fuori dei loro habitat naturali. Tra gli esempi più significativi vi sono la collezione di vigneti El Encín a Madrid (3.000 accessioni di viti) e la banca del germoplasma olivicolo Alameda del Obispo a Córdoba (più di 800 varietà di olive). Il cambiamento climatico ha però evidenziato la necessità di un approccio complementare, che integri la conservazione in situ e la conservazione delle piante nel loro ambiente naturale. Questo include le riserve genetiche (monitoraggio delle popolazioni selvatiche) e la conservazione in azienda, dove gli agricoltori gestiscono la diversità delle piante coltivate. I programmi nazionali adottano sempre di più questo approccio per mantenere l'adattabilità delle colture.

#### ❖ *Recupero e conservazione delle risorse genetiche delle colture perenni in Francia*

Per quanto riguarda la vite, la Francia ha sviluppato un vasto patrimonio viticolo, che comprende varietà antiche, incroci moderni e mutazioni. Le collezioni hanno documentato circa 550 varietà<sup>6</sup>, di cui 377 ufficialmente autorizzate per la coltivazione nel catalogo nazionale ufficiale francese dei vitigni. Gli sforzi effettuati per la conservazione, mediante conservatori sottoposti a valutazioni agronomiche, svolgono un ruolo cruciale nella prevenzione dell'erosione genetica. Ogni anno vengono aggiunte all'elenco nuove varietà - sia vitigni tradizionali francesi e stranieri, sia selezioni moderne - che arricchiscono la diversità viticola della Francia.

#### ❖ *Recupero e conservazione delle risorse genetiche delle colture perenni in Italia*

Il [Mediterranean Germplasm Database](#) (MGD) è la banca dati di riferimento per la collezione di germoplasma di piante agroalimentari conservato presso l'Istituto di Bioscienze e Biorisorse (IBBR) del Consiglio Nazionale delle Ricerche (CNR) a Bari, Italia. La collezione contiene circa 220 accessioni di agrumi di grande valore agronomico, storico e ornamentale, oltre 200 accessioni di olivi domestici e selvatici e circa 480 accessioni di vite. Le varietà appartengono prevalentemente ai sistemi agroalimentari mediterranei, alcuni dei quali rivestono una grande importanza economica. Il principale obiettivo della collezione del Perennial Plants Germplasm Repository ([PPGR](#)) è salvaguardare le risorse genetiche delle piante perenni che risultano interessanti per l'agricoltura italiana e mediterranea.

Inoltre, presso il Centro di Ricerca, Sperimentazione e Formazione in Agricoltura Basile Caramia ([CRSFA](#)) a Locorotondo (Italia meridionale) si trova il centro regionale per la conservazione ex situ di piante da frutto, viti e olivi autoctoni. I campi di conservazione del germoplasma sono ubicati in varie località, in modo da soddisfare i diversi fabbisogni pedologici e climatici delle specie. Le campagne di Locorotondo ospitano circa 2.500 accessioni appartenenti a 540 cultivar distinte di vite (germoplasma regionale, nazionale e internazionale). I campi per la raccolta del germoplasma viticolo verranno ingranditi presso la sezione operativa di Ferragnano, a Locorotondo, e la collezione esistente aumenterà incorporando nuove accessioni. A Palagiano è stato istituito un nuovo campo di conservazione per il germoplasma migliorato dal punto di vista sanitario nell'area della Conca d'Oro, dove ci sono anche 220 accessioni circa di 62 diverse cultivar di olivo (germoplasma regionale ed extraregionale). Il sito contiene anche 93 accessioni di arancio dolce, clementina, mandarino, limone, lime e relativi ibridi e portainnesti. Le campagne

di Locorotondo ospitano inoltre circa 1.000 varietà di specie di frutta: 210 mandorli, 215 fichi, 193 peri, 80 ciliegi, 70 peschi, 64 albicocchi, 52 susini, 32 meli e 60 alberi da frutta minori.

### 1.2. Esplorazione di varietà antiche o selvatiche potenzialmente interessanti a fronte del cambiamento climatico.

Nel Mediterraneo si stanno riscoprendo varietà di colture locali per la loro resilienza a condizioni estreme e per il loro contributo alla diversità alimentare<sup>7, 8</sup>. Queste varietà si sono adattate ad ambienti dalle risorse limitate e possono rappresentare un'alternativa alle colture moderne ad alta resa, che per effetto della selezione intensiva non sono più resistenti ai fattori di stress<sup>9</sup>.

Restando nell'ambito della viticoltura, bisogna considerare le risorse selvatiche della sottospecie *Vitis vinifera* ssp. *sylvestris* (vite selvatica). Sono in pericolo critico, con solo poche centinaia di individui registrati in Francia, per esempio, spesso isolati o in piccole popolazioni, incapaci di rigenerarsi naturalmente e che registrano un calo di anno in anno. Alcune di queste viti selvatiche sono conservate nella collezione ampelografica nazionale pubblica ([INRAE Domaine de Vassal](#), Francia) o in conservatori regionali (ad es. Francia sud-occidentale, Charentes). I partner della ricerca conducono numerosi studi di caratterizzazione della diversità. Alcune varietà possono mostrare caratteristiche maggiormente adattate al cambiamento climatico (periodo di maturazione, livello di acidità, architettura della chioma ecc.) e le osservazioni aggiuntive includono l'analisi dei precursori aromatici, le valutazioni dello stress idrico e la ricerca sulla resistenza alle malattie. [Il progetto Valovitis](#), ad esempio, ha studiato per più di tre anni oltre 60 varietà di uva dimenticate, originarie dei territori dei Pirenei (Francia sud-occidentale e Spagna settentrionale). Sono stati rilevati i loro tratti agronomici ed enologici ed è stato realizzato un [catalogo](#). Attività simili sono in corso in Spagna ([progetto VITISAD](#)) e in Italia.

### 1.3. La diversità genetica come risorsa contro le malattie

Alla luce della crescente pressione delle malattie, aggravata dal cambiamento climatico, la diversità genetica è fondamentale per garantire la resilienza e la sostenibilità delle colture perenni del Mediterraneo. Gli agricoltori e i ricercatori sono in grado di mitigare l'impatto dei principali agenti patogeni, pur salvaguardando la produttività, sfruttando la diversità a diversi livelli: portainnesti, cultivar e programmi di selezione. Dalla selezione di portainnesti resistenti per l'olivo e gli agrumi alla selezione di varietà di vite resistenti alle malattie, la biodiversità è fondamentale nel ridurre la dipendenza dagli apporti chimici e nel migliorare l'adattamento a lungo termine delle colture. In questa sezione si esplorano varie strategie con esempi che dimostrano come la diversità genetica contribuisca alla gestione delle malattie nei sistemi perenni, concentrandosi sui casi di studio dell'olivo, degli agrumi e della viticoltura.

