



UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI PALERMO
DIPARTIMENTO – SCIENZE AGRARIE E FORESTALI.
DOTTORATO DI RICERCA IN FRUTTICOLTURA MEDITERRANEA.

**ASPETTI FISIologici, PRODUTTIVI E QUALITATIVI IN
OLIVETI SOTTOPOSTI A INERBIMENTO SPONTANEO E
TRATTAMENTI CON BIOPROMOTORI DELLA MATURAZIONE**

Settore Scientifico disciplinare AGR03

TESI DI
VINCENZO CIACCIO

Vincenzo Ciaccio

COORDINATORE DEL DOTTORATO
PROF.SSA MARIA ANTONIETTA GERMANA'

Maria Antonietta Germana'

TUTOR

DOTT. RICCARDO LO BIANCO

Riccardo Lo Bianco

XXIV CICLO - TRIENNIO ACCADEMICO 2011-2013

DOTTORATO



RIASSUNTO

Nel presente lavoro, si sono voluti mettere a confronto due sistemi di gestione del suolo, in particolare il diserbo chimico e l'inerbimento spontaneo permanente, valutando gli effetti sullo stato idrico della pianta, sulle produzioni, sulla maturazione, sul contenuto in sostanza organica del suolo. Tale esperimento, in apparenza simile ad altri già effettuati in Andalusia, vuole quantificare gli effetti dei diversi sistemi di gestione, nell'ambiente della collina interna della Provincia di Palermo, dove il clima, la tecnica consolidata del diserbo o delle lavorazioni continue, insieme a pendenza, tessitura e struttura del suolo (fattori distintivi della prova), lo espongono particolarmente al rischio erosivo. La prova si è completata studiando l'effetto di alcuni promotori metabolici, tra cui ossilipine, fenilalanina e metionina, sulla maturazione e qualità delle drupe di olivo. Il prodotto commerciale utilizzato (Sunred), già sperimentato su altre colture, non è stato testato sull'olivo, dove la sua eventuale efficacia permetterebbe di facilitare l'individuazione del momento ottimale di raccolta, in quanto uno degli effetti riscontrati su altre colture è quello di compattare la maturazione dei frutti.

Dai risultati ottenuti nell'arco del triennio 2011-2013, si è potuto rilevare che la tesi gestita con l'inerbimento spontaneo permanente, ha ottenuto produzioni statisticamente simili alla tesi gestita con la tecnica del diserbo. In particolare si è evidenziato un anticipo di maturazione nella tesi inerbita e un coefficiente di variabilità relativo alla maturazione delle drupe più basso che nella tesi gestita con il diserbo. Inoltre il contenuto idrico relativo degli alberi non ha risentito della gestione del suolo, permettendo così di affermare che la tecnica dell'inerbimento spontaneo permanente risulta la migliore per la gestione degli oliveti della collina interna della Sicilia, riguardo alla limitazione dell'erosione e alla riduzione degli input energetici. Inoltre un anticipo e una compattazione della maturazione permette di raccogliere meccanicamente con maggiore efficacia gli oliveti gestiti con tale tecnica.

La prova relativa all'utilizzo del biopromotore Sunred non ha portato differenze statisticamente significative tra la tesi trattata e il controllo in nessuno dei tre anni e in due aziende. Sarebbe da rivedere il dosaggio e il numero di trattamenti da applicare all'olivo per ottenere i medesimi effetti rilevati su altri fruttiferi.

1	REVISIONE DELLA LETTERATURA	4
1.1	Generalità sull'olivicoltura.	4
1.2	L'olivicoltura nel mondo e in Italia.	4
1.2.1	Lo scenario economico e la produzione mondiale	5
1.2.2	Il comparto olivicolo nazionale	5
1.2.3	Le caratteristiche strutturali della fase agricola	
1.2.4	La specializzazione produttiva dell'oliveto	6
1.2.5	Collocazione altimetrica e pendenza	7
1.3	Caratterizzazione territoriale e produttiva dell'olivicoltura in Sicilia.	8
1.4	Caratteristiche bio-agronomiche dell'olivo	9
1.5	Ruolo dell'olivo nei climi aridi e nei terreni marginali.	11
1.6	Problema della desertificazione e dell'erosione dei suoli.	12
1.7	Tecniche agronomiche convenzionali e a basso input nella gestione dei suoli	13
1.8	Influenza delle tecniche agronomiche sull'erosione dei suoli.	15
1.9	Influenza delle tecniche agronomiche sul contenuto di sostanza organica dei suoli.	16
1.10	Influenza delle tecniche agronomiche sulla struttura del suolo e sul contenuto in macroelementi;	17
1.11	Influenza delle tecniche agronomiche sulle caratteristiche biochimiche del suolo.	19
1.12	Effetto a lungo termine del sistema di gestione e sull'attività microbica e sugli indicatori della fertilità del suolo	20
1.13	Influenza del sistema di gestione del suolo sul contenuto idrico nell'oliveto	21
1.14	Influenza del contenuto idrico nel suolo sulla crescita e sullo sviluppo delle drupe.	23
1.15	Modello di crescita della chioma dell'olivo e di ripartizione della radiazione luminosa	25
1.16	Modello dell'evapotraspirazione dell'oliveto.	26
1.17	Assorbimento e localizzazione delle sostanze nutritive nel sottosuolo	27
1.18	Modello di distribuzione della attività radicale nell'olivo	29
1.19	Fase dello sviluppo e maturazione delle drupe di olivo	30
1.19.1	Composti fenolici nell'olio d'oliva e nell'oliva	31
1.19.2	Clorofilla e pigmenti	32

1.20	I biostimolanti	33
1.21	Meccanismo di azione delle antocianine, ossilipine, e soprattutto del gruppo dei precursori e derivati dell'acido jasmnico, insieme ai substrati fenilalanina, metionina	34
2	PARTE SPERIMENTALE	37
2.1	OBIETTIVI	37
2.2	MATERIALI E METODI	39
2.2.1	Siti sperimentali	39
2.2.2	Prova d'inerbimento	39
2.2.3	Prova con biopromotori metabolici	40
2.3	RISULTATI E DISCUSSIONE	42
2.3.1	Caratterizzazione climatica	42
2.3.2	Contenuto di sostanza organica	43
2.3.3	Contenuto idrico relativo RWC	44
2.3.4	Crescita dei germogli	44
2.3.5	Produzioni	45
2.3.6	Maturazione dei frutti	45
2.3.7	Effetto del biopromotore Sunred	46
2.4	CONCLUSIONI	47
3	BIBLIOGRAFIA	49

ASPETTI FISIOLGICI, PRODUTTIVI E QUALITATIVI IN OLIVETI SOTTOPOSTI A INERBIMENTO SPONTANEO E TRATTAMENTI CON BIOPROMOTORI DELLA MATURAZIONE

1 REVISIONE DELLA LETTERATURA

1.1 Generalità sull'olivicoltura

L'importanza dell'olivicoltura nella Sicilia si deduce oltre che dalla superficie coltivata e dal valore della produzione, dalla sua storia in quanto pianta legata al territorio così come le testimonianze artistiche che costituiscono un patrimonio indissolubile per l'economia siciliana.

L'olivo (*Olea europea* L.) è una delle poche piante coltivate che può vantare una storia di molti millenni che si integra perfettamente con quella delle antiche civiltà mediterranee; la sua presenza, infatti, ha costantemente accompagnato i popoli che hanno costruito la loro storia sulla sponda del Mar Mediterraneo.

La nascita dell'olivo, non ancora definitivamente accertata, si vuole fare risalire ad epoca preistorica; si ritiene che 12.000 anni prima della venuta di Cristo la specie fosse già presente. L'ipotesi più accreditata pone la zona di origine di questa pianta nell'ampia fascia geografica medio-orientale dell'Asia Minore, compresa tra l'Armenia, il Turkestan e il Pamir. Da qui per successivi spostamenti avrebbe raggiunto il Mediterraneo, diffondendosi gradatamente in 5.000 anni circa, nei diversi paesi che si affacciano nel Mediterraneo e insediandosi stabilmente in ampie fasce di territorio costiero e sub-costiero, laddove le condizioni pedoclimatiche lo hanno permesso.

Venne portato dai primi navigatori fenici e greci, ma furono poi gli arabi ed i romani a diffonderne la coltivazione lungo le fertili vallate e le assolate colline dei due continenti, sino a coprire oggi una superficie di circa 10 milioni di ettari sui quali insistono 850 milioni di piante. Dietro l'immagine antica, austera e nello stesso tempo amichevole di questo albero si nasconde, spesso senza che ce ne rendiamo pienamente conto, una quantità di miti, di simboli, di messaggi che sono ancora oggi parte integrante della nostra vita quotidiana e delle passate civiltà. E' mediterranea la regione del mondo con il più alto accentrimento dell'olivo e cioè l'Andalusia, che fornisce, da sola, circa l'80% della produzione nazionale spagnola.

1.2 L'Olivicoltura nel mondo e in Italia.

1.2.1 LO SCENARIO ECONOMICO E LA PRODUZIONE MONDIALE

Secondo le stime effettuate dal Consiglio Oleicolo Internazionale per la campagna 2012/2013, indicano una produzione mondiale pari a circa 2,7 milioni di tonnellate, con una contrazione consistente rispetto alla campagna precedente. Oltre il 60% della produzione si concentra nell'Unione europea che registra un livello produttivo pari a circa 1,7 milioni di tonnellate. Per la campagna produttiva in esame la Spagna copre una quota del 47% sul totale, con una produzione pari a circa 820.000 tonnellate. L'Italia, detiene una quota pari al 28% della produzione comunitaria,. È importante considerare che nel settore olivicolo le stime per l'Italia sono la risultante di situazioni differenziate lungo lo stivale e, molto spesso, anche all'interno delle stesse regioni con peculiarità ed esiti produttivi vari a livello di areali produttivi. Il terzo Paese produttore comunitario, la Grecia, si attesta su un livello produttivo di 350 mila tonnellate. Per quanto riguarda gli altri Paesi del Mediterraneo, si segnala tra i più importanti la Tunisia, la Turchia la Siria. Tra gli altri produttori del Mediterraneo si evidenzia la contrazione produttiva del Marocco , mentre per l'Algeria si evidenzia un incremento produttivo del 4%, sempre rispetto alla campagna precedente. Le produzioni di questi ultimi due Paesi si dovrebbero attestare su, rispettivamente, 120 e 56 mila tonnellate. Occorre, infine, segnalare tra le nuove aree di produzione la progressiva crescita australiana, che raggiunge un livello di circa 19 mila tonnellate, pari a più di un terzo del proprio fabbisogno interno e mostrando stabilità rispetto alla precedente campagna. Il complesso degli altri Paesi non censiti dovrebbe rappresentare una produzione di 43mila tonnellate, con un incremento delle produzioni rispetto alla campagna precedente.

1.2.2 IL COMPARTO OLIVICOLO NAZIONALE

Considerando la produzione Italiana, possiamo stimare un valore della PLV di 1.683 milioni di euro, (media 2011/2012) Fonte unaprol, di cui circa il 10% (165 mln) proviene dalla Sicilia, possiamo affermare l'importanza economica della coltura nell'economia Italiana e Siciliana in particolare.

Fonte: elaborazioni su dati COI e Istat

1.2.3 LE CARATTERISTICHE STRUTTURALI DELLA FASE AGRICOLA

In Italia le aziende olivicole, secondo gli ultimi dati Istat, ammontano a circa 1.200.000 unità, a fronte di una superficie investita pari a 1.156.118 ettari. Il rapporto tra il numero di aziende e le superfici investite ci fornisce una prima indicazione importante: in Italia esiste una situazione strutturale di basso profilo, in quanto le aziende olivicole presentano una superficie media molto ridotta, con un valore, a livello nazionale, inferiore ad un ettari. Dal punto di vista delle classi di superfici, la percentuale di aziende che in Italia presenta una superficie al di sotto dei due ettari si avvicina al 70% del totale delle aziende olivicole. La produzione media per ettaro di oliveto si aggira intorno ai 30 quintali, con una produzione media per albero di 16 kg. La varietà con maggiore consistenza in Italia è la Coratina, che in Puglia occupa una superficie di circa 90.000 Ha, pari all'8% del totale nazionale. Insieme ad altre 2 varietà ad elevata diffusione, quali le pugliesi Ogliarola Salentina e Cellina di Nardò, occupano una superficie di circa 220.000 Ha, pari al 19,5% circa del totale nazionale; insieme ad altre 3 varietà molto diffuse in Italia, quali Carolea, Frantoio e Leccino, occupano una superficie di circa 370.000 Ha, pari al 32,7% del totale. Le 10 varietà a maggiore diffusione nel Paese (le precedenti più l'Ogliarola Barese, il Moraiolo, la Bosana e la Cima di Mola) occupano una superficie di circa 475.000 Ha, pari al 42,0% circa del totale; le 24 varietà principali in Italia (per analogia con quelle ritenute tali in Spagna), quali le 10 precedenti più la Dolce di Rossano, l'Ogliarola Messinese, l'Ottobratica, Sinopolese, la Nocellara del Belice, la Canino, la Carboncella, l'Itrana, la Moresca, la Rotondella, la Taggiasca, la Tondina, la Grossa di Gerace e la Nocellara Etnea, occupano una superficie di 655.000 Ha, pari al 58,0% circa del totale nazionale. Altre 100 varietà circa hanno un grado di diffusione compreso tra 1.000 e 10.000 Ha. Molte altre hanno un interesse solo locale, limitato ad una diffusione inferiore ai 1.000 Ha, anche se alcune di queste hanno assunto grande notorietà per le caratteristiche delle drupe destinate al consumo diretto o per la qualità dell'olio. Questa composizione varietale non ha pari in nessun altro Paese olivicolo dove le condizioni ambientali, molto più omogenee di quelle nazionali, hanno limitato la ricerca di varietà a diverso grado di compatibilità.

1.2.4 LA SPECIALIZZAZIONE PRODUTTIVA DELL'OLIVETO

A livello nazionale l'incidenza degli ettari specializzati si attesta su una quota del 91%. Le regioni a maggior vocazione olivicola evidenziano quote anche al di sopra della media

nazionale (93% in Puglia, in linea Calabria e Sicilia). I dati mostrano essenzialmente una forte specializzazione produttiva, riscontrabile sia nelle regioni del Sud (come Basilicata e Campania), sia nelle regioni centrali (soprattutto Marche, Lazio e Sardegna).

1.2.5 COLLOCAZIONE ALTIMETRICA E PENDENZA

La classificazione della superficie olivicola in base alla pendenza tende a sottolineare l'importanza della gestione degli oliveti con tecniche che riducano al minimo il rischio dell'erosione, come l'inerbimento spontaneo controllato.

La maggioranza delle aziende olivicole (il 51%) è situata in collina, mentre il 47% insiste su territori pianeggianti ed il residuale 2% fa parte dell'agricoltura di montagna. La collocazione altimetrica delle aziende, comunque, è diversa a seconda della ripartizione territoriale. In Puglia, in maniera particolare si evidenzia una netta prevalenza delle aziende di pianura con una media del 88%. Nel Salento, ad esempio, queste rappresentano il 98%. In Calabria la prevalenza è quella di un'olivicoltura di collina (80%), come nelle regioni del centro. Per un ulteriore approfondimento, se si analizzano i dati relativi alla giacitura dell'oliveto, si evidenzia che il 48% delle aziende presenta oliveti situati in aree pianeggianti, mentre il 32% in terreni con pendenza < al 15% ed il 14% con pendenza compresa fra il 15 ed il 25%. A coltivare oliveti terrazzati è il 5% delle aziende a livello nazionale, mentre in Liguria si arriva a valori del 93%.

In Sicilia in particolare si evidenzia come il 19% della coltura sia ubicata in pianura, il 52% in collina (pendenza < 15%), il 19% in terreni con pendenze > 15%, e il 10% in terreni terrazzati. Le tecniche di gestione del suolo sono influenzate anche dalla possibilità di irrigazione e meccanizzazione dell'oliveto.

Le difficoltà dell'olivicoltura italiana, rispetto all'adozione di pratiche colturali ottimali, si evidenziano anche attraverso l'analisi del livello di irrigazione. A livello nazionale si evidenzia come il 75% delle aziende intervistate non ha un sistema di irrigazione. La Puglia registra il più alto livello di aziende irrigate (45%), ciò conferma la diversificazione delle nostre olivicolture, in questo caso il dato si incrocia perfettamente con le peculiarità dell'olivicoltura pugliese che insiste su territori pianeggianti e con alti livelli di produttività. Con riferimento alle operazioni colturali si evidenzia che, a livello nazionale, il 77% delle aziende intervistate ha un oliveto meccanizzato. Tale dato risulta essere confortante, in quanto molto spesso la difficoltà di eseguire agevolmente le operazioni di raccolta può rappresentare un forte limite e comportare un aumento dei costi di produzione.

1.3 Caratterizzazione territoriale e produttiva dell'olivicoltura in SICILIA.

Oggetto del nostro studio è la gestione del suolo in oliveti situati nella provincia di Palermo in zona collinare. Pertanto di seguito per inquadrare le problematiche farò cenno alla caratterizzazione dell'olivicoltura in Sicilia. La presenza dell'olivo è costante in vaste aree della Sicilia. Allo stato attuale si stima che esistono impiantati, nell'intero territorio siciliano, circa 20 milioni di olivi (Istat- Agea 2012) sui 179 mila ettari (ISTAT, 2012), che rappresentano il 10,8% del patrimonio olivicolo nazionale. Essa riveste un ruolo ambientale fondamentale di difesa del suolo e di salvaguardia delle aree montane e collinari che bisogna tutelare. Negli ultimi anni nell'isola si è avuto un incremento delle superfici olivicole, che si può porre in relazione a diversi fattori concomitanti, fra cui la carenza di risorse idriche e conseguente scelta di colture a più basse esigenze idriche; semplicità di gestione; nuovo interesse per l'olio di oliva extra vergine, che risponde ai bisogni di una dieta sana che esalti la cucina zonale. La coltivazione dell'olivo in Sicilia si sviluppa sia in montagna, in collina, che in pianura. In realtà, l'olivicoltura è accomunata quasi sempre dalla presenza di limiti fisici permanenti che incidono fortemente sulle potenzialità produttive degli impianti: giacitura, orografia, natura del terreno, caratteristiche del profilo, etc. Per le zone decisamente marginali, dove nulle o scarse sono le possibilità di rinnovamento, è da rilevare come motivi paesaggistici e di salvaguardia del territorio possano obbligare a conservare l'olivo. Oltre agli oliveti che per gli aspetti orografici sono da considerare decisamente marginali, è possibile individuarne altri in via di emarginazione. Si tratta di quegli oliveti ove con interventi straordinari è possibile consentire un certo grado di meccanizzazione ed introdurre alcuni accorgimenti in modo da recuperare produttività: abbassamento della chioma, concimazioni straordinarie, attuazione di una razionale lotta antiparassitaria, etc. Se si considera che il fattore che maggiormente condiziona lo sviluppo del settore è rappresentato dal costo di produzione sul quale incide particolarmente l'esecuzione delle operazioni colturali, appare subito evidente come l'olivicoltura che potrà avere nel futuro una valida prospettiva economica è quella suscettibile della più completa meccanizzazione delle diverse fasi colturali e prima di tutto la raccolta (Laera, 2001).