#### 1.3.1. Creare nuove varietà: l'esempio dei PIWI

Anche la selezione delle piante è un pilastro che andrebbe integrato nella diversità delle colture. Negli ultimi 15 anni, lo sviluppo di varietà di vite resistenti alle malattie fungine (PIWI) ha subito un'accelerazione. Questo rientra nella strategia dell'industria vitivinicola di riduzione dell'uso di prodotti fitosanitari, che è una delle principali sfide per il settore. L'accettazione da parte dei consumatori e la qualità dei vini prodotti con vitigni PIWI sono aspetti fondamentali per l'adozione

di queste varietà, e queste sono alcune delle questioni affrontate dal progetto [SUWIR](#) condotto in Alto Adige. Il lavoro più recente svolto in Francia ha portato alla creazione delle cosiddette varietà ResDur (dal francese '*résistances durables*', cioè 'resistenza a lungo termine'), che combinano diversi fattori di resistenza secondo il principio del gene pyramiding. Dall'inizio del programma sono state realizzate tre serie di incroci. Nel 2018, nel catalogo nazionale ufficiale francese dei vitigni, sono state registrate e classificate quattro varietà ResDur 1: Artaban N, Vidoc N, Floreal B e Voltis B. Nel 2022, cinque nuove varietà hanno arricchito la gamma di nuove varietà del programma ResDur incluse nel catalogo nazionale ufficiale: Coliris N, Lilaro N, Sirano N, Selenor B e Opalor B.

### 1.3.2. La selezione del portainnesto come strategia contro le malattie

Nell'olivicoltura, la *verticilliosi* rappresenta la malattia fungina più grave, causa di un'elevata mortalità degli alberi e perdite a livello di resa, in particolare nelle regioni del Mediterraneo. La suscettibilità degli olivi a *V. dahliae* è influenzata dalla virulenza del patogeno e dal background genetico della pianta ospite. Una ricerca condotta in Spagna ha dimostrato che i portainnesti preventivi o resistenti sono più efficaci rispetto a quelli tolleranti nel ridurre la suscettibilità della pianta innestata a *V. dahliae*<sup>10</sup>. La cultivar 'Picual' innestata su GUA3, AMK27 e soprattutto la cultivar 'Frantoio', hanno manifestato meno sintomi e un ritardo nello sviluppo della malattia, presentando una bassa area relativa sotto la curva di avanzamento della malattia (RAUDPC), sintomi moderati con gravità media finale (FMS) e una bassa percentuale di piante morte (PDP) (fig. 2).

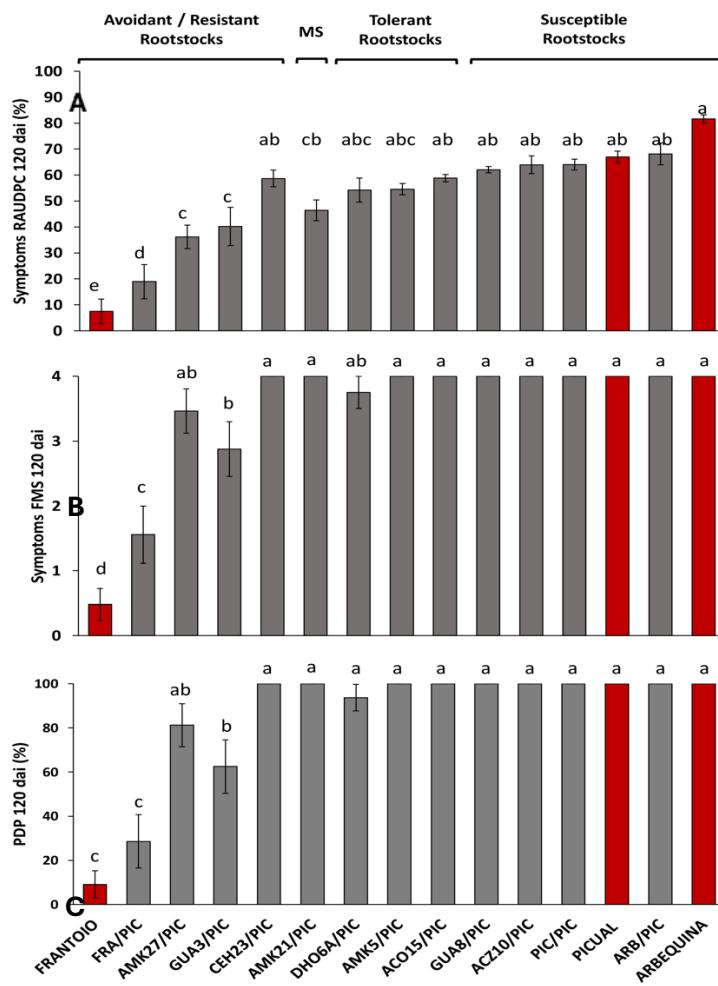


Fig. 2. RAUDPC (A), FMS (B) e PDP (C) della cultivar 'Picual' innestata su diversi portainnesti di olivo inoculati con l'isolato defoliante di *Verticillium dahliae* VD117, a 120 giorni dall'inoculazione (dai). Le barre rosse corrispondono alle cultivar di riferimento non innestate: 'Frantoio', che è resistente, 'Arbequina', moderatamente suscettibile, e 'Picual', estremamente suscettibile, in base ai livelli di resistenza descritti da [López-Escudero et al. \(2007\)](#).

Il Citrus tristeza virus (CTV) ha devastato la produzione agrumicola negli ultimi anni, causando la perdita di quasi 100 milioni di piante, tra cui aranci dolci, mandarini e pompelmi, propagati su arancio amaro (*C. aurantium*), che è il portainnesto storicamente dominante nel bacino del Mediterraneo. Pochi genotipi hanno dato risultati promettenti come portainnesti tolleranti al CTV, combinando un'alta resa, qualità dei frutti e resistenza ai fattori di stress abiotici (gelo, salinità) e biotici (*Phytophthora* spp., i viroidi *Exocortis* degli agrumi e i viroidi del luppolo). Tra questi, spiccano come valide alternative il limone Volkamer (*C. volkameriana*), il citrange Carrizo (*C. sinensis* × *Poncirus trifoliata*) e Forner-Alcaide n. 5 (*C. reshni* × *P. trifoliata*)<sup>11</sup>. Una nuova malattia sta provocando gravi danni alle coltivazioni di agrumi in aree della Florida, del Brasile e della California: l'HLB, causata dal batterio *Candidatus liberibacter*. Non esiste una cura per questa malattia e si ritiene che il suo controllo si baserà sull'uso di portainnesti resistenti o tolleranti alla crescita del batterio. Questi portainnesti sono attualmente oggetto di ricerca da parte di università in tutto il mondo.

### 1.3.3. Selezione di cultivar tolleranti/resistenti come strategia contro le malattie

*Xylella fastidiosa* subsp. *pauca* (Xfp) è un patogeno batterico che ha causato perdite economiche e ambientali significative agli olivi dell'Europa meridionale, in particolare in Italia, con misure legislative ([decisione di esecuzione \(UE\) 2017/2352 della Commissione](#)) che hanno limitato i nuovi impianti nelle aree infette a varietà resistenti. Nel Salento (Italia meridionale), è stata confermata la resistenza della cultivar Leccino in campo rispetto all'Ogliarola salentina <sup>12</sup>. Si sono individuati ulteriori tratti di resistenza nella cultivar brevettata FS17® (Favolosa®), caratterizzata da una bassa popolazione batterica e da un disseccamento limitato<sup>13</sup>. Uno studio condotto in campo a Cassano delle Murge (Bari) ha valutato queste cultivar in un sistema ad altissima densità (SHD), rivelando la forte adattabilità e l'alto potenziale di resa di FS17®. Per contro, la Leccino e altre cultivar tradizionali si sono dimostrate meno adatte alla produzione intensiva<sup>14</sup>.