Il mercato domanda con intensità crescente prodotti alimentari di qualità e l'olio di oliva rappresenta sicuramente uno dei classici prodotti le cui prospettive di consumo sono fortemente correlate a tale elemento. La politica della qualità costituisce, pertanto, una scelta determinante per la valorizzazione economica dell'olivicoltura "difficile"; il futuro dell'olivicoltura risiede probabilmente nella qualità e nella diversificazione delle produzioni

tipiche.

1.4 Caratteristiche bio-agronomiche dell'olivo

L'olivo, tipico albero delle regioni mediterranee, trova la sua area di coltura prevalentemente nella giacitura di collina e, grazie alla sua rusticità, è stato il più delle volte destinato a valorizzare terreni marginali nei quali mancherebbe convenienza di praticare altre coltivazioni. Tuttavia, per una produzione da reddito, l'olivo deve essere piantato in terreni fertili e coltivato con le stesse attenzioni e le stesse cure dedicate a qualunque altra pianta da frutto. Predilige terreni calcarei con pH neutro o subalcalino ma può adattarsi anche a terreni con pH 6.5 - 6.7, se perfettamente drenati; il buon drenaggio del terreno è una condizione basilare per la vita dell'albero il cui apparato radicale, pur essendo prevalentemente distribuito vicino alla superficie, è molto sensibile ai ristagni di umidità e all'attacco di funghi, che si sviluppano facilmente in terreni poveri di ossigeno. Pianta tipica dei climi miti, soccombe a temperature che scendono per alcuni giorni oltre 9 °C sotto lo zero, ma quasi sempre riesce a rinascere grazie alla sopravvivenza del pedale o, meglio, degli ovoli (formazioni ricche di sostanze di riserva) che si formano dopo che la pianta ha superato i primi (3-5) anni di vita. Gli ovoli sono capaci di emettere germogli e radici e da ognuno di essi può sorgere una nuova pianta (per lungo tempo la moltiplicazione per ovolo è stata uno dei metodi più usati per la propagazione dell'olivo). Come qualsiasi altra pianta verde, anche per l'olivo il fenomeno biologico fondamentale, grazie al quale le piante esistono, è la fotosintesi clorofilliana; è mediante questo articolato processo che la foglia riesce a produrre molecole di zuccheri, partendo da elementi semplici quali l'acqua, assorbita dal terreno attraverso le radici, e l'anidride carbonica, proveniente dall'aria. Per la realizzazione di questo processo necessita energia, la quale viene fornita in natura dalla luce del sole. Saranno tali zuccheri che, polimerizzati o trasformati, costituiranno la materia base di tutti gli organi della pianta: radici, tronco, rami, foglie, frutti. Questo è il motivo per cui l'olivicoltore accorto cercherà di esporre la chioma il più possibile alla luce per favorire un'equilibrata illuminazione di tutte le sue parti.

L'olivo ha un comportamento basitono, cioè in ogni singolo ramo la crescita dei nuovi germogli sarà più accentuata nella parte più vicina al fusto per cui sarà da tener presente quest'aspetto nella potatura di produzione per consentire il rinnovo vegetativo ed effettuare tagli di ritorno. Normalmente l'olivo fiorisce e fruttifica su rami di medio vigore (20-30 cm) di un anno, cioè sviluppatisi nell'annata precedente la fioritura, con maggior facilità se questi hanno un andamento quasi orizzontale o pendulo. Parzialmente fertili al primo anno possono

essere i maschioncelli, che normalmente nascono sulla schiena delle branche, per l'effetto basitono della pianta; gli stessi saranno sicuramente fertili al secondo anno, quando potranno essere utilizzati anche come rami da rinnovo.

Le infiorescenze dell'olivo sono chiamate "mignole"; si tratta di fiori ermafroditi, caratterizzati da una forte produzione di polline adatto ad essere trasportato dal vento (impollinazione anemofila). La fioritura è temporalmente correlata alla cultivar, solitamente avviene nel periodo compreso tra fine maggio e inizio giugno; il processo di impollinazione ed allegazione nell'olivo è piuttosto delicato e spesso soggetto a varie interferenze che ne condizionano l'esito. A fronte di una produzione di fiori molto abbondante, si ritiene che una allegazione del 2-3% di essi sia sufficiente a garantire un buon raccolto; ciò nonostante capita frequentemente che l'allegazione risulti molto scarsa, questo dipende spesso dall'andamento climatico nel periodo di fioritura, da carenze nutrizionali, da carenze idriche, oppure da eccessivo carico produttivo nella precedente annata, da debilitazioni subite dalla pianta (gelate invernali) o da un eccessivo ritardo nella raccolta delle olive. Queste forme di stress concorrono al manifestarsi dell'alternanza di produzione, fenomeno cui l'olivo è spesso soggetto. Le cause a cui si può ricondurre tale evento sono molteplici; certamente influiscono le condizioni climatiche, gli attacchi parassitari, potatura e concimazioni sbagliate, l'eccessivo ritardo nella raccolta dei frutti e non ultima la predisposizione della cultivar stessa. Per ovviare a tale evento è consigliato distribuire regolarmente la produzione sulla pianta con interventi di potatura straordinari (incisione anulare); irrigare e concimare durante tutto l'anno; effettuare una regolare lotta antiparassitaria; anticipare il più possibile l'epoca di raccolta.

Un altro aspetto importante riguarda la compatibilità del polline nei confronti della cultivar coltivata: infatti le varietà destinate alla produzione di olio presentano un buon grado di autofertilità; altre, invece, sono autosterili e necessitano della presenza di altre varietà per garantire l'impollinazione. L'impollinazione incrociata tra cultivar compatibili dà comunque i migliori risultati produttivi, ritenendo che già la presenza del 3-5% di varietà diverse dalla principale è da considerarsi sufficiente a garantire una buona impollinazione incrociata.

Una pianta ben nutrita garantisce buon livello di produttività e costanza produttiva; oltre alla luce del sole e alla presenza di anidride carbonica, tra gli elementi di cui la pianta necessita c'è l'acqua, importante perché in sua assenza non può avvenire il processo di fotosintesi e inoltre perché svolge azione termoregolatrice e di trasporto degli elementi e degli elaborati. Anche l'assorbimento di macroelementi e di microelementi riveste una notevole importanza; infatti essi sono coinvolti in varie attività fisiologiche della pianta che possono essere rallentate o bloccate in caso di carenza o sub-carenza. L'olivo è una specie che per la cui

crescita si avvale fondamentalmente di due fonti di approvvigionamento, ossia formazione ex-novo di elaborati e redistribuzione delle riserve provenienti sia dall'apparato radicale che dalla chioma. Sono proprio le riserve che permettono alla pianta di riprendere a vegetare e accrescersi. La contemporanea presenza di due sorgenti per il proprio sostentamento rende piuttosto difficoltosa la scelta del momento più opportuno per intervenire con la concimazione. Ad aggravare questa situazione concorre anche il fatto che vi sono più fasi durante le quali le piante hanno più bisogno di una maggiore disponibilità nutrizionale, in particolare: crescita dei germogli, crescita delle radici, accrescimento del frutto e inolizione, ricostituzione delle riserve. La scarsa piovosità, le alte temperature e l'alta intensità luminosa tipiche dell'estate degli ambienti mediterranei causano un rallentamento accentuato della crescita; è in coincidenza con ciò che cominciano a prevalere i fenomeni di accumulo delle riserve.

Il bilanciamento tra crescita e formazione delle riserve è tipico di una pianta adulta in produzione. Durante le annate di forte carica di frutti, le riserve vengono presto esaurite; in tal caso si può verificare uno squilibrio nutrizionale, che potrebbe addirittura causare problemi per una buona ripresa vegetativa nella successiva primavera.

1.5 Ruolo dell'olivo nei climi aridi e nei terreni marginali.

La prova eseguita nel corso del presente dottorato si è svolta in Sicilia in una zona a clima arido e su terreno marginale, pertanto si è voluta caratterizzare l'importanza della coltivazione dell'olivo nei seguenti casi.

Tra le piante coltivate nei climi aridi e semiaridi dell'Europa l'olivo (*olea sativa*), riveste un ruolo di primaria importanza. E' infatti la specie arborea maggiormente coltivata nei climi aridi e semiaridi, e costituisce una fonte di reddito difficilmente sostituibile in alcune zone del sud Italia, dell'Andalusia, e delle zone interne della Grecia. Oggi tuttavia, le condizioni di mercato, rendono la sua coltivazione sempre meno redditizia, e fortemente dipendente per quanto riguarda il reddito ottenibile dagli aiuti forniti dalla UE. Tali integrazioni al reddito con le nuove programmazioni comunitarie saranno sempre più ridotte e verranno legate all'adozione di pratiche ecocompatibili. Resta perciò importante sviluppare tutte quelle ricerche che permettono la quantificazione degli effetti di tutte le tecniche agronomiche al fine di ridurre gli input e i costi di produzione. Ciò al fine di evitare che la permanenza degli agricoltori in questo settore sia legata alla mancanza di opportunità alternative che permettono una remunerazione del lavoro e del capitale, in media con quelle ottenibile in altri settori. Oggi infatti la permanenza degli agricoltori in olivicoltura fornisce una sotto

remunerazione del capitale e del lavoro. Le caratteristiche fisiologiche che ne hanno permesso lo sviluppo della coltura negli ultimi tre millenni, sono da ricercarsi nei caratteri xerofitici della pianta, in grado di resistere a situazioni di deficit idrico, senza manifestare le perdite qualitative e quantitative, indotte alle altre specie arboree. La conformazione della foglia, tipica di una pianta xerofitica, permette la chiusura parziale degli stomi nei periodi di deficit idrico, e il loro posizionamento in verticale, al fine di diminuire l'incidenza dell'energia radiante che causa la traspirazione e la perdita di turgore cellulare. Altri importanti adattamenti fisiologici, sviluppati dalla pianta sono relativi alla possibilità di utilizzare l'acqua disponibile anche a bassi potenziali, difficilmente raggiungibili dalle altre colture. La presenza di uno strato ceroso di cutina sulla pagina superiore della foglia dell'olivo, la rende resistente alle alte temperature, proteggendo così anche altri organi, come fusto e branche, da eventuali ustioni che l'elevato livello di insolazione può causare. Oltre ai suddetti aspetti fisiologici, vi è da sottolineare come la pianta per via della sua diffusione nei suoli e nelle aree più aride e scoscese, nonché per le dimensioni e le caratteristiche del suo apparato radicale svolge un'importante funzione ambientale, nella prevenzione del dissesto ambientale, riducendo il fenomeno dell'erosione. La capacità di riuscire a sfruttare al meglio le scarse risorse nutritive, e di fruttificare anche senza apporti artificiali di nutrienti, seppur non sfruttando il potenziale produttivo della specie, ha permesso all'olivo di affermarsi come specie arborea coltivata nelle aree aride e marginali, dove altre specie non riescono a vivere e produrre adeguatamente.

1.6 Problema della desertificazione e dell'erosione dei suoli.

Durante il ventesimo secolo, con l'avvento della meccanizzazione, che ha permesso di coltivare gli oliveti con frequenti erpicature e lavorazioni superficiali, nonché in alcuni sistemi di gestione del suolo, di utilizzare gli erbicidi per la distruzione delle infestanti, si è assistito all'aumento del fenomeno dell'erosione. Tale fenomeno nel caso di oliveti può essere quantificato in 95 Mg/Ha/Yr. (Vanwallwghem, Laguna et al. 2009), come rilevato in uno studio sull'erosione degli oliveti in Andalusia. Tra le cause del fenomeno erosivo, generato sia dal vento che dall'acqua, ricordiamo la pendenza del sito, la lunghezza del versante e il sistema di gestione del suolo.

Infatti, si è visto come la gestione con lavorazioni ripetute oppure l'uso degli erbicidi che lascia il suolo nudo espongono la superficie del terreno all'azione erosiva di acqua e vento.

Tali tecniche agronomiche sono state utilizzate dagli olivicoltori per prevenire la concorrenza delle erbe infestanti sulle risorse idriche nel caso di coltivazioni in asciutto.

(caso maggiormente frequente in olivicoltura). Nonostante la coltivazione dell'olivo secondo tecniche agronomiche a basso input, legate all'inerbimento, permetta di ottenere una notevole riduzione del fenomeno dell'erosione (Kosmass et al.1997), questa tecnica non è facilmente utilizzata dagli agricoltori in quanto temono la suddetta concorrenza delle infestanti per le risorse idriche del suolo. La combinazione delle tecniche colturali che implicano ripetute lavorazioni del suolo, con un limitato uso di cover crops spiega perchè l'erosione dei suoli è fortemente associata alla coltivazione dell'olivo (Beaufoy, 2001)

Le particelle di suolo erose, spesso si depositano alla base delle piante sottostanti, formando dei cumuli in corrispondenza del tronco, quando addirittura giungono a fondovalle, creando terreni profondi nati dal fenomeno di erosione e deposito. La coltivazione dell'olivo riveste un ruolo di primara importanza nell'agricoltura delle regioni meridionali di tutta l'Europa. Questo ci fa capire come sia importante verificare l'incidenza sui risultati quantitativi e qualitativi di tecniche colturali semi naturali, quali l'inerbimento spontaneo controllato, che minimizzano il rischio erosivo per il suolo.

1.7 Tecniche agronomiche convenzionali e a basso input nella gestione dei suoli.

Gli olivi sono solitamente coltivate in zone dove l'acqua scarseggia. Gli alberi esplorano consistenti volumi di suolo durante la loro lunga durata di vita, e dipendono dal contenuto di acqua del suolo la capacità di evitare lo stress idrico. I tempi di durata del deficit idrico hanno importanti effetti sulla produttività. Anche se diverse strategie di gestione del suolo possono essere applicate alla coltivazione dell'olivo, il metodo più usato attualmente è l'erpicoltura meccanica.

Recenti scoperte, tuttavia, suggeriscono che solo un tasso maggiore di infiltrazione dell'acqua potrebbe tecnicamente giustificare un interesse per lavorazione meccanica.

Il comportamento dell'olivo al variare regimi di irrigazione e come l'albero utilizza l'acqua disponibile è stato esplorato da Fernandez (1989), e Michelakis Vougioucalou (1988) e Fernandez e Moreno (1999), tra gli altri, mentre Moreno et al. (1983), Pastor (1989) e Vanderlinden et al. (1998) hanno caratterizzato l'idrodinamica dei suoli sostenere le colture di ulivo, tra cui infiltrazione dell'acqua del suolo.

C'è una forte evidenza, soprattutto per i suoli che hanno una capacità di stoccaggio dell'acqua del suolo basso, ad esempio il presente, che le tecniche di risparmio idrico di produzione sono requisiti importanti sotto condizioni di siccità per il raccolto di raggiungere il suo rendimento potenziale, in particolare se la frequenza e la durata della siccità aumenta,

le riserve idriche sotterranee del suolo diminuiscono. Nel contesto di corrente di agricoltura sostenibile, la gestione ecologica degli agrosistemi ha generato maggior interesse. All'interno di questo approccio e in linea con le risorse del suolo e delle acque, l'utilizzo di coperture vegetali sta rapidamente guadagnando popolarità.

Svariate possono essere le tecniche agronomiche utilizzate per la gestione del suolo in olivicoltura, e ciò in funzione degli obiettivi economici e ambientali che l'imprenditore si prefigge di raggiungere. In particolare possiamo elencare:

- 1) Non lavorazione, utilizzando inerbimento con essenze spontanee;
- 2) Non lavorazione utilizzando inerbimento pluriennale con essenze sotterranee leguminose;
- 3) Non lavorazione e utilizzo dell'inerbimento temporaneo con veccia o fava;
- 4) Non lavorazione utilizzando il diserbo chimico;
- 5) Lavorazione convenzionale con erpicature e fresatura, lasciando il suolo libero da erbacce tutto l'anno.

L'utilizzo di una tecnica anzichè un'altra tra quelle suddette comporta un impegno energetico e gestionale differente, e genera effetti sul suolo e sulla pianta significativamente differenti.

In particolare la concorrenza per le risorse idriche e nutrizionali, il contenuto di N e di Sostanza Organica, nel caso di suoli inerbiti risulta diversa a seconda della scelta di inerbimento adottata.

La prima delle suddette tecniche, ossia l'inerbimento con essenze spontanee, viene praticata avendo cura di effettuare il taglio delle erbe all'inizio del mese di marzo, in modo da permettere comunque una certa diffusione di semi per l'anno successivo, senza entrare in competizione con la pianta di olivo per le risorse idriche in un momento particolarmente delicato come quello della fine delle piogge invernali e l'inizio della fase di deficit idrico in primavera;

La seconda tecnica, a differenza della prima, utilizza specificatamente una essenza leguminosa come il *trifolium subterraneum*, avente un apparato radicale meno profondo delle erbe spontanee e quindi meno competitivo per l'acqua. Inoltre la specie contribuisce sensibilmente all'incremento del contenuto di sostanza organica ed Azoto. La specie ha carattere poliennale, in quanto germina da sola attraverso un'auto semina.

La terza tecnica, prevede l'uso di una copertura con veccia o fava, che vengono trinciate all'inizio di maggio, durante il periodo di massimo accumulo di azoto e acqua nella pianta, durante la fioritura. I resti, lasciati sul suolo per due settimane agiscono come pacciamatura naturale, vengono interrati successivamente con una fresatura superficiale o una lavorazione

con erpice a dischi.

La quarta tecnica prevede il diserbo chimico utilizzando diserbanti come glifosate e simazina.

La quinta tecnica, consiste nella lavorazione meccanica del suolo, utilizzando due o tre erpicature invernali, a seconda della piovosità; una fresatura a maggio del cotico erboso presente, ed un'eventuale erpicatura estiva ove il suolo presenti crepacciature.

Le differenze ottenute sono variabili di anno in anno a seconda del regime pluviometrico.