## 2. AUMENTARE LA BIODIVERSITÀ A LIVELLO DI APPEZZAMENTO E DI AZIENDA AGRICOLA

Per migliorare la biodiversità all'interno di un appezzamento e a livello di azienda agricola, si possono adottare molte pratiche. Favorire la presenza di infrastrutture verdi è un metodo iniziale che si è dimostrato valido, perché svolgono un ruolo chiave per la salute del suolo, nel controllo biologico dei parassiti e nei servizi di impollinazione. Queste infrastrutture sono spesso considerate reti di aree naturali e seminaturali multifunzionali, progettate o conservate e gestite per sostenere la fornitura di servizi ecosistemici e la conservazione della biodiversità.

Il [progetto LIFE IGIC](#) ha adottato questo approccio, implementando varie forme di infrastrutture verdi all'interno degli oliveti. Sono stati creati microhabitat come rifugi in pietra, cumuli di ramaglie e pozze d'acqua, che costituiscono siti preziosi per la nidificazione e il rifugio della fauna. Il progetto prevede anche che vengano piantate varie specie, tra cui piante aromatiche e medicinali, arbusti e alberi che possono essere usati come colture di copertura e siepi e per migliorare la biodiversità.

Sono molte le pratiche agricole che possono essere adottate per realizzare ulteriori infrastrutture verdi o per migliorare quelle esistenti. Nella sezione che segue vengono descritte alcune delle principali pratiche.

### 2.1. Consociazione

La consociazione, che consiste nel coltivare contemporaneamente diverse colture per aumentare la biodiversità, è una forma specifica di coltura promiscua, in cui due o più colture vengono coltivate nello stesso campo nell'arco di un anno, per ottenere una produzione più sostenibile e redditizia. La consociazione offre diversi benefici all'ecosistema agricolo, come un maggiore utilizzo delle risorse naturali, come l'acqua e le sostanze nutritive, una maggiore conservazione delle risorse e la promozione della biodiversità del suolo<sup>15</sup>. Tra i vantaggi aggiuntivi vi sono una migliore gestione dei parassiti e delle malattie, popolazioni più elevate di impollinatori e nemici naturali grazie alla consociazione floreale e una maggiore stabilità a livello di resa rispetto alle monocolture (fig. 3).

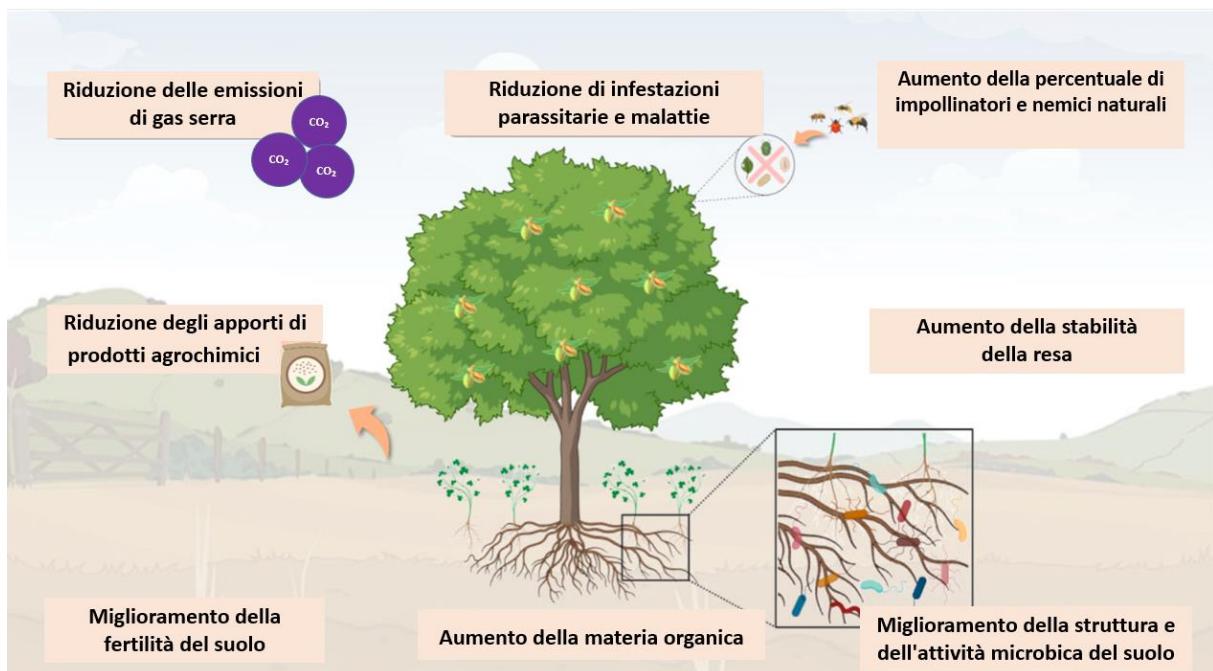


Fig. 3. Benefici derivanti dalla relazione interspecifica tra le colture nel sistema di consociazione<sup>16</sup>

L'inserimento di colture di copertura, leguminose o piante aromatiche tra i filari delle colture principali aumenta la diversità vegetale, influenzando direttamente la biodiversità complessiva dell'ecosistema. Inoltre, le diverse altezze delle piante, i sistemi radicali e le modalità di crescita creano microhabitat che favoriscono vari organismi. Le colture promiscue aumentano la popolazione di diversi artropodi, insetti e uccelli<sup>17</sup>. La consociazione di piante aromatiche e medicinali con alberi di frutta a guscio all'interno di sistemi di gestione integrata ha mostrato un potenziale significativo per l'aumento delle rese, il controllo dei parassiti/patogeni e delle infestanti e il miglioramento della salute del suolo e della qualità delle colture commerciali<sup>18</sup>. La consociazione può attirare potenzialmente degli insetti benefici, in grado di mantenere la popolazione di parassiti dannosi al di sotto del livello di soglia.

## 2.2. Coperture del suolo

### 2.2.1. Le coperture spontanee: un alleato naturale per incrementare la biodiversità nelle colture perenni

Degli studi recenti sulla biodiversità condotti in pereti e vigneti<sup>19, 20</sup> hanno dimostrato che una copertura spontanea favorisce i nemici naturali e in particolare aumenta la popolazione di imenotteri (86%), Orius laevigatus (80%), ragni (40%), acari e tripidi (100%). Uno studio analogo condotto in Spagna dal [GO CARBOCERT](#) ha valutato l'uso di una copertura permanente con vegetazione spontanea su corridoi, filari e pendii di mandorleti. In base ai risultati, la biodiversità è aumentata in modo significativo, pari al 76% secondo le stime, e ciò evidenzia i benefici ecologici di questo approccio.



Fig. 4. Copertura spontanea di terreni non irrigati (a sinistra) e copertura vegetale spontanea mantenuta tramite sfalcio (a destra)  
(foto: IRTA)

Si osservano risultati simili negli oliveti e in altre colture perenni<sup>21</sup>. È emerso che lo sfalcio della vegetazione naturale, invece della lavorazione del terreno, aumenta la biodiversità e può essere una risorsa a favore del parassitismo in generale della generazione antofaga della tignola dell'olivo *Prays oleae*<sup>22</sup>. Ha anche incrementato la ricchezza e la diversità delle specie vegetali, nonché la copertura erbosa e di paglia.