Vi sono comunque alcuni punti da tenere in considerazione come il fatto che il maggiore sviluppo della superficie fogliare di alcune essenze di copertura, limita la perdita dell'acqua dal suolo per evapotraspirazione (Gregory, Eastham 1996). Gli appezzamenti coltivati con leguminose autoriseminanti mostrano una prevalenza delle stesse su tutte le specie infestanti al terzo anno di impianto e limitano la presenza delle infestanti dannose soprattutto in confronto con le parcelle soggette a lavorazioni meccaniche convenzionali. Evidentemente la presenza dell'inerbimento durante le stagioni meno piovose, causa competizione idrica con gli olivi per l'acqua presente nel suolo, e per gli elementi nutritivi presenti.

1.8 Influenza delle tecniche agronomiche sull'erosione dei suoli.

Diversi autori hanno studiato gli effetti della copertura del suolo sull'erosione : (Martinez, Zuazo et al. 2005), hanno individuato come la coperura con orzo (*Hordeum vulgare*) abbia ridotto notevolmente l'erosione rispetto agli appezzamenti coltivati con lavorazioni convenzionali.

Studi effettuati in Andalusia, in un terreno argilloso pesante nei pressi di Cordoba durante il periodo (2000-2006) hanno quantificato la perdita di suolo in valori che da 6,9 T/Ha/Yr sul suolo gestito tramite il diserbo. La perdita di suolo nel caso di gestione con lavorazione convenzionale, o con l'inerbimento con orzo ha portato ad una riduzione del 78% e del 92% rispettivamente.

L'inerbimento controllato con orzo, ha portato ad una diminuzione del deflusso superficiale dall' 11,9% del suolo diserbato al 1,2 %. Ciò evidenzia la capacità di trattenere l'acqua piovana nei suoli inerbiti.

Anche la stabilità degli aggregati, direttamente correlata al fenomeno erosivo, è aumentata da 0,258 kg/kg a 0,458 kg/kg nel suolo gestito con inerimento con orzo.

Tuttavia è stato rilevato inoltre che l'uso del diserbo, dopo diversi anni, causa una riduzione del tasso d'infiltrazione dell'acqua con aumento della compattazione. (Gomez, Giraldez et

al. 2009)

Altri autori hanno trovato valori di erosione in esperimenti simili nel sud Italia di: 41 tonnellate/Ha/Yr nel caso della lavorazione convenzionale, contro 0,36 tonn/Ha/Yr nel caso di inerbimento permanente. Mentre i coefficienti di deflusso superficiale sono risultati di: 12,8% nel caso della Lavorazione convenzionale; 3,5% nel caso di inerbimento permanente. (Raglione et al 1999).

In accordo con i suddetti risultati, in un altro esperimento svolto in Andalusia da Gomez e Giraldez nel 2004 i valori di erosione del suolo sono stati di: 8,5 tonn/Ha/Yr nel caso di diserbo, 4,0 tonn/Ha/Yr nel caso di lavorazioni convenzionali, e 1,2 tonn / Ha/Yr nel caso di inerbimento.

Anche Bruggemann et altri nel 2005, in un simile esperimento hanno misurato valori di erosione di: 41,4 tonn/Ha/Yr; nel caso di lavorazioni convenzionali e 11,2 tonn/ Ha/Yr. nel caso di inerbimento

Pur andando nella stessa direzione i risultati suddetti, gli studi condotti hanno il limite di durata non superiore a 7 anni. Sarebbe opportuno studiare tali effetti nel lungo periodo.

1.9 Influenza delle tecniche agronomiche sul contenuto di sostanza organica dei suoli.

Oltre al problema dell'erosione, i diversi sistemi di gestione del suolo determinano significative variazioni nel contenuto di sostanza organica e sul rapporto C:N dei suoli.

In particolare le pratiche agronomiche conservative, quali inerbimento spontaneo, inerbimento pluriennale con essenze leguminose, inerbimento temporaneo, hanno determinato un contenuto di Sostanza organica e di azoto significativamente più elevato nel suolo (Castro et al 2008).

Ciò si rileva di fondamentale importanza in quanto permette la fissazione nel suolo del C contenuto in atmosfera sottoforma di CO₂.

L'adozione di pratiche agricole conservative che comprendono il riciclaggio di tessuti vegetali o la coltivazione con colture di copertura, possono incrementare il contenuto di nutrienti (Hargrove,1986).

La gestione conservativa del suolo genera effetti diversi distinguibili in quattro casistiche a seconda che le colture di copertura siano:

- 1) lasciate in superficie;
- 2) parzialmente incorporate nel suolo;
- 3) totalmente incorporate nel suolo;
- 4) totalmente eliminate.

Secondo Flanzluebbbers (2002), un elevato contenuto di sostanza organica in superficie colpisce la qualità del suolo perchè riduce l'impatto diretto delle precipitazioni sul suolo, impedendo così la distruzione della struttura e sigillando la superficie, mentre le caratteristiche di drenaggio del suolo insieme con la gestione dei residui colturali influenzano il contenuto di sostanza organica contenuta nei suoli.

In accordo con quanto detto, da ricerche effettuate in Spagna (Castro, Fernandez, 2007), si evince che il contenuto di C organico nel suolo oltre che dal sistema di gestione è influenzato dalla piovosità e dalla tessitura del suolo.

La Tessitura del suolo è una delle proprietà che esplica la maggiore influenza sul carbonio organico. Molti studi hanno trovato una correlazione positiva tra il contenuto di C organico e il contenuto di argilla del suolo (Hassink e Whitmore 1986; Alvarez e Lavado, 1998; Percival et al, 2000; Arrouways et al 2006).

Altri autori hanno riscontrato una perdita di C organico a causa della coltivazione del suolo aumenta con le precipitazioni e si manifesta in misura minore in suoli argillosi (Burke et. al 1989).

Allo stesso modo Christensen (1986) ha rilevato che i suoli argillosi accumulano C organico più velocemente che non i suoli tendenzialmente sabbiosi anche dopo diverse decine di anni di apporti costanti.

In accordo con gli altri, Sainjou et al (2002) hanno rilevato che un incremento del 5% del contenuto di argilla del suolo comporta una significativa riduzione della velocità di mineralizzazione del C organico e dell' Azoto.

Tuttavia alcuni autori ritengono che la mineralogia delle argille, il drenaggio e l'aerazione del suolo, (Davidson e Lefebvre , 1993; Ingram e Fernandes , 2001) o il contenuto di ossido di ferro e di alluminio (Percival et al 2000) sono fattori importanti nel determinare i livelli di accumulo del C organico nel suolo

Nonostante gli sforzi compiuti negli ultimi anni vi è adesso molta incertezza sull'influenza delle diverse pratiche di gestione del suolo per determinare la capacità di fissazione del C nel suolo (Smith et al. 2005), relativamente alla coltivazione dell'olivo su vasta scala nella regione mediterranea.

1.10 Influenza delle tecniche agronomiche sulla struttura del suolo e sul contenuto in macroelementi;

Considerando i sistemi di gestione del suoli prima ipotizzati e cioè:

- 1) Non lavorazione;
- 2) Presenza di cover crops e diserbo;

- 3) Inerbimento controllato;
- 4) Inerbimento, sfalcio e interrimento con erpice a dischi.
- 5) Lavorazione convenzionale.

Effettuando una suddivisione del suolo in classi di profondità, valori di densità apparente più elevati si sono riscontrati nella tesi gestita con inerbimento sottoposto a sfalcio (caso 3).

Non sono state riscontrate differenze significative relativamente alla densità apparente alla profondità di 15-30 cm, ciò indica come il sistema di gestione del suolo influenza principalmente le proprietà del suolo nello strato di suolo fino a 15 cm. Relativamente al contenuto in C organico si può evidenziare un valore più elevato nello strato 0-2 cm in tutte le tesi rispetto alle altre profondità; e notevolmente maggiore nella tesi inerbita sottoposta a sfalcio.

Risultati simili sono stati ottenuti anche da altri autori (Duiker e Lal , 2000; Jarecki e Lal , 2005)

Il rapporto C:N è maggiore in superficie su tutti i tipi di gestione tranne che per il caso 4. (Inerbimento, taglio e interrimento dei residui).

Non sono stati trovate differenze significative nel rapporto C:N dagli stessi autori (Castro, Fernandez , 2007), negli strati più profondi relativamente ai vari tipi di trattamento analizzato.

Se si considera tutto lo strato di suolo che va da 0 a 30 cm sono stati rilevati contenuti di Carbonio organico maggiore rispettivamente per la tesi sottoposta a inerbimento e interrimento totale dei residui; quindi per la tesi sottoposta a lavorazioni convenzionale e minori per i casi e 2 e 3

Stesso risultato si è riscontrato nel valore di N rilevato (Castro, Fernandez, 2007).

Relativamente all'influenza di vari sistemi di gestione del suolo sul contenuto in macroelementi, confrontando cinque ipotesi di gestione e cioè:

- 1) Non lavorazione, con inerbimento permanente controllato;
- 2) Non lavorazione, e semina di coltura da inerbimento sotterranea;
- 3) Inerbimento con semina di leguminosa (veccia);
- 4) Non lavorazione e diserbo chimico;
- 5) Lavorazione convenzionale

Si è rilevato che il sistema di gestione del suolo ha portato il livello di C ad un livello superiore dall'inizio alla fine dell'anno nei primi due sistemi di gestione, quindi l'inerbimento spontaneo e la semina di trifoglio sotterraneo, migliorano il contenuto di C nel suolo. (Hernandez et al 2005).

Tale dato è in accordo con quanto detto in precedenza.

Mentre differenze significative emergono nel caso in cui si prenda a confronto l'inerbimento con trifoglio sotterraneo e la gestione con il diserbo relativamente al contenuto in N, a favore del primo caso. Ciò è prevedibile in quanto la leguminosa arricchisce il suolo di azoto.

Il contenuto in P_2O_5 , dagli esperimenti eseguiti, si rivela simile in tutti i sistemi sopra ipotizzati, tranne che per il fatto che nel caso di utilizzo dell'inerbimento spontaneo permanente, si è riscontrata una diminuzione rispetto agli altri sistemi di gestione suddetti. Ciò può essere ipotizzato a causa delle asportazioni della vegetazione spontanea.

Il contenuto di K invece non ha mostrato di risentire del sistema di gestione del suolo in tutti i casi, secondo quanto rilevato (Hernandez 2005).

1.11 Influenza delle tecniche agronomiche sulle caratteristiche biochimiche del suolo.

Diversi autori hanno effettuato studi sull'influenza delle tecniche di gestione del suolo sulle caratteristiche biochimiche dello stesso.

In particolare, Gomez, Giraldez et al. 2008, hanno trovato che la respirazione del suolo misurata come ($kg\ CO_2 / kg$) aumenta da un valore minimo di 0,452 su suolo diserbato, a 1,01 su suolo inerbito per finire a 1,11 su suolo gestito con lavorazioni convenzionali.

Simili risultati sono stati misurati da Hernandez, La Casta (et. al 2005), i quali hanno rilevato simili valori di respirazione per quanto riguarda le tesi soggette a inerbimento naturale, inerbimento con trifolium subterraneum, inerbimento con veccia; mentre valori minori del 50% circa e statisticamente simili tra loro sono stati rilevati nelle tesi gestite con diserbo e con lavorazioni convenzionali.

La misurazione della presenza di ATP ha portato a risultati, statisticamente simili su tutti i sistemi di gestione, mentre sono diminuiti i valori del 90% nel suolo gestito con diserbo (Hernandez et al., 2005).

Relativamente ai valori dell'attività enzimatica, i livelli di ureasi e fosfatasi, hanno presentato i valori più bassi nelle tesi gestite con diserbo, valori intermedi in quelle gestite con lavorazioni convenzionali e maggiori nel caso di inerbimento permanente o inerbimento con trifolium subterraneum, con differenze statisticamente significative.

Il livello di questo enzima (ureasi), coinvolto nel ciclo dell'N, tende ad aumentare con l'aumento del contenuto di Sostanza organica (Lobo et al 2000).

La presenza di vegetazione appare una condizione determinante il livello di ureasi presente (Garcia et al 2000). Il contenuto di fosfatasi rilevato, era basso nelle tesi con lavorazioni

convenzionali, ciò è spiegato dal livello di P disponibile (Nannipieri et al., 1990) e specialmente più basso che nelle tesi non lavorate. L'attività enzimatica aumenta il contenuto di molecole organiche che contribuiscono alla stabilità del sistema suolo, e partecipano alla formazione di molecole cicliche (Canet et al., 2000).

1.12 Effetto a lungo termine del sistema di gestione sull'attività microbica e sugli indicatori della fertilità del suolo

Il deterioramento della qualità del suolo nelle zone aride è legato principalmente alle pratiche agricole inappropriate. L'uso di pratiche agricole ecocompatibili ha dimostrato essere efficace nel ripristinare o migliorare la qualità del suolo. Tra le tecniche di gestione del suolo suddette dobbiamo distinguere, se il suolo viene lasciato nudo applicando gli erbicidi sia in pre-emergenza che più volte in post emergenza, o se viene applicata una sola volta il glifosate in primavera per bloccare lo sviluppo delle infestanti, lasciando comunque il suolo coperto. Da studi effettuati sull'influenza delle tecniche di gestione del suolo sull'attività microbica, si è visto che l'uso del glifosate non influenza il numero di batteri presenti nel suolo, in accordo con i risultati di diversi autori (Haney et al, 2000; Lupwayi et al, 2009) mentre i suoli sotto la presenza di colture di copertura hanno mostrato la popolazione batterica più elevata in particolare nella gestione con coperuta vegetale + erbicida.

La gestione del suolo nudo, con lavorazioni, difficilmente riduce la biomassa batterica. Ancora una volta il peso dell'uso degli erbicidi si è mostrato superiore alla gestione della copertura vegetale, quando vengono analizzati i parametri microbiologici. Profili DNA batterico fornite da DGGE possono essere usate come misura semiquantitativa della diversità batterica (Dilly et al., 2004) .

Anche se il numero reale dei genotipi è sicuramente sottovalutato , il modelli di discernimento indicano che la struttura della comunità batterica cambia significativamente con il sistema di gestione del suolo.

I risultati indicano che la presenza o l'assenza di coltura di copertura, è il maggiore responsabile delle differenza nella struttura delle comunità batteriche del suolo. Infatti la cluster analysis (UPGMA ,Nei e coefficiente di somiglianza LI) dei modelli bande molecolari generati da PCR- DGGE discrimina i suoli in due chiari gruppi , suoli con copertura e senza copertura, all'interno di un range di somiglianza del 50%. Dall'analisi dei profili elettroforetici, i profili DGGE evidenziato un piccolo numero di bande forti e un gran

numero di bande deboli. Ciò implicherebbe che un limitato numero di specie di batteri dominante , onnipresente , ed ecologicamente ben adattato, insieme a diverse popolazioni altrettanto abbondanti ,sono stati il modello comune di ciascun terreno (Crecchio et al., 2004) .

I terreni dove vengono eliminate le erbacce con sostanze chimiche in modo permanente, o una volta l'anno, hanno mostrato il più basso e il più alto livello di diversità batterica, rispettivamente .

D'altra parte, fra lavorazione e inerbimento con sfalcio, sono state osservate diversità nella composizione batterica . L'ultimo modello è stato anche descritto da altri autori quando si confrontano sistemi biologici provenienti da altri sistemi di gestione del territorio (convenzionale, continua rimozione di vegetazione, terreni indisturbati) , concludendo che i suoli possono mostrare diversità batterica simile , anche se differiscono nella composizione genetica (Wu et al. , 2008) .

Pertanto, le ipotesi di cui sopra devono essere considerate con attenzione perché la maggior parte degli indici di diversità non riflettono le differenze in ricchezza di specie, o semplicemente differenze di campionamento (Gotelli e Colwell , 2001).

Differenze tra le comunità microbiche sono stati trovati tra NC e terreni coperti, ma non tra la prima e la gestione T. I risultati hanno anche indicato che i terreni sotto colture di copertura erano filogeneticamente distante dal resto. E' ben noto che la struttura della comunità batterica e le diversità sono fortemente influenzate dal tipo di impianto (Greyston et al.,2001. Marschner et al, 2001) , e, in particolare , dal tipo di terreno (Girvan et al. , 2003) .

1.13 Influenza del sistema di gestione del suolo sul contenuto idrico nell'oliveto.

Dalla letteratura si evince come i sistemi di gestione del suolo possono creare competizione con l'olivo per le risorse idriche nelle stagioni più secche e nelle annate meno piovose.

Un esperimento, svolto in Spagna a Toledo nel periodo dal 1997 al 2002 su piante disposte in quadro alla distanza di 12 mt. è stato svolto da Hernandez, La Casta et al. (2005).

Quest'area pur presentando una piovosità annua simile alla Sicilia si differenzia per il carattere torrentizio delle piogge che causano frequentemente problemi di erosione.

Gli autori hanno studiato l'influenza di quattro sistemi di gestione del suolo sul contenuto idrico del terreno a diverse profondità. Le tesi considerate erano:

- 1) Non lavorazione più copertura naturale; (NT)
- 2) Non lavorazione più coltura di copertura sotterranea (trifolium subterraneum); (SC)
- 3) Uso di coltura di veccia in copertura (vicia sativa).(VC)
- 4) Non lavorazione e diserbo; (H)
- 5) Lavorazioni convenzionali.(CT)

In particolare sono state evidenziate le differenze sul contenuto idrico del suolo sia in funzione della profondità, della stagione che a in anni a piovosità maggiore, uguale e minore delle medie riportate in 50 anni. Negli anni di elevata piovosità i risultati ottenuti hanno mostrato che l'effetto della gestione del suolo sul contenuto di acqua è stato molto basso.

Solo a partire da Maggio si sono rilevate differenze significative del 22% tra la tesi CT e quella SC.

Quando ogni sistema di gestione è stato comparato con gli altri, è stato notato che i trattamenti SC avevano simile contenuto idrico nel suolo, e scarse erano le differenze su tutto lo strato profondo da 0 a 20 cm. Le differenze tra NT e gli altri sistemi di gestione del suolo erano discrete: 15% rispetto a VC; 20% rispetto a CT; e 25% rispetto alla tesi H.

Anche la gestione SC mostra simili differenze rispetto a VC (15%), stessa differenza in più rispetto a H (30%) e a CT (35%). La gestione con VC invece ha mostrato differenze del 20% rispetto a CT, e solo il 10% se confrontata con H. Quando l'umidità del suolo viene esaminata su tutto lo strato esplorato dalle radici, scarse differenze emergono comparando i primi due strati 0-20 e 20-40.

Le maggiori differenze emergono tra NT e i rimanenti trattamenti nello strato di suolo profondo 40-60 cm, e più marcate differenze emergono durante l'estate (57% rispetto al CT e 43% rispetto a H).