#### 2.2.2. Le colture di copertura: un fattore chiave per incrementare la salute del suolo e la biodiversità

Le colture di copertura sono piante coltivate principalmente per proteggere e migliorare la salute del suolo e non per il raccolto (a differenza della consociazione, che prevede la raccolta di tutte le colture). Rappresentano una soluzione sostenibile per mitigare l'erosione del suolo, la riduzione della fertilità dello stesso, la sua capacità di trattenere l'acqua, la perdita di biodiversità e altre alterazioni dell'ecosistema causate da eventi climatici estremi.

Uno studio condotto dal Centre for the Research and Technology of Agro-Environmental and Biological Sciences (CITAB)<sup>23</sup> in vigneti non irrigati, situati nella regione demarcata del Douro (Portogallo nord-orientale), ha valutato l'impatto della gestione della copertura del suolo sulla biodiversità funzionale dello stesso, sulle prestazioni della vite e sulla qualità dell'uva. Sono state applicate tre diverse pratiche di gestione del suolo nell'interfilare (lavorazione del terreno, rullatura e falciatura) (fig. 5) e sono stati valutati diversi parametri relativi alla biodiversità (flora, artropodi sulla superficie del suolo, decomposizione di materiale vegetale nel suolo e attività di alimentazione della microfauna e della mesofauna).



Fig. 5. a) TILL - terreno lavorato, b) MOW - sfalcio della vegetazione, c) ROLL - rullatura<sup>23</sup>

I risultati suggeriscono che le modalità di copertura del suolo (rullatura e sfalcio) hanno favorito una maggiore biodiversità funzionale. Le colture di copertura hanno aumentato gli artropodi epigei del 344% rispetto alla lavorazione del terreno. Il numero di predatori (*ragni, carabidi*) è aumentato del 77%. Le colture di copertura hanno influenzato positivamente in termini di abbondanza e ricchezza gli artropodi che vivono nel suolo, rappresentati principalmente da acari e collemboli, che sono aumentati, rispettivamente, di circa il 100% e il 77% (fig. 6). Anche l'indice di qualità biologica del suolo (QBS-ar), ottenuto utilizzando i dati sugli artropodi che lo abitano, è stato influenzato positivamente dalla copertura del suolo (con un aumento di circa il 62%).

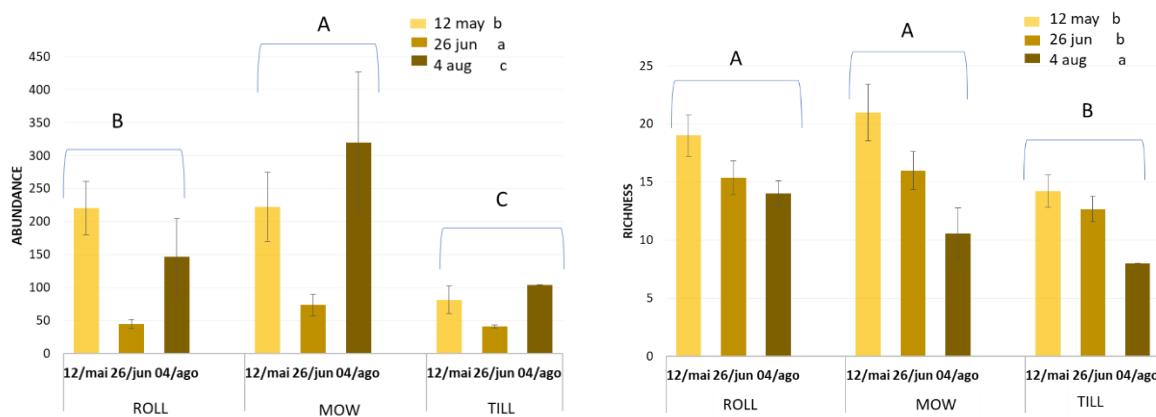


Fig. 6. Effetto della diversa gestione del terreno sull'abbondanza e la ricchezza di artropodi<sup>23</sup>

Un altro studio è stato condotto nell'ambito del progetto [GASCOGN'INNOV](#) in Guascogna, nel sud della Francia, e ha valutato l'impatto di diverse pratiche viticole sulla biologia del suolo in 23 appezzamenti di prova con diversi tipi di suolo. Lo studio si è concentrato sul sovescio, una coltura di copertura ricca di specie di leguminose che migliora la fertilità e la struttura del suolo producendo biomassa che viene restituita al terreno. In base ai risultati, il sovescio e una ridotta perturbazione del suolo hanno migliorato la biodiversità di circa il 29-45%, con un impatto

positivo sull'abbondanza e l'attività dei lombrichi, un aumento della biomassa microbica e dell'attività biologica nel suolo e benefici per le popolazioni di artropodi e microartropodi mediante la pacciamatura, senza influire negativamente sulla biomassa microbica. Si sono osservati risultati analoghi nell'ambito del [GO Nuove pratiche negli oliveti non irrigati](#) in Portogallo, che ha valutato l'impatto delle leguminose di copertura a ciclo breve e a risemina naturale sulla biodiversità, stimando un miglioramento del 45%. Inoltre, una minore intensità della lavorazione del terreno e una maggiore durata della copertura vegetale hanno favorito l'abbondanza di lombrichi, nematodi, batteri e funghi, senza però aumentarne necessariamente la diversità<sup>24, 25</sup>.

### 2.2.3. Pacciamatura: riciclare a favore della biodiversità

La pacciamatura nelle colture perenni prevede la copertura della superficie del terreno con materiali organici (ad es. paglia, trucioli di legno, compost) o inorganici (ad es. pellicole in plastica) per conservare l'umidità, sopprimere le infestanti, regolare la temperatura del terreno e migliorare la salute del suolo. Aumenta anche la biodiversità, stimolando la vita microbica nel suolo e riducendo l'erosione.

Il [GO GO CITRICS](#) ha riciclato paglia di riso come pacciame per i filari dell'agrume, per favorire l'adattamento a condizioni estreme di caldo e siccità. Tra i numerosi vantaggi, tra cui il risparmio idrico, un migliore controllo delle infestanti, l'abbassamento della temperatura del suolo e il miglioramento della struttura e della fertilità dello stesso, aumenta anche del 15% (stima) la biodiversità legata ai microrganismi e ai vermi presenti nel terreno (fig. 7).