Durante i periodi di piovosità normale, la tesi NT e quella SC hanno mostrato simili valori di umidità. Migliori risultati sono stati rilevati in VC (21%), in H (25%), e infine in CT (42%)

La stagione influenza le differenze nel contenuto di acqua nel suolo rispetto ai sistemi di gestione, in particolare le differenze maggiori si sono rilevate in primavera che in estate. Le maggiori differenze si sono rilevate in entrambi i casi in NT e SC che rispetto a CT (53% e 47% rispettivamente).

In estate come suddetto le differenze rilevate sono molto basse, tranne che confrontando SC e CT con valori maggiori in quest'ultimo caso del 67%. Nelle annate di bassa piovosità, i sistemi di gestione NT e SC non differiscono significativamente, mentre tra NT e l'inerbimento con una leguminosa sotterranea mostrano un miglioramento del 25% dell'umidità a favore di quest'ultima. Le differenze aumentano se confrontate con H (46%) e con CT (63%). Differenze tra VC verso H o verso CT sono del 29% , mentre tra H e CT solo

del 12%. Se si effettua la comparazione del contenuto del suolo a differenti profondità, lo strato intermedio (20- 40 cm) evidenzia grandi differenze dalla superficie del suolo.

Alcuni strati mostrano significative differenze tra NT e SC, ma le differenze tra NT e CT sono maggiori del 75% nel primo e secondo strato, e sono del 50% tra questi trattamenti e la tesi H. Altri dati simili sono stati trovati da Hernandez et al.(1997-2001), e Pastor et al.(2000). La diminuzione dell'acqua disponibile causa una riduzione della traspirazione e consequenzialmente della crescita al di sotto del suo massimo potenziale e diminuisce l'assimilazione di CO₂ (Meyer and Green 1981).

L'effetto dell'acqua sulla produzione delle olive è stato descritto da (Mickelakis 1995, Goldhamer et al, 1994 ; D'Andria et al. 1999, Alegre et al 2000.

Dagli esperimenti compiuti da Monteiro Ana, Lopes M.Carlo, 2007, si è visto come il contenuto di acqua in un vigneto gestito secondo la lavorazione convenzionale (CT) secondo l'inerbimento naturale spontaneo (RV), e secondo l'inerbimento con leguminose seminate (SCC), diminuisce in tutte le tesi con l'avanzare della stagione vegetativa.

All'inizio della primavera tutti i trattamenti mostrano un simile livello di umidità nel suolo, con il progredire della stagione i trattamenti di gestione RV e SCC mostrano simili valori di umidità, e comunque minori di quella misurata nel caso di CT. La differenza si accresce dalla fine della primavera alla metà dell'estate, quindi si stabilizza alla fine dell'estate.

Per quanto riguarda l'uso dell'acqua, nel caso di un vigneto si è rilevato che i trattamenti di gestione con colture di copertura RV e SCC, presentano un maggiore uso dell'acqua rispetto al sistema di lavorazione convenzionale CT.

Mentre nel periodo che va dalla fioritura alla maturazione i tre sistemi di gestione hanno mostrato simili valori di utilizzo dell'acqua presente nel suolo.

1.14 Influenza del contenuto idrico nel suolo sulla crescita e sullo sviluppo delle drupe

E' ben noto come l'olivo anche in condizioni di grave stress idrico (- 6 Mpa) riesce a mantenere un'attività fotosintetica paragonabile a quella delle piante irrigate (Xiloiannis et al, 1999).

Tuttavia la siccità determina una riduzione nella conduttanza stomatica e nel flusso della linfa.

In particolare si è visto che il flusso della linfa in alberi irrigati raggiunge un valore di 3 litri /ora, mentre in alberi non irrigati raggiunge valori di 0,4 Litri/ora. (Greven et al 2009).

Reagendo in questo modo le perdite per traspirazione negli alberi non irrigati sono 8-10 volte minori che negli alberi irrigati, quindi il consumo e la richiesta di acqua sarà minore.

L'olivo infatti utilizza la regolazione osmotica per mantenere il potenziale idrico e contrastare la siccità.

La possibilità di perdere l'acqua contenuta nelle foglie prima di reidratarsi può raggiungere anche il 40 % a cui corrisponde un RWC di 0,6 (Vitagliano e Sebastiani 2002). Questa possibilità causa un elevato gradiente di potenziale idrico tra tessuto, radici e suolo che permette all'olivo di prendere l'acqua dal suolo anche a potenziali sottostanti al punto di appassimento di -1,5 Mpa (Xiloiannis 2003). Esiste una correlazione positiva tra la conduttanza stomatica degli alberi non irrigati in condizioni di stress e il flusso della linfa negli stessi.

Quando gli alberi vengono irrigati, aumenta sia il potenziale idrico nel suolo, quello nella foglia e la traspirazione aumentano tutti ma a tassi differenti.

Lo stress idrico determina una riduzione nella crescita delle piante e nello sviluppo dei frutti. In particolare all'inizio della primavera un simile germogliamento tra piante coltivate in asciutto e piante irrigate, mostra un rallentamento della crescita e del germogliamento nelle piante non irrigate con il progredire del tempo e alla diminuzione del contenuto idrico nel suolo.

Il rallentamento della crescita vegetativa in alberi non irrigati rispetto a quelli irrigati avviene dopo circa un mese mentre la crescita della drupa diminuisce immediatamente dopo l'interruzione dell'irrigazione (Greven et al. 2009).

Durante un periodo di stress idrico l'olivo è in grado di traslocare l'acqua contenuta nelle drupe verso gli altri organi della pianta, determinando un raggrinzimento delle stesse (Ippolito e Nigro 2002).

L'arresto dell'irrigazione in piante normalmente irrigate produce effetti peggiori che in piante non irrigate, in quanto queste ultime già dall'inizio continuano a sviluppare le radici verso gli strati più profondi del suolo alla ricerca dell'acqua.

A seguito delle piogge autunnali le drupe di piante non irrigate tendono a recuperare turgore e dimensioni, ma in misura nettamente inferiore a quelle delle piante irrigate.

Il tempo necessario a recuperare il turgore cellulare e la velocità degli altri processi fisiologici è di circa una settimana.

Trascorso tale periodo la velocità di crescita delle drupe delle piante sottoposte a reirrigazione è simile a quelle continuamente irrigate durante l'anno.

Si può affermare quindi che pur raggiungendo il massimo potenziale produttivo in condizioni di irrigazione continua, nel caso di oliveti coltivati in asciutto, nel caso di eventi

piovosi autunnali di buona entità dopo circa una settimana si ha una ripresa dell'intensità delle funzioni fisiologiche principali e della crescita delle drupe.

1.15 Modello di crescita della chioma dell'olivo e di ripartizione della radiazione luminosa;

L' elemento centrale della maggior parte di crescita delle colture è la simulazione dell'accumulo di biomassa che segue l'equazione proposta da Monteith (1977) del concetto di RUE o efficienza d'uso della radiazione; che è il rapporto tra l'accumulo di biomassa e la radiazione intercettata (una funzione dell'area fogliare).

Quindi la biomassa è allocata ai differenti organi della pianta utilizzando i differenti coefficienti di ripartizione.

Altri fattori chiave del modello di crescita di una pianta sono il bilancio idrico, il bilancio azotato, la fenologia e la risposta di crescita allo stress idrico e azotato.

Se consideriamo l'asse delle x come la direzione normale ad una fila e l'asse delle y come direzione verso le file, si è rilevato che lo sviluppo della chioma avviene per lo più nella direzione parallela alle x.

Nel caso dell'olivo, l'unica valutazione sull'influenza della RUE sulla ripartizione è stata effettuata nel lavoro di Mariscal et al. (2000), con gli aberi giovani prima della produzione di fiori.

Altri componenti del modello sono stati anche sviluppati. Il bilancio idrico è stato soggetto di molte ricerche.

Se consideriamo l'asse delle x come la direzione normale ad una fila e l'asse delle y come direzione verso le file, si è rilevato che lo sviluppo della chioma avviene per lo più nella direzione parallela alle x.

L'olivo dimostra avere un basso valore di RUE se comparato a quello di altre colture annuali, (Mariscal et al. 2000), anche se simili valori sono stati trovati in altre specie arboree.

Nonostante il basso valore di RUE la produttività in olio di oliva è elevata grazie al suo Indice di raccolta, (Harvest Index = 0,5) paragonabile al massimo HI dei cereali, e alla grande frazione di radiazione intercettata in quanto coltura perenne.

Il concetto di valutazione del valore della RUE per ottenere la resa in olio può essere utile per valutare l'alternanza come sostituto dell'indice HI anziché usare direttamente la produzione.

Il modello di crescita della chioma, si può descrivere con l'equazione:

$$Y = R_{sp} * Q_e * \varepsilon * HI * F_o.$$

dove:

- R_{sp} è la radiazione annuale incidente PAR ($Mj * m^{-2}$);
- Q_e è la frazione di PAR intercettata dalla chioma;
- ε è l'efficienza d'uso della radiazione per la produzione di biomassa fuoriterra ($g * MJ^{-1}$);
- HI è l'indice di raccolta (rapporto tra la produzione di frutti e quella di biomassa);
- F_o è la frazione di olio in rapporto alla sostanza secca del frutto;

L'equazione viene sintetizzata nel seguente modo :

$$Y = R_{sp} * Q_e * \varepsilon_0$$

- dove ε_0 è l'equivalente RUE per la produzione dell'olio, il quale è il totale dell'olio prodotto per unità intercettata di PAR.

Pertanto l'uso di ε_0 normalizza i dati relativi al cambio delle dimensioni degli alberi che può essere una fonte importante di variabilità della resa in olio.

I coefficienti di ripartizione trovati in esperimenti di crescita (Villalobos e Testi 2005) indicano che circa la metà della produzione di biomassa è diretta allo sviluppo vegetativo a sua volta suddiviso nel 30% destinato alle foglie mentre il 70% per gli organi di supporto (steli, rami, tronco).

Le foglie nell'olivo sono rinnovate ogni 2 o 3 anni.

La relazione trovata tra la produzione in olio e la PAR è stata di 0,17 g / MJ;

Possiamo concludere che l'olivo presenta una bassa RUE ma compensano con un elevato Indice di raccolta e una grande frazione di radiazione intercettata che in alcune regioni si traduce in una elevata produzione di olio per ettaro, anche superiore ai valori di olio per ettaro in colture come il girasole.

Il valore di RUE nell'olivo è basso dopo il periodo produttivo e ciò si spiega in parte con il costo energetico più elevato per l'accumulo dell'olio rispetto alla crescita vegetativa.

1.16 Modello dell'evapotraspirazione dell'oliveto.

La determinazione dell'evapotraspirazione del suolo è una condizione fondamentale per l'esecuzione della pratica irrigua e per stabilire le tecniche di gestione del suolo idonee a gestire convenientemente le risorse idriche del suolo e della pianta.

Diversi autori (Orgaz e Fereres (1997) hanno trovato coefficienti K_c di evapotraspirazione, in diverse località, aventi valori molto differenti, resta perciò difficile applicare l'equazione della FAO per stimare l'ETP della coltura.

Un approccio alternativo per determinare l'ET dell'olivo è di calcolare le due componenti ,

traspirazione (E_p) ed evaporazione dalla superficie del suolo (E_s), indipendente, con un modello E_p in base all'equazione di Penman – Monteith (Monteith , 1965) e di un modello E_s come quello proposto da Ritchie (1972).

Il coefficiente colturale, varia negli oliveti durante l'anno in funzione della radiazione incidente, della temperatura dell'aria, della velocità del vento, al VDP e all'evaporazione dalla superficie del suolo.

Dagli esperimenti effettuati, il tasso di evaporazione dal suolo, aumenta sensibilmente quando il suolo è stato bagnato da irrigatori.

Il modello di evaporazione studiato e testato (Villalobos, Orgaz, 2000), prevede la stima della conduttanza della chioma (G_c), in funzione dell'irraggiamento (R_s), deficit di pressione di vapore (VPD) e della temperatura (T) media.

Il valore di G_c negli studi compiuti sull'olivo, aumenta rapidamente dal sorgere del sole al suo massimo valore (8,5 millimetri/s) 4 h dopo, e poi diminuisce durante il periodo diurno, con rapido declino fino alle 13:00 h e un cambiamento lento successivamente, quando il deficit di umidità dell'aria raggiunge il suo valore massimo . Tendenze simili di G_c sono state riportate per altre specie arboree (ad esempio Nothofagus, Schulze et al , 1995; .Pino marittimo, Gash et al., 1989).

I valori massimi di G_c sono inferiori agli alberi di olivo rispetto a quelli di pino che possono essere in parte spiegati da un LAI inferiore (1.2 vs 2.3).

La risposta di G_c alle radiazioni indica una lenta apertura degli stomi dell'olivo agli aumenti delle radiazioni se confrontato con il pino.

Il coefficiente medio della coltura K_c nell'olivo, è piuttosto basso a causa della scarsa copertura del suolo e al maggiore controllo della conduttanza dalle risposte degli stomi a VPD . Questi risultati indicano che le stime del fabbisogno di acqua annuale dell'olivo E_{To} è di circa 1.373 millimetri negli studi effettuati (Villalobos, Orgaz, 2000).

1.17 Assorbimento e localizzazione delle sostanze nutritive nel sottosuolo

La distribuzione verticale dell'assorbimento di acqua e nutrienti è un argomento di studio molto importante perché le risorse del suolo non sono equamente distribuiti in tutto il profilo del terreno .

Nelle piantagioni arboree la conoscenza della distribuzione verticale della radice, è di fondamentale importanza per conoscere lo stato nutrizionale del suolo e pianificare la concimazione, la potatura, l'irrigazione, per correggere l'attività di assorbimento nel sottosuolo.

Recenti ricerche mostrano che una notevole quantità di nutrienti disponibili per le piante possono essere presenti al di sotto dello strato superficiale delle piante di (0-30 cm) o addirittura nello strato di profondità superiore ad un metro e che queste risorse possono essere utilizzate dalle piante (Stone e Comeford 1994).

Numerosi studi hanno dimostrato che l'umidità del terreno può essere uguale o maggiore nel sottosuolo rispetto allo strato superiore di suolo. Il rapporto tra l'umidità del suolo e del sottosuolo varia notevolmente, ma è generalmente superiore quando vi è grande evaporazione e contemporaneo accesso alle acque sotterranee.

L'uso dell'acqua del sottosuolo è influenzata dalle prestazioni della coltura arborea.

Meno direttamente è correlato il ritmo di assorbimento delle sostanze nutritive disponibili nel sottosuolo e il loro ruolo nella costituzione della struttura dell'albero.

Il contenuto di sostanza organica del suolo, di solito è maggiore nello strato superiore del terreno, ed è responsabile della ritenzione e del rilascio delle sostanze nutritive.

Inoltre le sostanze nutritive vengono aggiunte al suolo dalle colture di copertura e dalla fertilizzazione.

Gli alberi possono intercettare la percolazione di sostanze nutritive e agire come una rete di sicurezza contro eccessive perdite di nutrienti per lisciviazione (Van Noordwijk et al., 1996).

In alcuni casi, tuttavia, l'adsorbimento di nutrienti può anche essere considerevole nel sottosuolo e ritardare o impedire temporaneamente la lisciviazione sotto la zona radicale.

La disponibilità di acqua nel sottosuolo può anche influenzare l'utilizzazione dei nutrienti del sottosuolo e viceversa.

In determinate condizioni geologiche la disponibilità di nutrienti è superiore a maggiore profondità, rispetto allo strato superficiale e ciò è dovuta al rilascio di nutrienti dallo strato originale.

Stone e Kalisz (1991) hanno rilevato come il contenuto di nutrienti era significativamente superiore nel sottosuolo a diversi metri di profondità rispetto allo strato superficiale, e potrebbe essere sfruttato dagli alberi come N da Scisto P da marne fosfatiche, e K in depositi stratificati.

L'ammonio è concentrato vicino allo strato superficiale e ben correlato con il totale contenuto di N e C.

In ogni caso l'accumulo di nitrati nello strato superficiale è significativo nei climi caldi.

Faby e Naumann (1986) hanno trovato un alto contenuto di nitrati nello strato superficiale, (267 Kg NO₃ /Ha a profondità compresa tra 0,3 e 0,9 metri).

Jobagy and Jackson (2001), in uno studio su oltre 20.000 tipi di suolo, hanno rilevato che la maggior parte del P e il K disponibile erano concentrati vicino alla superficie del suolo,

mentre quantità apprezzabili di Ca, Mg, NO₃ e SO₄, risultavano maggiormente presenti nello strato di suolo profondo 20-100 cm rispetto a quello superficiale profondo 0-20 cm.

1.18 Modello di distribuzione della attività radicale nell'olivo

Lo studio della distribuzione delle radici nell'olivo ci aiuta a capire come il sistema di gestione del suolo e l'eventuale presenza di copertura erbacea possa entrare in competizione con le radici superficiali dell'albero.

L'abbondanza di radici delle piante nel sottosuolo è generalmente maggiore nello strato superficiale (Canadell et al. 1996). Le colture arboree non fanno eccezione, e presentano la loro massima densità radicale nello strato superficiale del suolo. Nell'olivo l'attività della radice è sviluppata per il 75% nei primi 72 cm di suolo (Fernandez et al. 1991)

L'attività della radice nel sottosuolo, e l'utilizzo delle risorse non dipendono unicamente dalla specie arborea e dalle risorse apportate, ma anche dalle proprietà del suolo che può ridurre la crescita. Questa proprietà può essere meccanica e chimica, come l'orizzonte del suolo compattato, la mancanza di ossigeno e l'acidità. La gestione dell'albero e delle pratiche come irrigazione, potatura, densità d'impianto e concimazione possono avere effetti importanti sulla distribuzione della profondità delle radici. Un sistema di radici poco profonde e meno radici nel sottosuolo dopo la potatura è stato anche trovato da un campionamento distruttivo delle radici in diversi studi (ad es., Peter e Lehmann, 2000; Van Noordwijk e Purnomosidhi, 1995). Questa conoscenza è importante per la gestione dell'albero. La pratica della potatura può essere fatta meno frequentemente o con minore intensità al fine di mantenere l'attività principale alta nel sottosuolo se si ritiene che l'acqua o le sostanze nutritive per l'alimentazione dell'albero dal sottosuolo sono importanti. Modifiche del suolo influenzano significativamente l'attività delle radici. L'irrigazione a goccia è stata segnalata per aumentare la densità di radici degli ulivi presso lo strato superficiale in 0-0,2 m di oltre 60 %, mentre in condizioni di scarsa piovosità, le radici erano uniformemente distribuite o addirittura superiori nel sottosuolo a 1,5 m (Fernandez et al., 1991) di profondità. Aumentando la fornitura di acqua allo strato superficiale del suolo, non ha eliminato l'attività principale nel sottosuolo delle radici degli ulivi.

1.19 Fase dello sviluppo e maturazione delle drupe di olivo

Dal punto di vista botanico, il frutto dell'oliva è classificato come una drupa, simile ad altre drupe di

frutti con drupe, come la pesca o il ciliegio. Le sue componenti sono l'esocarpo, il mesocarpo, e

l'endocarpo, che consiste in un guscio duro che racchiude uno o, raramente, due semi .

Il Peso totale dei frutti comprende per il 70-90 %, il mesocarpo, per il 9-27 % l'endocarpo e per il 2-3 % il seme. Al momento della raccolta per la produzione di olio, il mesocarpo contiene circa il 60 % di acqua, il 30 % di olio, il 4 % di zuccheri, il 3 % di proteine, e il resto è costituito principalmente da fibre e ceneri . L'endocarpo contiene il 10 % di acqua , il 30 % di cellulosa , il 40 % di altri carboidrati e olio per circa l'1 % . Il seme ha il 30 % di acqua , il 27 % di olio, il 27 % di carboidrati e il 10 % proteine (Connor e Fereres, 2005) .

Durante lo sviluppo, le olive, mostrano cambiamenti nella dimensione, composizione, colore, consistenza, sapore e nella loro suscettibilità ai patogeni. Lo sviluppo del frutto dell'oliva e la maturazione sono una combinazione di biochimica e gli eventi fisiologici che si verificano sotto stretto controllo genetico e l'influenza di diverse condizioni ambientali (Connor e Fereres, 2005).

La crescita del frutto dell'oliva e lo sviluppo durano per 4-5 mesi e comprende 5 fasi principali (Lavee, 1996; Manrique et al, 1999; Proietti et al, 1999), che coinvolge la divisione cellulare, l'espansione delle cellule e lo stoccaggio di metaboliti, prevalentemente, ma non esclusivamente, nel seguente ordine :

(I) la fecondazione e allegazione, dalla fioritura a circa 30 giorni in poi, caratterizzata da una rapida e precoce divisione delle cellule promuove la crescita dell'embrione ;

(II) lo sviluppo del seme, un periodo di rapida crescita del frutto dovuta sia alla divisione cellulare intensa e alla crescita, che coinvolge principalmente la crescita e lo sviluppo dell'endocarpo (seme), lo sviluppo della polpa (mesocarpo) ;

(III) l'indurimento del seme/osso, che rallenta la crescita del frutto e le cellule dell'endocarpo smettono di dividersi e diventano sclerificate;

(IV) sviluppo del mesocarpo, che rappresenta il secondo periodo importante di crescita del frutto, a causa dello sviluppo del mesocarpo, principalmente dall'espansione delle cellule preesistenti l'intenso accumulo di olio; e

(V) maturazione , quando il frutto cambia colore e diventa scuro. (Lavee, 1996) .

Durante la fase di maturazione, il rapido cambiamento della tessitura del frutto avviene in un periodo di 1-2 settimane e può essere osservato come un cambiamento da duro, quando il

frutto è difficile da schiacciare (stadio verde) , alla consistenza più morbida quando il frutto è schiacciato facilmente e viene rilasciato qualche succo. Durante la maturazione del frutto, la percentuale di sostanza secca continua ad aumentare durante la sintesi dell'olio, anche se a un ritmo più lento rispetto alla fase precedente .

Questo è considerato il migliore periodo di raccolta, quando la polpa dell'oliva ha un perfetto equilibrio acidi/ grassi, sia dal punto di vista nutrizionale che dal punto di vista della stabilità ossidativa, nonché la massima potenza antiradicalica causata dal contenuto elevato di fenoli totali e tocoferoli. (Rotondi et al., 2004).

Inoltre, gli elevati livelli di sostanze fenoliche presenti in queste olive migliorano il livello delle sostanze nutrizionali dell'olio risultante, e contribuiscono ulteriormente al ben noto effetto positivo sulla salute della cosiddetta "dieta mediterranea". Così come le olive stramature alla fase di maturazione presentano un colore nero, il contenuto totale di fenoli d'oliva diminuisce in modo significativo, raggiungendo la metà dei valori iniziali.

Inoltre, il rapporto tra acido oleico e acido linoleico diminuisce notevolmente , a causa di un aumento della sintesi dell'acido linoleico. L'aumento sincronizzato in acidi grassi insaturi, e diminuzione degli antiossidanti negli oli ottenuti da olive nere stramature rende questi oli più inclini ad auto-ossidazione durante la conservazione (Rotondi et al., 2004). Inoltre, vi è una significativa perdita di qualche attributo ricercato quali amaro, piccante, aroma di foglia verde e sapori piacevoli.

1.19.1 Composti fenolici nell'olio d'oliva e nell'oliva

I composti fenolici sono metaboliti secondari delle piante biosintetizzati attraverso il percorso l'acido shikimico. Questi composti sono onnipresenti in tutti organi vegetali e sono, quindi , parte integrante della dieta umana . L'olivo è una buona fonte di diversi composti fenolici . Alcuni dei più rappresentativi composti fenolici nelle olive possono essere raggruppati in tre classi : l'oleuropeina e agliconi ligustrosidi e loro derivati , i semplici derivati fenolici dell'alcol feniletilico , acidi cinnamico e benzoico , e altri composti fenolici recentemente identificati come lignani.

Il recente interesse per i polifenoli dell'oliva è notevolmente aumentato a causa della loro capacità antiossidante di pulizia dei radicali liberi, associato ai benefici potenziali per la salute umana e l'alta stabilità ossidativa che conferiscono all'olio proveniente dalle olive, durante la conservazione .

Infatti, il contenuto in composti fenolici è un parametro importante nella valutazione della

qualità dell'olio di oliva vergine. Ciò è dovuto ai fenoli che contribuiscono al colore ed al sapore dell'olio.

(Rotondi et al., 2004) e lo proteggono dall'ossidazione attraverso la loro pulizia dei radicali liberi e le proprietà metallo-chelanti (Montedoro et al, 1992 .; Baldioli et al. , 1996) , che impediscono l'attacco di radicali reattivi dell'ossigeno ai doppi legami di acidi grassi insaturi , in gran parte diminuendo la formazione di perossidi lipidici.

Il contenuto fenolico dell'oliva ha una forte base genetica e può essere fortemente influenzato da condizioni pedoclimatiche di produzione, dalle tecniche agronomiche e dalla maturazione dei frutti .

Il contenuto fenolico nelle olive dipende sia quantitativamente e qualitativamente dalla sua genetica. . Diversi studi hanno rivelato differenze nel contenuto fenolico delle cultivar di olivo Italiano (Esti et al. , 1998) e cultivar di olivo spagnolo (Brenes et al. , 1999). Fattori ambientali e pratiche agronomiche come l'irrigazione hanno anche dimostrato di influire sulla composizione fenolica delle olive, nonché l'applicazione di diverse strategie di irrigazione negli olivi (cultivar Arbequina) (Tovar et al, 2001 ; . Romero et al, 2002). Le lesioni nel frutto dell'oliva durante il periodo della raccolta (Morello et al. , 2003) possono influenzare i profili fenolici dell'olio vergine di oliva risultante, e di conseguenza , la stabilità ossidativa e alcuni attributi sensoriali relativi a questi. Studi di cambiamenti nel profilo fenolico e contenuti correlati alla maturazione sono stati in gran parte incentrati sul frutto dell'oliva e hanno indicato che, nel corso della maturazione dell'oliva, la concentrazione di fenoli totali progressivamente aumenta ad un livello massimo alla fase di ciliegia , diminuendo drasticamente col progredire della maturazione (Monteleone et al , 1995; Rotondi et al, 2004). Il rapido declino del contenuto fenolico che si verifica durante la fase di maturazione nero è probabilmente correlato con l' aumento dell'attività di enzimi idrolitici osservati durante questo periodo (Amiot et al., 1989) .

Le variazioni intervenute nelle olive sono direttamente riflesse nella composizione dell'olio d'oliva , poiché l'olio di oliva vergine è ottenuto da spremitura meccanica condizioni per impedire qualsiasi alterazione all'olio. Tuttavia, in conseguenza della distruzione cellulare e della miscelazione del contenuto cellulare durante l'estrazione dell'olio dalle olive (frantumazione e gramolazione) , varie reazioni chimiche ed enzimatiche possono avvenire e produrre nuovi composti che non sono normalmente trovati nelle olive , ma possono essere importanti per il profilo organolettico dell'olio e conferiscono ulteriore proprietà di benefici per la salute . Questi includono idrolisi di lipasi di gliceridi , idrolisi di glicosidi e oligosaccaridi da glucosidasi , ossidazione dei composti fenolici da fenolossidasi e la polimerizzazione dei fenoli liberi (Ryan e Robards, 1998).

Durante la frantumazione, agliconi secoiridoidi come il 3,4- DHPEA - EDA, p - HPEA - EDA 3,4- DHPEA - EA possono essere prodotti per idrolisi dell' oleuropeina, dimetiloleuropeina e ligustroside .

1.19.2 Clorofilla e pigmenti

Il contenuto di pigmenti e di clorofilla, è caratteristico di ciascuna cultivar di olivo e consente di stabilire se tra le varie cultivar vi possono essere forti differenze o somiglianze. In tutti i frutti, la maturazione comporta perdita di pigmenti, con la scomparsa di clorofille che può essere sempre leggermente superiore a quella di carotenoidi. Tuttavia, indipendentemente dalla varietà e al diverso contenuto in pigmenti dei frutti, il rapporto tra clorofille e carotenoidi tende a rimanere più o meno costante, all'interno di un intervallo di 2,5-3,7 mg del totale clorofilla / mg sul totale dei carotenoidi. La perdita dei pigmenti causata dal processo di estrazione è più marcata per la frazione di clorofilla che per i carotenoidi. (Roca M., Minguel Mosquera I., 2001)

1.20 I biostimolanti

Da un punto di vista nutrizionale, i biostimolanti, promuovono la crescita delle piante, modificando l'architettura radicale, aumentando lo sviluppo delle radici e predisponendo così le piante ad un maggior assorbimento dei nutrienti. Inoltre, i biostimolanti favoriscono le piante a superare gli stress ambientali dovuti all'uso eccessivo di diserbanti, alle infestazioni da nematodi, alla salinità del suolo, ai colpi di calore e alle radiazioni UV troppo intense (Schmidt and Lui, 1993; Schmidt *et al.*, 1999).

La suddivisione principale che possiamo fare è in:

- 1) Sostanze umiche;
- 2) Complessi organo minerali;
- 3) Elementi chimici-benefici;
- 4) Sali inorganici, inclusi fosfati;
- 5) Estratti di alghe;
- 6) Derivati della chitina;
- 7) Antitraspiranti;
- 8) Amminoacidi e altre sostanze contenenti Azoto.

Dalle ricerche degli ultimi anni risulta che l'utilizzo dei biostimolanti in campo porta ad un

aumento della biomassa della coltura e della resa in produzione attraverso meccanismi anche molto diversi. Gli effetti più frequenti appaiono essere la stimolazione dell'attività microbica, l'aumento dell'attività di diversi enzimi del suolo e vegetali, l'incremento della produzione nel suolo di ormoni e/o di regolatori la crescita delle piante e l'attivazione di numerosi parametri del metabolismo vegetale (Chen *et al.*, 2002, 2003).

I biostimolanti agiscono in modo diverso rispetto ai fertilizzanti in quanto non basano la loro azione sull'apporto di elementi nutritivi pur agendo sul metabolismo microbico e vegetale. Sono difatti stati definiti anche attivatori del metabolismo. Le numerose ricerche documentano come i biostimolanti, per esplicitare la loro azione, debbano essere distribuiti a basse concentrazioni rispetto ai normali nutrienti (Zhang *et al.*, 2003a,b,c). I composti organici azotati includono aminoacidi liberi (di origine proteica e non proteica) e peptidi (di origine proteica e non proteica). Queste molecole appartengono a diverse piante, e possono essere usate in applicazioni fogliari, ed anche in alcuni casi in applicazioni al suolo.

I biostimolanti sono generalmente prodotti di natura organica che possono contenere, separatamente o in combinazione, batteri del suolo, funghi, attinomiceti o alghe, amminoacidi, sostanze umiche, silicati di potassio, e acido salicilico. La categoria di bioregolatori delle ossilipine, e soprattutto del gruppo dei precursori e derivati dell'acido jasmिनico, insieme ai substrati fenilalanina, metionina, e zuccheri semplici servono a stimolare il metabolismo primario e secondario dei frutti.

Applicazioni mirate con le suddette sostanze possono servire a manipolare lo sviluppo dei frutti, migliorandone l'uniformità di maturazione e la qualità organolettica e commerciale, nonché le proprietà antiossidanti e nutrizionali finali.

1.21 Meccanismo di azione delle antocianine, ossilipine, insieme ai substrati fenilalanina, metionina

I principali processi biochimici che si svolgono durante la maturazione del frutto sono lo sviluppo del colore, dovuto alla degradazione della clorofilla e al contemporaneo accumulo di pigmenti quali antociani (rosso, arancio, viola) e carotenoidi (giallo, arancio); l'accumulo di zuccheri (glucosio, fruttosio ed in minore misura saccarosio), derivati dall'idrolisi dell'amido, dalla re-sintesi o accumulati direttamente come tali; la diminuzione del contenuto in acidi organici, prevalentemente trasformati in zuccheri; il rammollimento della polpa, dovuto all'attivazione di enzimi litici che degradano i principali componenti delle pareti cellulari; la

formazione di sostanze volatili (alcoli, esteri, aldeidi, chetoni, terpeni) che conferiscono al frutto maturo il profumo e l'aroma (Brady, 1987).

Nelle piante, i jasmonati regolano la sintesi di vari metaboliti secondari, tra cui gli antociani (Devoto et al, 2005; Chen et al, 2007; Shan et al, 2009; Qi et al, 2011), e i glucosinolati (Mewis et al, 2005; Sasaki - Sekimoto et al, 2005).

Le antocianine sono pigmenti di natura polifenolica sintetizzati a partire dalla fenilalanina (Sakuta et al., 1994). La via di biosintesi, detta via dei fenilpropanoidi, si articola in numerosi passaggi catalizzati ciascuno da un enzima specifico. Particolarmente importante è la fenilalanina-ammonio-liasi (PAL), il primo enzima della via, che converte la fenilalanina in acido cinnamico (Sakuta et al., 1994). La sintesi delle antocianine comincia nella fase fenologica in cui si verifica il viraggio del colore (dal verde al viola nell'oliva). Apporto esogeno di fenilalanina ha indotto l'elevazione di mRNA e accumulo di antociani.

Le ossilipine, ed in particolare il pool di precursori e derivati dell'acido jasminico, a tale riguardo, funzionano da attivatori degli enzimi della via dei fenilpropanoidi. Le ossilipine, infatti, agiscono sul DNA aumentando l'espressione dei geni da cui dipende la formazione di tali enzimi, in particolare della PAL (Petroni and Tonelli, 2011; De Geyter et al., 2012). Trattamenti in post-raccolta con derivati metilici dell'acido jasminico, per esempio, hanno migliorato la colorazione di mele della cultivar Golden Delicious (Fan et al., 1998). Inoltre sono stati responsabili della produzione di etilene e conseguente avanzamento della maturazione del pomodoro (Liu, Wei 2012).

I carotenoidi (beta-carotene, licopene) sono pigmenti di natura terpenica. Come le antocianine, la via biosintetica dei carotenoidi prevede numerosi passaggi catalizzati da enzimi la cui attività è stimolata dall'etilene (Alba et al., 2005). L'etilene è sintetizzato a partire dalla metionina grazie all'azione consecutiva degli enzimi sintetasi (ACS) e ossidasi (ACO) dell'acido 1-amino-ciclopropanocarbossilico (Bleecker and Kende, 2000). L'etilene è fondamentale per la maturazione poiché regola e coordina gran parte delle vie metaboliche attivate durante tale processo. La biosintesi di etilene favorisce infatti l'uniformità di maturazione, l'accumulo di zuccheri e la sintesi di carotenoidi (Alexander and Grierson, 2002). Tale effetto è corroborato dalle ossilipine, che stimolano l'attività degli enzimi ACS e ACO (Kondo et al., 2007).

Durante la maturazione, la clorofilla deve essere degradata affinché i carotenoidi e le antocianine possano divenire visibili. Tale processo è catalizzato dalle clorofillasi. Le ossilipine stimolano l'espressione dei geni da cui dipende la formazione delle clorofillasi (Tsuchiya, 1999) accelerando la degradazione della clorofilla e la conseguente comparsa del colore.

Oltre alle antocianine, la via dei fenilpropanoidi porta alla sintesi della lignina e dei suoi precursori (monolignoli), composti di natura polifenolica che si legano alle pareti cellulari rendendole più robuste e resistenti. Tali composti vengono sintetizzati, attraverso una serie di reazioni enzimatiche, a partire dall'acido cinnamico. Tale effetto è favorito dalla presenza di fenilalanina (substrato) e delle ossilipine, che, attraverso la loro azione sul DNA, stimolano l'attività dell'enzima chiave cinnamil-alcool deidrogenasi (Galliano et al., 1993).

In aggiunta a tutti questi processi specifici della fase di maturazione, apporti di zuccheri semplici (fonti di energia e carbonio) esterni possono favorire un aumento del metabolismo primario (Roitsch and Gonzalez, 2004). L'incremento del metabolismo primario può a sua volta determinare un aumento della capacità del frutto di fungere da organo di richiamo e accumulo (sink) degli zuccheri prodotti nelle foglie (source) per fotosintesi, ma anche un aumento della sintesi di acidi organici che, durante la maturazione, vengono trasformati in zuccheri (Roitsch, 1999). Entrambi questi fenomeni portano ad una maggiore crescita del frutto che può raggiungere pezzature superiori, ma anche ad un miglioramento della qualità organolettica e nutrizionale del frutto poiché i prodotti finali del metabolismo primario (aminoacidi, zuccheri, acidi organici) sono a loro volta substrato per la sintesi di metaboliti secondari come pigmenti, vitamine ed aromi.

2 PARTE SPERIMENTALE

2.1 OBIETTIVI

Alcune problematiche relative alla gestione del suolo nell'oliveto sono state analizzate nell'ambiente colturale dell'entroterra della provincia di Palermo. In particolare gli obiettivi che il presente studio si propone di ottenere sono quelli di studiare come e se possibile ridurre contemporaneamente l'erosione del suolo negli oliveti siti in terreni collinari con pendenze superiori al 20%, e contenere gli input energetici ed economici minimizzando le lavorazioni convenzionali.