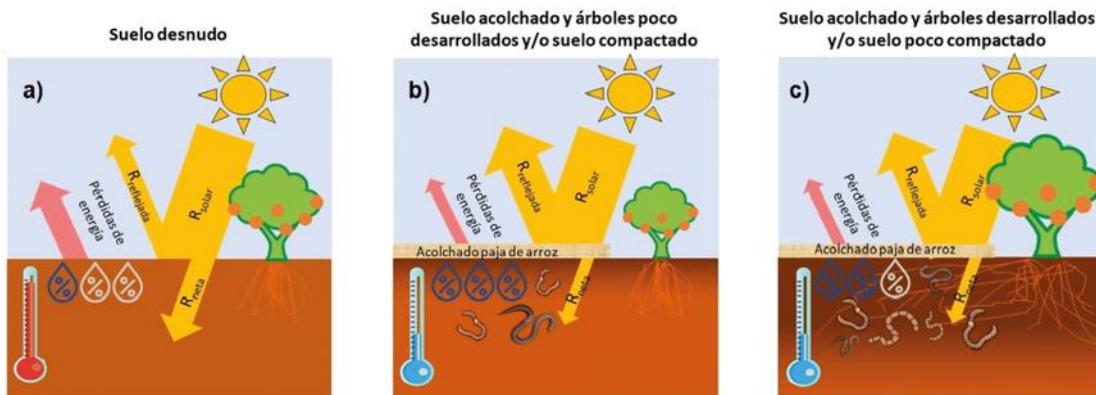


Fig. 7. Bilancio energetico del suolo nei diversi trattamenti e impianti: a) suolo nudo, b) suolo pacciamato e alberi poco sviluppati e/o suolo compattato a Paiporta e c) suolo pacciamato e alberi sviluppati e/o suolo poco compattato a Sueca<sup>26</sup>.

Il [progetto Vitimulch](#) ha anche testato diversi tipi di pacciame nel sottofilare di viti nel sud della Francia. Ogni tipo di pacciame, ottenuto con un approccio basato sull'economia circolare, è stato applicato per circa 15-20 cm di altezza e 60 cm di larghezza. L'applicazione della pacciamatura ha influito positivamente sul numero di lombrichi rispetto ai filari diserbari chimicamente (per maggiori informazioni, vedi il Sottoargomento 1).

### 2.3. Sistemi agroforestali, strisce cuscinetto e siepi

L'agroforestazione, che consiste nella combinazione della coltivazione di piante legnose (alberi o arbusti) con sistemi produttivi agricoli e/o zootecnici, è diventata una pratica utilizzata dagli agricoltori di tutto il mondo per via della costante disponibilità di alimenti, frutta, legname, foraggio e legna da ardere, che ha reso sostenibili i loro mezzi di sostentamento.

Nel breve e medio termine, l'introduzione di alberi nell'agroecosistema genera diversità paesaggistica e variabilità degli strati di vegetazione e, quindi, nuove nicchie ecologiche. L'albero e tutte le sue parti (rami, foglie, fiori, frutti, fessure nel tronco, radici) forniscono un 'mix' di habitat, rifugi, risorse alimentari e aree di caccia, riproduzione e svernamento. A livello teorico, gli alberi contribuiscono a mantenere un'ampia varietà di specie (insetti, ragni, piccoli mammiferi, uccelli, rettili ecc.). Nel lungo periodo, lo sviluppo degli alberi determina la presenza di un elevato strato arboreo all'interno degli appezzamenti e la comparsa di cavità e fessure, tutti microhabitat favorevoli a determinate specie (pipistrelli, uccelli nidificanti ecc.).

### 2.3.1. Impatto sulla biodiversità aerea

Introdurre gli alberi nei sistemi agricoli può fornire risorse aggiuntive e rifugi per gli organismi benefici, come acari predatori, aracnidi, crisopidi e parassitoidi, come si è visto in viticoltura (ad es. il [progetto PIRAT](#) in Francia). Tuttavia, il [progetto Vitiforest](#) in appezzamenti di vigneti giovani (otto anni) nel sud della Francia non ha riscontrato un impatto significativo degli alberi sui parassiti o sulle specie benefiche. A causa delle interazioni complesse all'interno delle reti alimentari, influenzate da fattori come le specie, il clima e la fisiologia della vite, è difficile generalizzare i risultati. Quindi, l'integrazione degli alberi dovrebbe rientrare in un approccio ecologico più ampio, che comprenda la gestione dei bordi dei campi con lo sfalcio tardivo, la creazione di siepi e la riduzione degli apporti fitosanitari.

### 2.3.2. Impatto sui lombrichi

I lombrichi sono sia indicatori che attori della qualità del suolo. Rivelano lo stato e gli usi del suolo perché sono intimamente connessi ai suoi costituenti e reagiscono ai cambiamenti. I lombrichi sono sensibili a molti aspetti dell'agricoltura moderna: apporti fitosanitari, compattamento del suolo e lavorazione che distrugge le gallerie e seppellisce la materia organica e i gruppi di lombrichi che vivono in superficie. D'altra parte, qualsiasi azione in grado di aumentare la quantità di materia organica nel suolo è positiva per i lombrichi.



*Fig. 8. Conteggio dei lombrichi in un vigneto agroforestale francese (sei filari di viti incorniciati da due filari di alberi, piantati a 3,25 m dal primo filare di viti, con gli alberi distanziati di 10 m tra loro).*

*Media totale di lombrichi anecici dalla testa nera/m<sup>2</sup> (giallo), di endogeici/m<sup>2</sup> (viola), di anecici rossi/m<sup>2</sup> (verde) e di indeterminati (bianco), sulla linea degli alberi (LA), sotto il filare della vite a 6 m dalla linea degli alberi (R1), sotto il filare della vite a 8,25 m dalla linea degli alberi (R2), nell'interfilare (IR)*

Le prove condotte in Francia nell'ambito della viticoltura e del [progetto Vitiforest](#) hanno dimostrato che la presenza di alberi ha un impatto significativo sulla distribuzione dei lombrichi (fig. 8). Ad eccezione di un appezzamento, sono stati trovati più lombrichi anecici ed endogeici nella linea degli alberi. Si è poi notato un gradiente di frequenza decrescente man mano che ci si allontanava dalla linea degli alberi. Si è anche notato che le aree lavorate (interfilari o filari di viti) presentavano un numero significativamente minore di individui rispetto alle aree con inerbimento permanente.

### **2.3.3. Impatto sulla microbiologia del suolo**

La presenza di alberi negli appezzamenti agricoli è in grado di migliorare la diversità microbica introducendo l'eterogeneità ambientale (copertura vegetale e microclima), creando nicchie ecologiche, fornendo nutrienti attraverso la rizosfera e la lettiera e riducendo la contaminazione del suolo derivante dai trattamenti fitosanitari. Uno studio condotto nell'ambito del [progetto Vitiforest](#) in un vigneto agroforestale di 7-8 anni ha riscontrato una buona qualità microbiologica generale, senza però un impatto significativo sull'abbondanza e la diversità microbica a varie distanze dagli alberi, probabilmente a causa della loro giovane età e del limitato sviluppo radicale. Gli alberi hanno comunque influenzato la composizione delle comunità microbiche, favorendo i taxa associati alla decomposizione della materia organica e stimolando la crescita dei funghi micorrizici.