Per stabilire quanto sopra si è analizzato un oliveto gestito con la tecnica del diserbo, e uno adiacente con la stessa tipologia di alberi gestito tramite inerbimento spontaneo permanente e sfalcio del cotico erboso due volte all'anno.

Una seconda prova ha riguardato l'influenza di biopromotori della maturazione sullo stato di maturazione delle olive e sull'olio prodotto. La ricerca proposta prenderà in esame gli effetti di questi bioregolatori nell'olivo da olio. In particolare, nell'olivo, i test valuteranno gli effetti delle stesse applicazioni fogliari sempre in pre-raccolta sul livello di uniformità della maturazione e sulla qualità dell'olio ottenuto dalle drupe trattate. Gli effetti migliorativi ipotizzati, se effettivi, potrebbero portare da un lato a notevoli vantaggi economici per i produttori (minori costi per la raccolta e maggior profitto dalla vendita di prodotti di alta qualità), dall'altro a benefici di ordine nutrizionale e salutistico per il consumatore legati alla migliore qualità del prodotto finale.

Dal punto di vista colturale, la difformità dello stadio di maturazione dei frutti su una stessa pianta alla raccolta, per altro molto evidente nella maggior parte delle colture arboree, costituisce un grosso problema. Infatti tale fenomeno provoca un significativo aggravio dei costi nel caso di raccolta manuale, ma può anche provocare un inevitabile abbassamento del livello medio della qualità se si considera l'intera massa di frutti (più o meno maturi) specialmente in caso di raccolta meccanica o meccanizzata. Nell'olivicoltura da mensa, ad esempio, i costi associati alla raccolta rappresentano un grosso limite alla convenienza economica della coltura e i vari sistemi di raccolta meccanizzata o meccanica sono spesso associati ad un certo decadimento della qualità del prodotto finale (Ferguson et al., 2010). Oltre che ad azioni puramente meccaniche (che incidono per circa il 20%), ciò è principalmente imputabile ad una notevole difficoltà nello scegliere il momento più idoneo per la raccolta, difficoltà a sua volta legata all'elevato grado di difformità dello stadio di

maturazione delle drupe (Ferguson et al., 2010).

Trattamenti a base di fenilalanina, metionina, ossilipine, soprattutto del gruppo dei jasmonati, e zuccheri semplici dovrebbero pertanto servire a stimolare il metabolismo primario e secondario dei frutti migliorandone l'uniformità di maturazione e la qualità finale. A tale riguardo, prove preliminari di campo con applicazioni fogliari di Sunred di Biolchim, un prodotto commerciale contenente un miscuglio delle suddette sostanze, hanno mostrato miglioramenti della colorazione esterna, del grado zuccherino e dell'uniformità di maturazione (insieme a modesti anticipi) nella vite, nelle principali pomacee e drupacee, nel pomodoro e nel melone.

2.2 MATERIALI E METODI

2.2.1 Siti sperimentali

La prova oggetto di studio si è svolta in agro di Misilmeri (PA) (38°2'5"N 13°27'5"E), in un'azienda in collina sita ad un'altezza di 300 m s.l.m., con giacitura declive (pendenze 10-20%). La piovosità media annua per l'area è di circa 611 millimetri. La temperatura massima media è di 20° C e la minima media è di 16° C.

Il campo è formato da alberi adulti di diverse età e cultivar, tra le quali prevale la 'Biancolilla'. Una porzione dell'azienda oggetto di studio è stata condotta, a partire dal 2008, secondo la tecnica dell'inerbimento spontaneo permanente (ISP), lasciando la copertura di erbe naturali e con sfalcio del cotico erboso due volte l'anno. La rimanente parte dell'oliveto viene gestito da molti anni secondo la tecnica del diserbo (DC), applicando il glifosate con due interventi all'anno, senza lavorazioni del suolo. Ogni due anni, il proprietario dell'azienda applica una concimazione al terreno con letame secco nel periodo autunno-vernino per aumentare la fertilità del suolo e la disponibilità di nutrienti agli alberi. Nessuna irrigazione è disponibile durante i mesi secchi e gli alberi vengono potati in inverno con cadenza annuale per regolare la crescita della chioma e la carica produttiva della coltura.

Uno degli esperimenti, quello sui biopromotori della maturazione, è stato svolto anche in un'altra azienda sita vicino Caccamo (Pa) (37°41'88"N; 13°33'84"E), ad un'altezza di 200 m s.l.m., costituita da alberi coetanei dell'età di 25 anni della cultivar Biancolilla e allevati a vaso. La piovosità media annua per l'area è di 560 mm. La temperatura massima media è di 20 ° C e la minima media è di 15 ° C.

2.2.2 Prova di inerbimento

Nell'azienda sita a Misilmeri sono state selezionate 34 piante della cultivar Biancolilla, uniformi per dimensioni ed età (circa 30 anni) e allevate a vaso. Nell'appezzamento sottoposto a diserbo sono stati selezionati 14 alberi; mentre in quello gestito con inerbimento permanente spontaneo sono stati selezionati 20 alberi.

A settembre del 2011 e 2012, tre rami dello stesso ordine sono stati selezionati in ogni albero, e su di essi sono stati contati frutti e foglie per stimare l'entità della carica produttiva e il rapporto source-sink.

Nel triennio di prove 2011-2013 sono stati rilevati il diametro del tronco e durante la fase di crescita delle piante l'allungamento di quattro germogli per albero.

Nel periodo maggio-settembre dei tre anni e con cadenza bisettimanale sono state effettuate

anche misurazioni del contenuto idrico relativo delle foglie (RWC) per stimare lo stato idrico dell'albero in risposta alla gestione del suolo. Tale determinazione è stata effettuata campionando una foglia senza difetti o malattie per albero, sulla quale in laboratorio sono stati determinati con bilancia di precisione il peso fresco (FW) immediatamente e quello idrato (TW) dopo 24 ore di immersione in apposite burette di plastica ripiene di acqua distillata. Infine le foglie sono state riposte in sacchetti traspiranti e messe in stufa per 5 giorni alla temperatura di 50°, fino all'ottenimento di un peso secco (DW). RWC è stato calcolato come $(FW-DW)/(TW-DW)$.

Per valutare l'effetto del sistema di gestione sul suolo sono stati effettuati 20 campionamenti di cui

- 5 nella tesi diserbata a 0-15 cm;
- 5 nella tesi diserbata a 15-30 cm;
- 5 nella tesi inerbita a 0-15 cm;
- 5 nella tesi inerbita a 15-30 cm.

Nei due appezzamenti è stato anche determinato il contenuto di C e sostanza organica del suolo. In particolare, sono stati prelevati da 10 buche su terreno inerbito e 10 su terreno diserbato, 2 campioni di suolo per buca, uno a 0-15 cm e uno a 15-30 cm di profondità. I valori sono stati corretti tenendo conto della diversa densità apparente del suolo. Sui campioni di suolo sono state determinate in laboratorio il contenuto carbonio organico e indirettamente di sostanza organica seguendo il metodo di Walkley e Black (1934). In particolare sono stati aggiunti a ciascun campione di suolo (2 g) 10 ml di soluzione di $K_2Cr_2O_7$, seguito da agitazione e ulteriore aggiunta di 20 ml di acido solforico concentrato. Alla miscela ottenuta è stato aggiunto qualche cristallo di argento solfato ed è stata agitata nuovamente evitando che particelle di suolo aderissero alle pareti, quindi i campioni sono stati coperti e lasciati riposare per 30 minuti; la reazione è stata interrotta aggiungendo 200 ml di acqua. La titolazione della soluzione è stata effettuata aggiungendo 5 ml di acido fosforico concentrato e 0,5 ml di indicatore. È stata effettuata parallelamente una prova in bianco nelle stesse condizioni, omettendo il campione. Il contenuto in carbonio organico è stato espresso in g/kg.

2.2.3 Prova con biopromotori metabolici

Un seconda prova ha riguardato l'utilizzo in pre-raccolta di una miscela di aminoacidi commercializzata con il nome commerciale di SUNRED (Biolchim s.p.a., Medicina,

Bologna) per testarne l'influenza sul grado di maturazione e qualitativo degli oli ottenuti. Il prodotto, allo stato liquido, è stato distribuito agli alberi 25 e 15 giorni prima della raccolta delle olive avvenuta entro la prima metà di Novembre. La dose utilizzata è stata di 4 ml/L, e gli alberi sono stati irrorati con atomizzatore a spalla con una dose di 3 litri ad albero.

I biopromotori della maturazione delle drupe sono stati testati anche nell'azienda sita a Caccamo, dove sono stati selezionati 40 alberi di simile sviluppo e sono stati misurati il rapporto foglie frutti e il diametro dei tronchi per calcolare l'efficienza produttiva. Gli alberi su cui è stato effettuato il trattamento sono stati scelti in modo da confrontare alberi con carica produttiva simile per ogni anno di sperimentazione.

Alla raccolta, la resa per pianta e il peso medio delle drupe sono stati quantificati. Su un sottocampione di 90-120 drupe per albero, è stata anche determinata la percentuale di invaiatura mediante l'analisi di immagini digitali. In particolare, i frutti sono stati posati su uno sfondo bianco, fotografati con una fotocamera digitale in condizioni di luce standard, e le immagini sono state analizzate su un computer. A tal proposito, è stato utilizzato un algoritmo che converte le immagini dal formato RGB al formato CIELAB e utilizza un riferimento scelto in maniera interattiva per rimuovere lo sfondo, separare la superficie della drupa in due regioni secondo una soglia verde-rosso (regolabile) e contare i pixel in ciascuna delle due regioni; la percentuale di pixel nell'area rossa (vicina al nero/violetto) sul totale dei pixel dell'area della drupa è stata presa come una stima della percentuale invaiatura.

Su 10 campioni di drupe (5 per trattamento), in laboratorio è stata effettuata la microestrazione di olio e su quest'ultimo è stato determinato il contenuto dei principali polifenoli seguendo la metodologia prevista dal COI (2009). In particolare, le analisi sono state effettuate mediante cromatografia liquida ad alta risoluzione (HPLC) a temperatura ambiente, utilizzando uno strumento a gradiente ternario, munito di colonna a fase inversa C18 (4,6 mm x 25 cm), del tipo Spherisorb ODS-2 5µm, corredato di rivelatore spettrofotometrico UV a 280 nm e di integratore. La registrazione degli spettri per un tentativo di identificazione è facilitata dall'uso di un rivelatore di fotodiodi con range di acquisizione da 200 a 400 nm.

Il campione è stato preparato pesando 2 g di olio di oliva in una provetta con tappo a vite da 10 ml, aggiungendo 1 ml di soluzione contenente acido siringico (1,5 g/L) come standard interno e agitando per 30 secondi; in seguito, sono stati aggiunti 5 ml di metanolo all'80% (v:v) e i campioni sono stati agitati e posti in bagno a ultrasuoni per 15 minuti a temperatura ambiente. La preparazione è stata completata centrifugando a 5000 giri/min per 25 minuti e filtrando il surnatante con siringa in plastica da 5 ml dotata di filtro in PVDF da 0,45 µm. La colonna è stata eluita con H₂O 0,2% H₃PO₄ (v:v), metanolo e acetonitrile in un rapporto

volumetrico di 96:2:2. Acido siringico e tirosolo sono stati utilizzati come standard esterni. Sugli stessi campioni di olio è stata effettuata un'analisi sensoriale mediante panel test, costituito da 8 assaggiatori e un Capo Panel presso l'Università di Perugia, secondo la metodologia prevista dal COI.

ANALISI STATISTICA

I dati sono stati sottoposti ad analisi della varianza utilizzando procedure di SYSTAT (Systat Software, Chicago, IL). Per i dati produttivi di Misilmeri, la gestione del suolo e il trattamento con biopromotori sono stati utilizzati come fattore principali fissi, l'anno come fattore random e gestione suolo X biopromotori come unica interazione. I dati di resa produttiva per albero sono stati corretti utilizzando l'area della sezione del tronco come covariata. Nel modello per la RWC e l'allungamento dei germogli, la gestione del suolo e la data di campionamento sono stati utilizzati come fattori principali e gestione suolo X data come unica interazione. Nel modello per la sostanza organica del suolo, gestione del suolo e la profondità sono stati usati come fattori principali e gestione suolo X profondità come unica interazione.

I dati produttivi di Caccamo sono stati analizzati con ANOVA, utilizzando un fattore fisso (biopromotori) e uno random (anno). Anche in questo caso, i dati di resa produttiva per albero sono stati corretti utilizzando l'area della sezione del tronco come covariata.

2.3 RISULTATI E DISCUSSIONE

2.3.1 Caratterizzazione climatica

Con riferimento agli andamenti climatici di Misilmeri, possiamo rilevare che le precipitazioni nel corso del 2011, si sono concentrate nel mese di Febbraio e sono state molto ridotte nei mesi di Marzo, Aprile e Maggio, per scomparire nel periodo estivo. Sono riprese nel mese di Settembre per aumentare nei mesi finali dell'anno (Fig.3). Nell'anno 2012, si è assistito alla presenza di piogge distribuite da Febbraio a Marzo e ad una diminuzione a partire dal mese di Aprile. Nel periodo estivo sono state praticamente assenti, per riapparire debolmente a Settembre, e aumentare nei mesi successivi. Nel corso del 2013, le piogge sono risultate più abbondanti rispetto agli anni precedenti e si sono concentrate principalmente nei mesi di Gennaio, Febbraio e Marzo. Nei mesi compresi da Aprile a fine Luglio sono state molto

ridotte rispetto agli anni precedenti, mentre si sono verificati dei deboli fenomeni piovosi già a partire da Agosto (Fig.3).

Le temperature medie mensili di Misilmeri, nel corso del primo trimestre dell'anno 2011 si sono mantenute intorno ad 11° C; sono aumentate nei mesi di Aprile e Maggio fino a raggiungere 17-18°C, per raggiungere una media di 24°C durante i mesi estivi. L'ultimo trimestre del 2011 ha mantenuto valori medi di 15°C. Nel 2012 gli andamenti della temperatura media mensile sono stati simili a quelli misurati nel 2011; soltanto nell'ultimo trimestre si sono rilevati valori leggermente superiori a quelli dell'anno precedente. Nel primo trimestre del 2013 si sono rilevate temperature medie di 11°C; nei mesi di Aprile e Maggio i valori sono stati compresi tra i 17 e i 19°C; da Giugno ad Agosto l'andamento termico è stato simile agli anni precedenti mentre nel mese di Settembre le temperature rilevate sono state leggermente più basse (23°C).

Nel corso del 2011 a Caccamo si è rilevato un picco di piogge nel mese di Febbraio, per poi diminuire nel trimestre successivo. Nei mesi estivi non si sono verificati fenomeni piovosi. Le piogge sono riprese da Settembre a fine anno, con una debole intensità (Fig.4). Nel 2012 la piovosità è risultata generalmente inferiore rispetto al 2011 e al 2013; anche in questo caso Febbraio è stato il mese più piovoso e nel bimestre successivo le piogge sono diminuite. Da Maggio ad Agosto la piovosità è stata praticamente assente, per riprendere a Settembre ed intensificare nell'ultimo trimestre. Nel 2013 i mesi di Gennaio e Marzo sono stati i più piovosi. Da Aprile a Luglio i fenomeni piovosi sono diminuiti per poi riprendere nei mesi di Agosto e Settembre con una debole intensità.

Per quanto riguarda le temperature, si sono registrati andamenti molto simili nei tre anni, ad eccezione dei mesi estivi del 2012 che presentano valori superiori di 2-3 ° C rispetto agli altri anni. L'andamento delle temperature medie mensili ha presentato valori medi di 8°C nel primo trimestre, 15° C nei mesi di Aprile e Maggio e si è verificato un brusco aumento delle temperature nei mesi di Giugno e Luglio di ciascun anno.

2.3.2 Contenuto di sostanza organica

Il contenuto di sostanza organica del suolo rilevato nella tesi gestita secondo l'ISP si è rilevato superiore a quello contenuto nella tesi DC. Inoltre con il progredire del tempo da Gennaio a Maggio, si evidenzia un aumento della differenza del contenuto di sostanza organica dallo strato superiore a profondità 0-15, verso quello inferiore a profondità 15-30 cm. Risultati simili sono stati rilevati da Duiker e Lal (2000) e da Jarecki e Lal (2005).

Con l'avanzare del tempo, lo sfalcio e l'incorporazione in superficie delle erbe spontanee, ma anche il regime termopluviometrico, contribuiscono all'aumento del tasso di sostanza organica nello strato superficiale del suolo (Tab. 1). Simili risultati sono stati trovati da Hernandez et al (2005), Castro et al. (2008), Moreno et al.(2009) e Ramos et al.(2010 and 2011), i quali hanno osservato che le cover crops incrementano il contenuto di sostanza organica, e migliorano le proprietà fisico chimiche del suolo, rispetto ai suoli gestiti tramite lavorazioni convenzionali o con il diserbo chimico.

2.3.3 Contenuto idrico relativo (RWC)

Il contenuto idrico relativo (RWC) degli alberi gestiti secondo DC e quello degli alberi gestiti con ISP, sia nel 2011 che nel 2012, non hanno mostrato differenze statisticamente significative (Tab. 2). Nel 2012, c'è stata una diminuzione significativa del contenuto di acqua della foglia solo nella tesi DC col procedere della stagione dalla tarda primavera alla fine dell'estate. Durante il 2013 fino a fine Giugno la tesi DC ha mostrato un RWC leggermente più elevato, probabilmente legata alla presenza delle erbe spontanee che entravano in competizione con gli alberi, questo comunque si è verificato quando il contenuto idrico del suolo è elevato (Fig. 1).

Durante il periodo estivo, un lieve vantaggio in termini di idratazione è stato rilevato nella tesi ISP, quando le erbe infestanti erano inattive e svolgevano quindi un effetto pacciamante sul suolo. Questo è uno dei periodi in cui lo stress idrico può influenzare le performance produttive dell'oliveto, in quanto il contenuto idrico nel suolo è basso ed elevata è l'ET. Considerando comunque l'andamento totale nel periodo da Aprile a Settembre non vi sono differenze statisticamente significative. Questo dato risulta particolarmente interessante ai fini della sostenibilità dell'ISP rispetto al DC specialmente nelle condizioni climatiche tipiche delle stazioni in cui si sono svolte le sperimentazioni.

2.3.4 Crescita dei germogli

Nel 2012 il tasso di crescita relativo dei germogli (RGR) è risultato relativamente elevato e simile in entrambe le tesi; durante il periodo di rilevamento, da Maggio a Luglio, ha inoltre mostrato un andamento decrescente (Fig. 2).

Nel corso del 2013 la tesi gestita con ISP ha mostrato un andamento lievemente decrescente da fine maggio a metà luglio. La tesi gestita con DC ha mostrato un maggiore RGR rispetto

alla tesi ISP all'inizio, successivamente tale valore è risultato inferiore rispetto a quello di ISP, per poi tornare superiore a Luglio (Fig. 2).

L'andamento di questa rilevazione si può giustificare con il fatto che le erbe infestanti hanno creato una lieve competizione per le risorse idriche nel suolo fino alla loro eliminazione, avvenuta a fine Maggio. Poi l'effetto pacciamante ha migliorato lo stato idrico del suolo e della pianta mantenendo tassi di crescita superiori.

Nel 2012 la presenza di piogge nel periodo tardo primaverile (Fig. 3) ha permesso alla tesi gestita con ISP di mantenere tassi di crescita simili a quelli di DC, mentre nel 2013, le piogge in tarda primavera sono state minori (Fig. 3) e si è verificato un drastico aumento delle temperature, determinando un maggiore effetto di competizione delle erbe spontanee e di conseguenza diminuendo la crescita dei nuovi germogli negli alberi di olivo.

2.3.5 Produzioni

Non vi sono state differenze produttive significative tra ISP e DC in tutti e tre gli anni di prova (Tab. 3). Anche il peso medio delle drupe e l'efficienza produttiva, hanno mostrato valori simili. Questi risultati sono in accordo con quanto rilevato da Ramos et al. (2011) che hanno notato simili valori produttivi in oliveti pascolati e non pascolati. Un risultato simile è stato ottenuto anche da Hernandez et al. (2005) i quali hanno rilevato che l'inerbimento dell'oliveto con coperture naturali mostra simili produzioni a quello gestito con la tecnica del diserbo o con le lavorazioni convenzionali. Anche Stalder et al. (1977) hanno osservato che nei vigneti le rese erano simili in presenza o assenza di inerbimento spontaneo, e nell'area inerbita l'erosione è stata ridotta.

L'andamento delle produzioni nei tre anni di prova ha mostrato che, seppur con delle differenze, la produzione è stata ben regolata a seguito della potatura annuale e delle tecniche colturali a basso impatto sul suolo, non evidenziando il fenomeno dell'alternanza tipico degli oliveti condotti in asciutto con turno di potatura biennale (Tab. 3).

Il peso medio delle drupe è stato maggiore nel 2012 rispetto al 2013, e ciò probabilmente è da imputarsi alle piogge tardo primaverili verificatesi nel 2012 (Fig. 3), che hanno permesso agli alberi di risentire meno dello stress idrico durante la fase di crescita delle drupe.

2.3.6 Maturazione dei frutti

L'effetto del sistema di gestione sulla maturazione delle drupe è risultato significativo in tutti gli anni (Tab. 3). In particolare nel 2011, la forte carica ha portato un basso indice di invaiatura, a cui si è associato un elevato coefficiente di variabilità dell'invaiatura. Nel 2012 il valore della percentuale di invaiatura è risultato maggiore, anche in considerazione della dimensione delle drupe, come tipicamente avviene negli oliveti dove alberi con meno drupe e di maggiori dimensioni, portano a termine il processo di maturazione più velocemente. Nello stesso anno il coefficiente di variabilità è risultato più contenuto. Nel 2013 si è avuto un risultato di maturazione intermedio rispetto a quanto fatto nel 2011 e 2012.

Il dato più interessante è stata la differenza significativa nella percentuale di invaiatura tra la tesi gestita con ISP e quella gestita con DC. In particolare nella tesi inerbita si è rilevato una più elevata percentuale di invaiatura e un minore coefficiente di variabilità rispetto alla tesi DC.

Questo dato potrebbe essere in parte giustificato dall'effetto della riflessione della luce creato dallo strato di erbe sfalciate presenti sul suolo rispetto alla tesi gestita con il diserbo in cui il suolo si presenta nudo e assorbe maggiormente la luce. L'ambiente luminoso potrebbe inoltre modificare il regime termico circostante la chioma, influenzando infine i ritmi di maturazione. Anche il maggior contenuto di sostanza organica rilevato nella tesi gestita tramite ISP potrebbe influenzare la risposta degli alberi migliorando la maturazione delle drupe.

2.3.7 Effetto dei biopromotori della maturazione

L'uso della miscela di biopromotori sotto il marchio Sunred non ha indotto differenze produttive statisticamente significative nei tre anni di prova sia a Misilmeri che a Caccamo (Tab. 3 e 4). Anche il peso medio delle drupe, l'efficienza produttiva, e la percentuale di invaiatura hanno mostrato simili risultati. Anche i livelli di polifenoli nell'olio sono stati molto simili (Tab. 5). Solo il valore dell'oleocantale appare leggermente superiore nella tesi trattata con Sunred, ma la differenza non è statisticamente significativa. Per quanto riguarda l'analisi sensoriale, le sensazioni di fruttato e amaro sono risultate molto simili (Tab. 6). Si è notato un valore leggermente inferiore per la sensazione di piccante nella tesi trattata con il Sunred, anche se la differenza appare minima.

Il dato di maggior interesse è stato quello dell'effetto del biopromotore sul coefficiente di variabilità del grado di invaiatura, ossia l'uniformità di maturazione. Questo è risultato

lievemente minore negli alberi trattati con il Sunred (Tab. 3 e 4), indicando un certo grado di compattamento dello stadio di maturazione, che, come accennato in precedenza può avere risvolti positivi sull'economia delle operazioni di raccolta e sulla qualità finale degli oli estratti.

Vi è da dire inoltre che, pur se si tratta di una differenza statisticamente non significativa, sia a Caccamo che a Misilmeri le piante trattate con Sunred hanno avuto produzioni leggermente superiori, pur mantenendo lo stesso peso medio delle drupe (Tab. 3 e 4). Questo fatto dovrebbe essere ulteriormente indagato con altre prove per verificare se il Sunred dovesse avere un impatto sulla riduzione della cascola finale delle drupe.

2.4 CONCLUSIONI

Il presente lavoro, costituito da due esperimenti principali, vuole mettere in evidenza la possibilità di sostituire le convenzionali pratiche agricole di gestione degli oliveti nella collina interna della Sicilia, costituite principalmente da diserbo chimico e lavorazioni convenzionali. Queste pratiche comportano un elevato rischio erosivo e un input energetico relativamente elevato per una coltura come l'olivo.

Il triennio di sperimentazione, ha messo in evidenza la omogeneità nei risultati produttivi delle piante, dello stato idrico e della crescita delle piante.

L'inerbimento spontaneo permanente ha determinato un incremento nel contenuto di sostanza organica nello strato superficiale, dovuto alla incorporazione nel suolo di radici e fusti di piante erbacee in situ. Il livello di idratazione della pianta è risultato equiparabile a quello delle piante in diserbo, potendo così affermare che la trinciatura delle erbe di copertura se effettuata tempestivamente non pone problemi di competizione idrica per l'acqua del suolo, eliminando cali di produzione ascrivibili all'inerbimento.

La presenza del manto erboso non ha infatti influenzato la resa o la pezzatura dei frutti. Ciò può essere spiegato dal fatto che la limitazione di nutrienti a causa della competizione con le erbe si verifica soprattutto in primavera, durante la fase di divisione cellulare attiva nel frutto. In questo periodo particolare, il frutto è un sink forte e gli alberi sono riusciti a partizionare una maggiore porzione di sostanze nutritive verso la crescita e del frutto a preferenza del germogliamento. Questo è comune negli alberi da frutto soprattutto in condizioni limitanti quando il richiamo dai sink riproduttivi è generalmente più forte e ha una priorità maggiore rispetto a quello dei sink vegetativi, il che comporta una maggiore capacità di attrarre assimilati dalle foglie.

Inoltre si è visto che la gestione dell'olivo tramite inerbimento spontaneo permanente, porta ad un anticipo dell'invasatura e ad un minore scalarità di maturazione, facilitando la scelta del momento migliore di raccolta. La tecnica dell'inerbimento, inoltre, induce un anticipo della maturazione e offrendo la possibilità di raccogliere in anticipo e limitare eventuali attacchi di *Bactrocera oleae* con conseguenti benefici sulla qualità finale degli oli.

Questi risultati ci permettono di affermare che una gestione della coltura con tecniche a basso impatto ambientale è auspicata e realizzabile senza determinare riduzioni della produzione, e contribuendo alla riduzione dei costi di gestione e alla limitazione del fenomeno dell'erosione del suolo.

Bisognerebbe approfondire le ricerche sulla composizione della flora insediata nell'oliveto, al fine di valutare l'influenza sull'incremento dell'azoto e della sostanza organica nel suolo. Inoltre si dovrebbe studiare in maniera precisa l'ambiente luminoso e termico circostante la chioma per indagare l'effetto della copertura sulla maturazione delle drupe.

La prova sull'utilizzo dei biopromotori di maturazione sulle olive, non ha fornito i risultati attesi e già riportati per altre colture. Bisognerebbe proseguire le ricerche utilizzando diversi dosaggi, più trattamenti, e anticipando il numero di giorni trascorsi tra il primo trattamento e la raccolta, per indagare sulla possibile efficacia del biopromotore Sunred sull'olivo, e sul suo possibile effetto anticasciolante.

3 BIBLIOGRAFIA

- Alba R., P. Payton, Z. Fei, R. McQuinn, P. Debbie, G.B. Martin, S.D. Tanksley, J.J. Giovannoni. 2005.** Transcriptome and selected metabolite analyses reveal multiple points of ethylene control during tomato fruit development. *Plant Cell* 17, 2954–2965.
- Alexander L. and D. Grierson. 2002.** Ethylene biosynthesis and action in tomato: a model for climacteric fruit ripening. *J. Exp. Bot.* 53, 2039-2055.
- Amiot MJ, Fleuriet A, Macheix JJ., 1989 .** Accumulation of oleuropein derivatives during maturation. *Phytochem.* 28, 67–9.
- Ayton J, Mailer RJ, Robards K., 2001.** Changes in oil content and composition of developing olives in a selection of Australian cultivars. *Austr J. Exp Agric* 41, 815–21
- Baldioli M, Servili M, Perreti G, Montedoro GF.1996** Antioxidant activity of tocopherols and phenolic compounds of virgin olive oil. *J Am Oil Chem Soc .* 73,1589–93.
- Blanke MM, Lenz F. , 1989** Fruit photosynthesis. *Plant Cell Environ .*12,31–46.
- Blee E, Joyard J. ,1996.** Envelope membranes from spinach chloroplasts are a site of metabolism of fatty acid hydroperoxides. *Plant Physiol* 110, 445–54.
- Bleecker A.B., Kende H. 2000.** Ethylene: a gaseous signal molecule in plants. *Annu. Rev. Cell Develop. Biol.* 16:1–40.
- Bolger, T.P., Pate, J.S., Unkovich, M.J., Turner, N.C., 1995.** Estimated of seasonal nitrogen fixation of annual subterranean clover-based pastures using the 15 N natural abundance technique. *Plant and Soil* 175, 57–66.
- Brady, C.J. 1987.** Fruit ripening. *Annu. Rev. Plant Physiol.* 38,155-178.
- Brenes M, Garcia A, Garcia P, Rios JJ, Garrido A, 1999.** Phenolic compounds in Spanish olive oils. *J. Agric Food Chem* 1999,47. 3535–40.
- Burns, R.G., 1978.** *Soil Enzymes.* Academic Press, New York.
- Canet, R., Albiach, R., Pomares, F., 2000.** Indexes of biological activity as tools for diagnosing soil fertility in organic farming. In: Garcí'a, C., Hernandez, M.T. (Eds.), *Research and Perspectives of Soil Enzymology in Spain.* CSIC, Murcia, Spain, pp. 25 –39.
- Cataldi TRI, Margiotta G, Iasi L, Di Chio B, Xiloyannis C, Bufo SA. 2000** Determination of sugar compounds in olive plant extracts by anion-exchange chromatography with pulsed amperometric detection. *Anal Chem* ,72. 3902–7
- Chen H, Jones AD, Howe GA. 2006.** Constitutive activation of the jasmonate signaling pathway enhances the production of secondary metabolites in tomato. *FEBS Letters* 580, 2540–2546.

- Chen QF, Dai LY, Xiao S, Wang YS, Liu XL, Wang GL. 2007.** The COI1 and DFR genes are essential for regulation of jasmonate-induced anthocyanin accumulation in Arabidopsis. *Journal of Integrative Plant Biology* 49, 1370–1377
- Cohen LA, Epstein M, Pittman B, Rivenson A. 2000.** The influence of different varieties of olive oil on N-methyl-N-nitrosourea (NMU)-induced mammary tumorigenesis. *Anticancer Res.* 20, 2307–12.
- COI, 2009** Determinazione dei biofenoli degli oli di oliva mediante HPLC T.20, n. 29
- Conde C., Serge D., Geros H. 2008** Physiological, biochemical and molecular changes occurring during olive development and ripening *J. of Plant Phys.* 165, 1545–1562
- Colomer R, Mene´ndez JA. 2006** Mediterranean diet, olive oil and cancer. *Clin Transl. Oncol.* 8., 5–21
- Conde C, Agasse A, Silva P, Lemoine R, Delrot S, Tavares R, et al. 2007** OeMST2 encodes a monosaccharide transporter expressed throughout olive fruit maturation. *Plant Cell Physiol.* 48, 1299–308.
- Conde C, Silva P, Agasse A, Lemoine R, Delrot S, Tavares R et al. 2007** . Utilization and transport of mannitol in *Olea europaea* and implications for salt stress tolerance. *Plant Cell Physiol.* 48, 42–53
- Conde C, Silva P, Agasse A, Tavares R, Delrot S, Geros H, 2007** . An Hg-sensitive channel mediates the diffusional component of glucose transport in olive cells. *Biochim Biophys Acta.* 1768, 2801–11.
- Coni E, Di Benedetto R, Di Pasquale M, Masella R, Modesti D, Mattei R, et al. 2000** Protective effect of oleuropein, an olive oil biophenol, on low-density lipoprotein oxidizability in rabbits. *Lipids.* 35, 45–54.
- Connor DJ, Fereres E. 2005** The physiology of adaptation and yield expression in olive. *Hort Rev.* 34, 155–229.
- Crecchio, C., Gelsomino, A., Ambrosoli, R., Minati, J.L., Ruggiero, P., 2004.** Functional and molecular responses of soil microbial communities under differing soil management practices. *Soil Biol. Biochem.* 36, 1873–1883.
- Fan X., J.P. Mattheis, J.K. Fellman. 1998.** Responses of apples to postharvest jasmonate treatments. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 123, 421–425
- Ferguson L., U.A. Rosa, S. Castro-Garcia, S.M. Lee, J.X. Guinard, J. Burns, W.H. Krueger, N.V. O’Connell, K. Glozer. 2010.** Mechanical harvesting of California table and oil olives. *Adv. Hort. Sci.* 24, 53–63.
- Daie J. 1986** Kinetics of sugar transport in isolated vascular bundles and phloem tissue of celery. *J. Am Soc Hort. Sci.* 111, 216–20.

- De Geyter, N., A. Gholami, S. Goormachtig, A. Goossens. 2012.** Transcriptional machineries in jasmonate-elicited plant secondary metabolism. *Trends Plant Sci.* 17, 349-359
- Delgado, J.A., Sparks, R.T., Follett, R.F., Sharkoff, J.L., Riggensbach, R.R., 1999.** Use of winter cover crops to conserve soil and water quality in the San Luis Valley of South Central Colorado. In: Lal, R. (Ed.), *Soil Quality and Soil Erosion*. CRC Press, Boca Raton, FL, 125–142.
- Derpsch, R., Sidiras, N., Roth, C.H., 1986.** Results of studies made from 1977 to 1984 to control erosion by cover crops and no-tillage techniques in Parana', Brazil. *Soil Till. Res.* 8, 253–263.
- Devoto A, Ellis C, Magusin A, Chang HS, Chilcott C, Zhu T, Turner JG. 2005.** Expression profiling reveals COI1 to be a key regulator of genes involved in wound-and methyl jasmonate-induced secondary metabolism, defence, and hormone interactions. *Plant molecular Biology* .58, 497–513
- Diez, J.A., 1986.** Efecto de la fertilizaci3n de la vin~a con estiércol y K en la zona de Mentrída. *An. Edafol. Agrobiol.* 45, 1579–1590.
- Dilly, O., Bloem, J., Vos, A., Munch, J.C., 2004.** Bacterial diversity in agricultural soils during litter decomposition. *Appl. Environ. Microb.* 70, 468–474.
- Esti M., Cinquanta L., La Notte E., 1998.** Phenolic Compounds in Different Olive Varieties, *J. Agric. Food Chem.* 46, 32–35
- FAOSTAT. FAO , 2007** Statistical Databases. Agriculture Data Collection (Primary Crops), orgS.
- Fernandez, J.E., 1989.** Comportamiento del olivo (*Olea europaea* L. var. Manzanillo) sometido a diferentes regimenes hídricos con especial referencia a la dinámica del sistema radicular y de la transpiración. Tesis Doctoral. Universidad de Córdoba.
- Fernandez, J.E., Moreno, F., 1999.** Water use by the olive tree. *J. Crop Prod.* 2, 105–167.
- Flora LL, Madore MA. 1993** Stachyose and mannitol transport in olive (*Olea europaea* L.). *Plant.* 189, 484–90.
- Frydman RB, Neufeld EF. 1963** Synthesis of galactosylinositol by extracts from peas. *Biochem Biophys Res Commun.* 12, 121–5.
- Galliano, H., M. Cabane, C. Eckerskorn, F. Lottspeich, H. Sandermann and D. Ernest. 1993.** Molecular cloning, sequence analysis and elicitor-induced accumulation of cinnamyl alcohol dehydrogenase from Norway spruce (*Picea abies*). *Plant Mol. Biol.* 23, 145–156.
- Gamalei YV. 1989;** Structure and function of leaf minor veins in trees and herbs: a taxonomic review. *Trees*, 96–110.