## **3. INCORAGGIARE LA PRESENZA DI IMPOLLINATORI**

La conservazione della biodiversità degli impollinatori e dei predatori aumenta la resilienza dell'ecosistema e la produttività agricola, sostenendo le funzioni ecologiche essenziali. Le strategie chiave prevedono che si piantino diverse specie da fiore, si conservino le aree selvatiche, si riduca l'uso di pesticidi e si adottino la lotta integrata (IPM) e l'agricoltura biologica. La rotazione culturale, le colture di copertura e la disponibilità di siti di nidificazione per impollinatori e uccelli favoriscono ulteriormente la biodiversità e il controllo naturale dei parassiti, oltre a ridurre le perdite di resa<sup>27, 28</sup> (Letourneau et al., 2009; Dainese et al., 2019). Grazie alla loro struttura perenne, i frutteti attirano sia gli impollinatori che i nemici naturali dei parassiti<sup>29</sup>. [L'iniziativa dell'UE a favore degli impollinatori, riveduta, per il 2030](#), dà la priorità alla conservazione delle specie, al ripristino degli habitat, alla riduzione degli impatti dei pesticidi, al miglioramento degli habitat urbani degli impollinatori e alla lotta contro il cambiamento climatico per combattere il declino degli impollinatori.

### 3.1. Ripristino e miglioramento dell'habitat degli impollinatori

Migliorare la biodiversità degli impollinatori attraverso pratiche a loro favorevoli (fig. 9) nei frutteti è fondamentale, in quanto l'impollinazione da parte degli insetti aumenta la produzione frutticola. Spesso l'approccio migliore consiste nel lasciare che la natura faccia il suo corso, con le foreste che fungono da rifugi per gli impollinatori. Nelle colture intensive, le infrastrutture agroecologiche - strisce di fiori selvatici, siepi, aree ricche di leguminose e zone cuscinetto - sostengono gli impollinatori. Le strisce di fiori nelle rotazioni aumentano la diversità degli impollinatori, a beneficio di specie comuni e rare. Le siepi sono fonte di cibo, siti di nidificazione e connettività dell'habitat, mentre le siepi ricche di fiori prolungano il periodo di fioritura. I prati, i maggesi ricchi di leguminose e le colture di copertura nei frutteti offrono nutrimento in autunno e all'inizio della primavera. Nei vigneti, gli impollinatori favoriscono i servizi ecosistemici e le colture di copertura incrementano la biodiversità. Le api selvatiche, spesso più efficaci delle api mellifere, hanno bisogno di siti di nidificazione come bee hotel o terreni indisturbati. Le risorse di gruppi come la [Xerces Society](#) fungono da guida nella creazione di habitat.

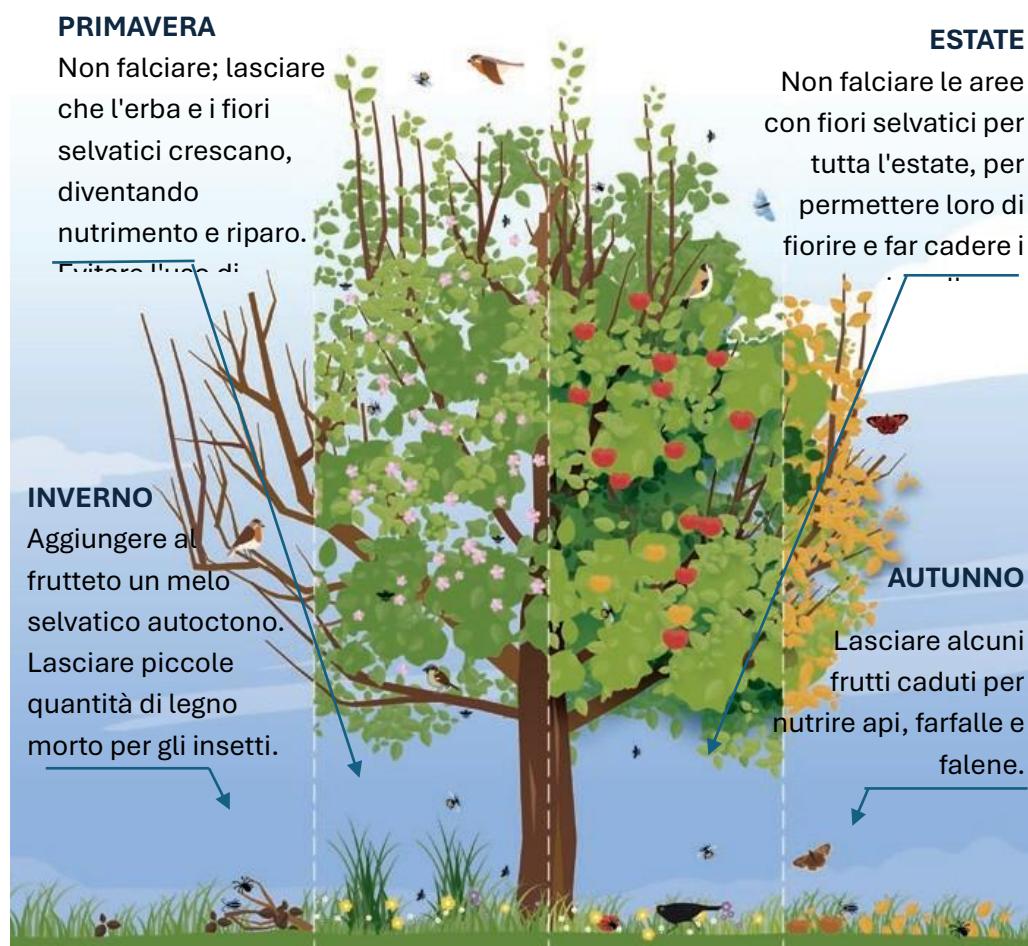


Fig. 9. Pratiche a favore degli impollinatori nel frutteto

Fonte: All-Ireland Pollinator Plan, <https://pollinators.ie/orchards-for-pollinators-a-new-free-flyer/>



Fig. 10. Habitat di nidificazione per le api solitarie che nidificano in cavità (da sinistra a destra: fascio di steli cavi, fori praticati nel legno, cassetta commerciale per le api, che mescola steli cavi e cavità nell'argilla)

Il progetto BIOFRUITNET, incentrato su pomacee, drupacee e agrumi biologici, dà una serie di raccomandazioni su alberi da fiore, arbusti e bulbi adatti, nonché sul numero, il posizionamento e le dimensioni delle cassette per nidi e dei bozzoli per le api selvatiche, in particolare per le api muratrici come *Osmia cornuta* e *Osmia bicornis*. Entrambe le specie di api muratrici volano entro un perimetro di 50-200 metri, quindi il numero e il posizionamento delle cassette di nidificazione (fig. 11) vanno adattati di conseguenza. Per impollinare un frutteto a basso fusto di 1 ettaro sono necessari circa 2000 bozzoli (2-3 cassette di nidificazione).



Fig. 11. Cassetta di nidificazione per api muratrici (a sinistra); le api muratrici hanno bisogno di fori per nidificare (a destra).

Uno studio condotto in due ciliegeti a Sefrou, in Marocco<sup>30</sup>, ha esaminato l'attrattiva dei bee hotel per le api selvatiche. In ogni sito sono stati installati due tipi di bee hotel (fig. 12) - un nido formato da tronchi di legno e due piccoli nidi costruiti con tavole di legno - a 30 metri di distanza l'uno dall'altro e rivolti verso sud-est. In base a quanto osservato, i principali visitatori dei fiori di ciliegio erano *Andrena*, *Bombus*, *Lasiglossum* e *Osmia*, con *Bombus* come genere maggiormente attratto dai fiori di ciliegio, mentre *Andrena* e *Lasiglossum* erano più presenti nel paesaggio circostante.



Fig. 12: Nido realizzato con tronchi di legno (sinistra); nido costruito con tavole di legno (destra)

Le api *Osmia* hanno occupato principalmente i nidi artificiali. Non è stata riscontrata alcuna differenza significativa a livello di ricchezza di generi tra i nidi realizzati con tronchi di legno e quelli fatti di tavole. Tuttavia, i nidi fatti con tavole di legno, sebbene più costosi (26,66 dollari/anno) e complessi da costruire, durano di più (almeno cinque anni), richiedono una manutenzione minima e facilitano la pulizia e la rimozione dei bozzoli parassitati. L'abbondanza di impollinatori era significativamente più alta nel Frutteto 1, circondato da pinete e terreni inculti, rispetto al Frutteto 2, circondato principalmente da terreni coltivati.

Una ricerca condotta nella provincia di Alicante, nel sud-est della Spagna, ha valutato quali condizioni ambientali possano favorire il successo riproduttivo delle api *Osmia* nei nidi trappola collocati vicino ai mandorleti<sup>31</sup>. Si è constatato che sia il clima locale (su piccola scala) che le caratteristiche paesaggistiche (ad es. vegetazione diversificata, livello di urbanizzazione) influenzano il tasso di occupazione del nido, la produttività della covata e il tasso di parassitismo, per cui le api *Osmia* vicino a un mandorleto nell'area del Mediterraneo meridionale beneficierebbero dell'installazione di nidi trappola in siti ben soleggiati, caldi e umidi, dalla vegetazione variegata.

#### 4. INCORAGGIARE LA PRESENZA DI AUSILIARI PER IL CONTROLLO DEI PARASSITI

La lotta integrata (IPM) si basa su strategie ecologiche per regolare le popolazioni di parassiti, riducendo al contempo al minimo l'uso di pesticidi chimici. Uno degli approcci più efficaci consiste nell'incoraggiare la presenza di nemici naturali, o ausiliari, che aiutano a mantenere l'equilibrio ecologico nei sistemi agricoli. Questo può essere ottenuto mediante pratiche culturali che creano habitat favorevoli agli organismi benefici, nonché con metodi di controllo biologico che sfruttano i predatori naturali, i parassitoidi e i microrganismi entomopatogeni. In questa sezione si analizza come queste due strategie complementari - la gestione dell'habitat e il

controllo biologico - possano essere implementate in modo efficace per migliorare la soppressione dei parassiti negli agrumeti e in altri sistemi colturali perenni.

#### 4.1. Pratiche culturali per il controllo dei parassiti: esempio del ruolo delle colture di copertura

In agrumeti della regione di Valencia, nella Spagna orientale, la copertura del suolo era composta per il ~66% da graminacee (Poaceae) e il resto principalmente da *Malva* sp. (13%), *Oxalis* sp. (5%) e *Sonchus* sp. (2%). Le piante di Poaceae e *Oxalis* sp. hanno ospitato afidi stenofagi e *Macrosiphum euphorbiae* Thomas (Hemiptera: Aphididae), rispettivamente, comparsi nel sistema prima degli afidi degli agrumi. Questi afidi possono servire come prede o ospiti alternativi per i nemici naturali e quindi potrebbero migliorare il controllo biologico di *Aphis spiraecola*, il principale afide parassita degli agrumi. Invece, *Malva* sp. e *Sonchus* sp. hanno ospitato il potenziale parassita degli agrumi *Aphis gossypii* Glover e altri afidi che si presentano contemporaneamente ad *A. spiraecola*. Attrarre questi afidi sulla vegetazione di copertura, *Malva* sp. e *Sonchus* sp. potrebbero allontanare i nemici naturali da *A. spiraecola* nella chioma, e quindi *A. spiraecola* potrebbe subire una minore predazione o meno parassitismo nella chioma. Anche se queste piante selvatiche possono rappresentare dei serbatoi per *A. spiraecola* e altre specie di afidi in grado di interferire con i servizi di controllo biologico dei nemici naturali, nel complesso la copertura seminata è risultata efficace in termini di controllo biologico di *A. spiraecola* nella chioma degli agrumi. Ha favorito una presenza precoce di predatori nelle chiome degli agrumi ma non ha favorito la presenza precoce di parassitoidi. I predatori hanno attaccato le colonie di *A. spiraecola* prima della loro crescita esponenziale. Grazie a questi attacchi, il controllo degli afidi è stato soddisfacente, visto che gli agrumeti con una copertura del suolo non hanno mai superato la soglia economica degli afidi<sup>32, 33</sup>.

#### 4.2. Controllo biologico: utilizzare la natura per controllare i parassiti

Si possono utilizzare metodi di controllo naturale per proteggere le colture dai parassiti all'interno di un approccio di lotta integrata, contribuendo a ridurre la dipendenza dai pesticidi dannosi e a promuovere pratiche agricole sostenibili.

Questi metodi prevedono l'utilizzo di organismi benefici/ausiliari - tutti gli organismi viventi, predatori e parassitoidi - in grado di limitare la diffusione di vari parassiti delle colture. Ci sono diversi tipi di controllo biologico:

- ✓ Il controllo biologico conservativo, in cui l'ambiente viene gestito in modo da ottimizzare la regolazione dei parassiti da parte degli organismi benefici che sono presenti in natura.
- ✓ Il controllo biologico potenziato, in cui gli ausiliari, inizialmente in numero insufficiente, vengono introdotti periodicamente nella coltura.
- ✓ Il controllo biologico inoculativo o per acclimatazione, nel caso in cui l'agente introdotto è esotico, originariamente assente, e l'obiettivo è quello di insediarlo in modo permanente per limitare le popolazioni di un parassita invasivo.

#### 4.2.1. Esempi di controllo biologico negli agrumi

##### ❖ Parassitoidi per controllare *L'aleurodide spinoso* (*Aleurocanthus spiniferus*)

*Eretmocerus sp. gr. serius* potrebbe rappresentare una soluzione promettente per il controllo biologico dell'aleurodide spinoso in Italia, dove si è diffuso negli ultimi anni, mentre si sta propagando anche in altre parti d'Europa, con una particolare tendenza a diffondersi verso nord. L'aleurodide spinoso è una nuova e grave minaccia per gli agrumi in tutta l'area del Mediterraneo e colpisce le piante ospiti succhiandone la linfa. Provoca anche danni indiretti, perché produce melata che favorisce la crescita di muffe, con una conseguente riduzione della resa e un declassamento dei frutti. L'importanza di *E. sp. gr. serius* consiste principalmente nel fatto che si trova nei territori italiani invasi da aleurodide spinoso (fig. 13). Per questo motivo, a differenza di altri parassitoidi alloctoni, non dovrebbe richiedere indagini numerose e approfondite per essere introdotto<sup>34</sup>. In base alle attuali normative, l'introduzione di un nemico naturale è una procedura lunga e laboriosa, che rallenta le possibilità di controllare tempestivamente i parassiti e che permette quindi alle loro popolazioni di diffondersi ulteriormente, causando danni per poi spostarsi su altre piante ospiti.



Fig. 13: Una vespa parassitoide (*Encarsia spp.*) uscita da un aleurodide morto.  
Foto: Arbico Organics

##### ❖ Parassitoidi per il controllo di *Aphis gossypii*

L'afide *Aphis gossypii* è un vettore efficiente e comune del Citrus Tristeza Virus (CTV), che provoca pandemie che sono costate care e hanno stravolto il mondo degli agrumi. Il controllo degli afidi è obbligatorio per proteggere gli agrumi europei dal CTV e può avvenire ricorrendo a i) insetti benefici, tra cui il parassitode *Aphidius colemani* e le larve/adulti del coccinellide predatore *Coccinella septempunctata* (fig. 14, A & B) e ii) biopesticidi attivi contro gli afidi che sono patogeni fungini (fig. 14 C), come *Verticillium lecanii* (Zimmerman), *Bauveria bassiana* (Bals.- Criv.) e *Paecilomyces fumosoroseus* (Wize). Questi biopesticidi sono innocui per gli insetti utili e possono essere utilizzati insieme per migliorare l'efficacia del controllo. Gli insetti benefici e i patogeni fungini dovrebbero essere liberati più volte durante la stagione della crescita, soprattutto in primavera e all'inizio dell'estate, se i tassi di infestazione sono elevati.



Fig. 14 Agenti di controllo biologico efficaci contro gli afidi; (A) il parassitoide *A. colemani* (B) una coccinella adulta; (C) un fungo entomopatogeno *Pandora neoaphidis*. Foto: insectosutiles.es, mygarden.com e Shutterstock, rispettivamente

❖ Il predatore *Cryptolaemus montrouzieri* per il controllo della [cocciniglia \(Delottococcus aberiae\)](#)

La cocciniglia sudafricana colpisce i frutti e causa notevoli perdite in termini di raccolto. Non ci sono nemici naturali efficaci nella fauna autoctona. Una delle soluzioni più efficaci è inserire il predatore *Cryptolaemus montrouzieri*. Questo predatore può essere allevato dagli agricoltori con l'aiuto e le indicazioni dei servizi di consulenza locali<sup>35</sup>. *Cryptolaemus montrouzieri* andrebbe liberato sulla chioma degli agrumi del predatore a partire da marzo e allo stadio larvale (dose di 3/10 per albero, pari a 1200-4000 adulti/ha) per ridurre i livelli di parassiti nel periodo di massima sensibilità dei frutti. Per ridurre il parassita l'anno successivo, liberare gli adulti in estate nella dose di 3/10 per albero riduce la popolazione svernante.

#### 4.2.2. Esempi di controllo biologico in frutteti di drupacee

❖ L'acaro predatore *Typhlodromus pyri* per il controllo dei [parassiti succhiatori](#)

I parassiti succhiatori, come il ragnetto rosso, l'eriofide del pero e *Aculus fockeui*, spesso attaccano gli alberi da frutto e causano danni estesi ai frutti. L'acaro predatore *Typhlodromus pyri* può essere una soluzione efficace per il controllo biologico di questi parassiti succhiatori. L'acaro predatore *Typhlodromus pyri* (fig. 15A) dovrebbe essere introdotto su tutti gli alberi da frutto (frutti con midollo e drupacee) utilizzando delle strisce di feltro, dove l'acaro predatore sverna (fig. 15B). È opportuno applicare una striscia con dieci acari predatori per albero; gli acari inizieranno così a moltiplicarsi e a nutrirsi delle uova e delle larve dei parassiti. Ci si attendono risultati migliori il secondo anno dopo la liberazione, quando l'acaro predatore si è moltiplicato a sufficienza. Gli individui di *Typhlodromus pyri* vengono introdotti una sola volta nel frutteto; rimangono sugli alberi per decenni e sopprimono i parassiti durante l'intero ciclo di vita degli alberi.



Fig. 15 (A) Acaro predatore *Typhlodromus pyri*; (B) strisce di feltro con *T. pyri* svernato; (C) rami all'inizio della primavera. Foto: Martina Novotná (Biocont Laboratory) e Radek Vávra (VSUO), rispettivamente

#### 4.2.3. Esempi di controllo biologico nell'uva

##### ❖ *Predatori di acari fitofagi*

Gli acari della vite possono essere sia parassiti che ausiliari, a seconda della specie. I fitoseidi sono predatori dei ragnetti (acari fitofagi). La specie *Thyphlodromus pyri* ha dato buoni risultati nel controllo biologico grazie all'introduzione di popolazioni nei vigneti, anche se non è stata pienamente efficace o ripetibile. In vigneti con una gestione razionale, si è osservato che le popolazioni di fitoseidi si riprendono spesso. Per esempio, in un database di 58 appezzamenti gestiti applicando la lotta integrata, la percentuale di appezzamenti con un approvvigionamento corretto di *T. pyri* è passata dal 30% al 90% nell'arco di sei anni<sup>36</sup>. *T. pyri* è la specie principale nei vigneti settentrionali.

##### ❖ *Controllo biologico di *Empoasca vitis**

Diverse specie di parassitoidi sono in grado di parassitare le uova di *Empoasca vitis*. *Anagrus atomus* è in assoluto la specie prevalente, responsabile del 72% - 100% del parassitismo su questa cicalina, mentre le altre specie hanno solo un ruolo aneddottico. Il tasso di parassitismo non è però regolare da un anno all'altro, sicuramente a causa del cambiamento delle condizioni climatiche. Inoltre, una percentuale di circa il 40% di uova parassitate potrebbe non bastare per mantenere le popolazioni larvali al di sotto della soglia di trattamento e per regolare le popolazioni di *Empoasca vitis*<sup>36</sup>.

##### ❖ *Effetti del pipistrello *Pipistrellus spp.* nel controllo biologico di *Lobesia botrana**

La tignoletta dell'uva (*Lobesia botrana*) è il principale parassita in viticoltura a livello mondiale. Questo parassita viene controllato efficacemente con i feromoni, ma il metodo funziona solo se il vigneto ha una superficie superiore a 5 ettari ed è un trattamento costoso (100-300 euro/ha a seconda della dose). I pipistrelli sono i predatori più adatti per incrementare la lotta biologica alla tignoletta dell'uva: un pipistrello (*Pipistrellus spp.*) può mangiare tra 1000 e 3000 insetti per notte. L'installazione di cassette per pipistrelli è particolarmente interessante per la viticoltura mediterranea e nella regione di Valencia (Spagna), il Cavanilles Institute of Biodiversity and Evolutionary Biology (ICBIBE) ha portato avanti il progetto '[Conservazione dei pipistrelli nei vigneti per controllare la tignoletta dell'uva](#)'. Il principale risultato del progetto è stata una crescita costante della popolazione di pipistrelli dopo l'installazione delle cassette, con un tasso di occupazione dell'80%. L'attività dei pipistrelli è stata sensibilmente maggiore nei vigneti con le cassette, con oltre 300 passaggi per rilevatore per notte e un raggio di caccia fino a 500 metri attorno alle cassette. I pipistrelli contribuiscono alla lotta contro i parassiti agricoli predando la mosca olearia (*Bactrocera oleae*), la tignola dell'olivo (*Prays oleae*) e la carpocapsa del melo (*Cydia pomonella*), oltre alla tignoletta dell'uva (*Lobesia botrana*). È importante notare che nella loro dieta non sono stati trovati parassitoidi o impollinatori, il che sottolinea il loro ruolo di regolatori selettivi dei parassiti.