- Gamalei YV. 1991**, Phloem loading and its development related to plant evolution from trees to herbs. *Trees* .5, 50–64.
- Garcia, C., Hernandez, T., Pascual, J.A., Moreno, J.L., Ros, M., 2000**. Microbial activity in soils of SE Spain exposed to degradation and desertification processes. Strategies for their rehabilitation. In: Garcia, C., Hernandez, M.T. (Eds.), *Research and Perspectives of Soil Enzymology in Spain*. CSIC, Murcia, Spain, 93 –143.
- Girvan, M.S., Bullimore, J., Pretty, J.N., Osborn, A.M., Ball, A.S., 2003**. Soil type is the primary determinant of the composition of the total and active bacterial communities in arable soils. *Appl. Environ. Microbiol.* 69, 1800–1809
- Gomez J.A., Giraldez J.V., Pastor M., Fereres E., 1999**. Effects of tillage method on soil physical properties, infiltration and yield in an olive orchard. *Soil Till Res.* 52, 167-175
- Gomez, J.A., Romero, P., Giraldez, J.V., Fereres, E., 2004**. Experimental assessment of runoff and soil erosion in an olive grove on a Vertic soil in Southern Spain as affected by soil management. *Soil Use and Management* 20, 426 – 431.
- Gomez, J.A., Sobrinho T.A., Giraldez J.V., Fereres E., 2009** Soil management effects on runoff, erosion and soil properties in an olive grove of Southern Spain, *Soil Till Res.*102, 5 -13
- Gomez, J.A., Guzman M.G., Giraldez J.V., Fereres E., 2009** The influence of cover crops and tillage on water and sediment yield, and on nutrient, and organic matter losses in an olive orchard on a sandy loam soil , *Soil Till Res.*106, 137-144
- Gotelli, N., Colwell, R.K., 2001**. Quantifying biodiversity: procedures and pitfalls in the measurement and comparison of species richness. *Ecol. Lett.* 4, 379–391
- Gregory, P.J., Eastham, J., 1996**. Growth of shoots and roots and interception of radiation by wheat and lupin cropson a shallow duplex soil in response to time of sowing. *Aust. J. Agric. Res.* 43, 555 –573.
- Greyston, S.J., Griffith, G.S., Mawdsley, C.D., Campbell, C.D., Bardgett, R.D., 2001**. Accounting for variability in soil microbial communities of temperate upland grassland ecosystems. *Soil Biol. Biochem.* 33, 533–551.
- Gucci R, Moing A, Gravano E, Gaudillere JP.** 1998 Partitioning of photosynthetic carbohydrates in leaves of saltstressed olive plants. *Austr J Plant Physiol.* 25, 571–9.
- Haney, R.L., Senseman, S.A., Hons, F.M., Zuberer, D.A., 2000**. Effect of glyphosate on soil microbial activity and biomass. *Weed Sci.* 48, 89–93.
- Haralampidis K, Milioni D, Sa´nchez J, Baltrusch M, Heinz E, Hatzopoulos P. 1998;** Temporal and transient expression of stearyl-ACP carrier protein desaturase gene during olive fruit development. *J Exp Bot.* 49, 1661–9.

- Harwood JL.1996** Recent advances in the biosynthesis of plant fatty acids. *Biochim Biophys Acta.* 1301, 7–56.
- Harwood JL, Page RA.** 1994 Biochemistry of oil synthesis. In:Murphy DJ, editor. Designer oil crops. Weinheim: VCH,. 165–94.
- Harwood J, Sanchez J. 2000** Lipid biosynthesis in olives. In: Harwood JL, Aparicio R, editors. Handbook of olive oil. Gaithersburg, MD: Aspen Publishers Inc.. 61–7.
- Harwood JL, Yaqoob P. 2002** Nutritional and health aspects of olive oil. *Eur J.Lipid Sci Technol.* 104, 685–97.
- Hatanaka A, Kajiwara T, Matsui K, Matsunaga T. 1989** Nonenzymatic isomerization of 12-hydroxy-3(Z)-dodecenal to the 2(E)-isomer after enzymatic cleavage of 13-hydroxyperoxylinoleyl alcohol in tea chloroplasts. *Z Naturforschung.* 44, 161– 4.
- Hernandez, A.J., Pastor, J., 1989.** Tecnicas analiticas para el estudio de las interacciones suelo-planta. *Henares Rev. Geol.* 3, 67 –102.
- Hernandez, A.J., Estalrich, E., Minguez, A., Pastor, J., 1997.** Incidencia de las cubiertas herbaceas en la conservacion de suelos y en la humedad edafica de agrosistemas semiaridos. *Edafologia* 2, 153–159.
- Hernandez, A.J., Prieto, N., Pastor, J., 2001.** Management of olive crops in a semiarid environment using sown or resident leguminous covers. In: Garcia-Torres, L., Benites, J., Martinez-Vilela, A. (Eds.), Conservation Agriculture: A Worldwide Challenge. ECAF and FAO, European Conservation Agriculture Federation, Madrid, Spain, 419–424.
- Hernandez, A.J., Lacasta, C., Pastor, J., 2002.** Assessment of integrated soil conservation and improvement treatments for olive and vine crops in semiarid environments. In: Rubio, J.L., Morgan, R.P.C., Asins, S.,Andreu, V. (Eds.), Man and Soil at the Third Millennium, vol. II. Geof. Ed., Spain, 2141 –2153.
- A.J. Hernandez et al. 2005.** *Agricultural Water Management* 77. 247, 232–248
- Kondo S., H. Yamada, S. Setha. 2007.** Effect of jasmonates differed at fruit ripening stages on 1-aminocyclopropane-1-carboxylate (ACC) synthase and ACC oxidase gene expression in pears. *J.Amer. Soc. Hort. Sci.* 132, 120–125.
- Kosmas, C., Danalatos, N., Cammeraat, L.H., Chabart, M., Diamantopoulos, J., Farand, R.,Gutierrez, L., Jacob, A., Marques, H., Martinez-Fernandez, J., Mizara, A., Moustakas, N.,Nicolau, J.M., Oliveros, C., Pinna, G., Puddu, R., Puigdefabregas, J., Roxo, M., Simao, A.,Stamou, G., Tomasi, N., Usai, D., Vacca, A., 1997.** The effect of land use on runoff and soil erosion rates under Mediterranean conditions. *Catena* 29, 45 –59
- Kiritsakis A, Christie WW.** 2000, Analysis of edible oils.In: Harwood JL, Aparicio R, editors. Handbook of olive oil. Gaithersburg, MD: Aspen Publishers Inc., 129–38.

- Knowles JR. 1989** The mechanism of biotin-dependent enzymes. *Annu Rev Biochem.* 58, 195–221.
- Kuo, S., Sainju, U.M., Jellum, E.J., 1997.** Winter cover crops effects on soil organic carbon and carbohydrate in soil. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 61, 145–152.
- La Vecchia C, Negri E, Franceschi S, Decarli A, Giacosa A, Lipworth L. 1995** Olive oil, other dietary fats, and the risk of breast cancer (Italy). *Cancer Causes Control.* 6, 545–50
- Lal, R., Kimble, J.M., Follett, R.F., Cole, C.V., 1998.** The Potential of U.S. Cropland to Sequester Carbon and Mitigate the Greenhouse Effect. Ann Arbor Press, Chelsea, MI.
- Lal, R., 1997.** Land use and soil management effects on soil organic matter dynamics on Alfisols in Western Nigeria. In: Lal, R., Kimble, J.M., Follett, R.F., Stewart, B.A. (Eds.), *Soil Processes and the Carbon Cycle.* CRC Press, Boca Raton, FL.
- Landa M-C, Frago N, Tres A. 1994** Diet and the risk of breast cancer in Spain. *Eur J Cancer Prev.* 3, 313–29.
- Lavee S. 1996** Biology and physiology of the olive. In: *World olive encyclopaedia.* Madrid: IOOC;.
- Lewitt J. 1980.** Responses of plants to environmental stresses. Vol II. Water, radiation, salt, and other stresses. New York: Academic Press Inc.;
- Loumou A, Giourga C. 2003** Olive groves: “The life and identity of the Mediterranean”. *Agric Human Values.* 20, 87–95.
- Lobo, M.C., Sastre, I., Vicente, M.A., 2000.** Enzymes as a measure of environmental impact on soils. In: Garcia, C., Hernandez, M.T. (Eds.), *Research and Perspectives of Soil. Enzymology in Spain.* CSIC, Murcia, Spain, 325–352.
- Lopez-Fando, C., Bello, A., 1987.** Finca experimental de La Higuera. Instituto de Edafologia y Biologia Vegetal, CSIC, Madrid, 54
- Lupwayi, N.Z., Harker, K.N., Clayton, G.W., O’Donovan, J.T., Blackshaw, R.E., 2009.** Soil microbial response to herbicides applied to glyphosate-resistant canola. *Agric. Ecosyst. Environ.* 129, 171–176.
- Morales MT, Alonso MV, Rios JJ, Aparicio R. 1995** Virgin olive oil aroma: relationship between volatile compounds and sensory attributes by chemometrics. *J. Agric Food Chem.* 43, 2925–31.
- Morello JR, Motilva MJ, Ramo T, Romero MP. 2003** Effect of freeze injuries in olive fruit on virgin olive oil composition. *Food Chem.* 81, 547–53.
- Maire, N., 1987.** Evaluation de la vie microbienne dans les sols par un systeme d’analyses biochimiques standardise. *Soil Biol. Biochem.* 19, 491–500.
- Maire, N., Bocard, D., Laczko´E., Matthey, W., 1999.** Organic matter cycling in grassland

soils of the Swiss Jura mountains: biodiversity and strategies of the living communities. *Soil Biol. Biochem.* 31, 1281–1293.

Manrique T, Rapoport HF, Castro J, Pastor M. Mesocarp 1999 cell division and expansion in the growth of olive fruits. *Acta Hort.* 474, 301–4

Marsilio V, Campestre C, Lanza B, De Angelis M., 2001. Sugar and polyol compositions of some European olive fruit varieties (*Olea europaea* L.) suitable for table olive purposes. *Food Chem.* 72, 485–90.

Martinez Francia J. R. , Duran Zuazo V.H, Martinez R. 2006 .Environmental impact from mountainous olive orchards under different soil-management systems (SE Spain) *Scien. Tot. Env.* 358, 46– 60

Martin Moreno JM, Willet WC, Gorgojo L, Banegas JR, Rodri'guez-Artelejo F, Fernandez-Rodriguez JC. 1994 Dietary fat, olive oil intake and breast cancer risk. *Int J Cancer.* 58, 774–80

Mata P, Alvarezsala LA, Rubio MJ, Nuno J, De Oya M. 1992 Effects of long-term monounsaturated-enriched vs polyunsaturated-enriched diets on lipoproteins in healthy men and women. *Am J.Clin Nutr.* 55, 846–50.

Menendez JA, Vellon L, Colomer R, Lupu R. 2005 Oleic acid, the main monounsaturated fatty acid of olive oil, suppresses Her-2/neu (erbB-2) expression and synergistically enhances the growth inhibitory effects of trastuzumab (Herceptin™) in breast cancer cells with Her-2/neu oncogene amplification. *Ann Oncol.* 16, 359–71.

Mensink RP, Katan MB. 1992 Effect of dietary fatty acids on serum lipids and lipoproteins – a meta-analysis of 27 trials. *Arteriosclerosis Thromb.* 12, 911–9

Meyer, W.S., Green, G.C., 1981. Plant indicators of wheat and soybean crop water stress. *Irrig. Sci.* 2, 167–176.

Mewis I, Appel HM, Hom A, Raina R, Schultz JC. 2005. Major signaling pathways modulate Arabidopsis glucosinolate accumulation and response to both phloem-feeding and chewing insects. *Plant Phys.* 138, 1149–1162

Michelakis, N., 1995. Efectos de las disponibilidades de agua sobre el crecimiento y rendimiento de los olivos. *Olivar* 56, 29–39.

Michelakis, N., Vougioucalou, E., 1988. Water used, root and top growth of the olive trees for different methods of irrigation and levels of soil water potential. *Olea* 19, 17–31.

MAPA, 1994. Metodos oficiales de analisis. Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentacion, Tomo III, Madrid.

- Mateos.R., Domianquez M.M., Espartero J.L., Cert A. 2003**, Antioxidant Effect of Phenolic Compounds, α -Tocopherol, and Other Minor Components in Virgin Olive Oil, *J. Agric. Food Chem.* 51, 7170–7175
- Minguez -Mosquera M.I., Garrido-Fernandez J. 1989**, Chlorophyll and Carotenoid Presence in Olive Fruit. *J. Agr. Food Chem.* 37, 1-7
- Montedoro GF, Baldioli M, Servili M.** Sensory and nutritional relevance of phenolic compounds in olive oil. *G Ital Nutr Clin Prev* 1992. 1, 19–32
- Monteleone E, Caporale G, Lencioni L, Favati F, Bertuccioli M. 1995** Optimization of virgin olive oil quality in relation to fruit ripening and storage. In: Charalambous G, editor. *Food flavors: generation, analysis and process influence*. Amsterdam: Elsevier Science, 397–418.
- Morales MT, Alonso MV, Rios JJ, Aparicio R. 1995** Virgin olive oil aroma: relationship between volatile compounds and sensory attributes by chemometrics. *J. Agric Food Chem.* 43, 2925–31.
- Morello JR, Motilva MJ, Ramo T, Romero MP. 2003** Effect of freeze injuries in olive fruit on virgin olive oil composition. *Food Chem.* 81, 547–53.
- Moreno, F., Vachaud, G., Martín-Aranda, J., 1983.** Caracterización hidrodinámica de un suelo de olivar, Fundamento teórico y métodos experimentales. *Anal. Edaf. Agrobiol.* 42, 695–721.
- Nannipieri, P., Greco, S., Ceccanti, B., 1990.** Ecological significance of the biological activity in soil. In: Bollag, J.M., Stotzki, G. (Eds.), *Soil Biochemistry*, vol. 6. Marcel Dekker, New York.
- Noiraud N, Maurousset L, Lemoine R. 2001** Transport of polyols in higher plants. *Plant Physiol Biochem* 39, 717–28
- Noiraud N, Maurousset L, Lemoine R. 2001** Identification of a mannitol transporter, AgMaT1, in celery phloem. *Plant Cell* 2001. 13, 695–705.
- Nergiz C., Pelin Gunc, Ergonul P., 2009.** Organic acid content and composition of the olive fruits during ripening and its relationship with oil and sugar, *Sc. Hort.* 122, 216–220.
- Noiraud N, Maurousset L, Lemoine R. 2001** Transport of polyols in higher plants. *Plant Physiol Biochem* .39, 717–28.
- Olias JM, Pérez AG, Ríos JJ, Sanz C. 1993** Aroma of virgin olive oil: biogenesis of the ‘green’ odour notes. *J Agric Food Chem.* 41, 2368–73
- Oliveira J, Tavares RM, Geros H 2002.** Utilization and transport of glucose in *Olea europaea* cell suspensions. *Plant Cell Physiol.* 43, 1510–7

- Pastor, M., 1989.** Efectos del no-laboreo en el olivar sobre la infiltración del agua en el suelo. *Inv. Agraria. Prod. Vegetal.* 4, 225–247.
- Pastor, M., Castro, J., 1995.** Sistemas de manejo de suelos y erosión. *Olivar* 59, 64–74.
- Pastor, J., Lacasta, C., Hernandez, A.J., 2000.** Evaluación de las cubiertas vegetales en el olivar de una zona semiárida del centro de España. *Edaf.* 7, 165–175.
- Patrick JW. 1997** Phloem unloading: sieve element unloading and post-sieve element transport. *Annu Rev Plant Biol.* 48, 191–222.
- Petroni, K. and Tonelli, C. 2011.** Recent advances on the regulation of anthocyanin synthesis in reproductive organs. *Plant Sci.* 181, 219–229.
- Pharr DM, 1984** Sox HN. Changes in carbohydrate and enzyme levels during the sink to source transition of leaves of *Cucumis sativus* L., a stachyose translocator. *Plant Sci Lett.* 35, 187–93.
- Proietti P, Famiani F, Tombesi A. 1999** Gas exchange in olive fruit. *Photosynthetica.* 36, 423–32
- Qi T, Song S, Ren Q, Wu D, Huang H, Chen Y, Fan M, Peng W, Ren C, Xie D. 2011.** The jasmonate-ZIM-domain proteins interact with the WD-Repeat/bHLH/MYB complexes to regulate jasmonate-mediated anthocyanin accumulation and trichome initiation in *Arabidopsis thaliana*. *The Plant Cell.* 23, 1795–181
- Raglione, M., Toscazo, P., Angelini, R., Briccoli-Bati, C., Spadoni, M., De Simona, C., Lorenzini, P., 1999.** Olive yield and soil loss in hilly environment of Calabria (Southern Italy). Influence of permanent cover crop and ploughing. In: Proceedings of the International Meeting on Soils with Mediterranean Type of Climate, July 4th–9th, 1999, Un. of Barcelona, Barcelona
- Ramli US, Baker DS, Quant PA, Harwood JL. 2002** Control mechanisms operating for lipid biosynthesis differ in oil-palm (*Elaeis guineensis* Jacq.) and olive (*Olea europaea* L.) callus culture. *Biochem J.* 364, 385–91.
- Renaud S, Lanzmann-Petithory D. 2002** The beneficial effect of α -linolenic acid in coronary artery disease is not questionable. *Am J Clin Nutr.* 76, 903–4.
- Renaud S, de Lorgeril M, Delaye J, Guidollet J, Jacquard F, Marnier N, et al. 1995** Cretan Mediterranean diet for prevention of coronary heart disease. *Am J Clin Nutr.* 61, 1360S–7S.
- Reeves, D.W., 1997.** The role of soil organic matter in maintaining soil quality in continuous cropping systems. *Soil Till. Res.* 43, 131–167.
- Riley FR. 2002** Olive oil production on bronze Age Crete: nutritional properties, processing methods, and storage life of Minoan olive oil. *Oxford J. Archaeol.* 21, 63–75

- Ryan D, 1998** Robards K. Phenolic compounds in olives. *Analyst*.123, 31–44.
- Roca M., Minguéz-Mosquera I.,2001** Change in the Natural Ratio Between Chlorophylls and Carotenoids in Olive Fruit During Processing for Virgin Olive Oil. *JAOCS* 78 , 133-138.
- Roitsch T. 1999.** Source–sink regulation by sugar and stress. *Curr. Opin. Plant Biol.* 2,198–206.
- Roitsch T. and M.C. González.** Function and regulation of plant invertases: sweet sensations. *Trends in Plant Science* 9, 606-613.
- Romero MP, Tovar MJ, Girona J, Motilva MJ. 2002** Changes in the HPLC phenolic profile of virgin olive oil from young trees (*Olea europaea* L. Cv. Arbequina) grown under different deficit irrigation strategies. *J Agric Food Chem.* 50, 5349–54.
- Rotondi A, Bendini A, Cerratani L, Mari M, Lecker G, Toschi TG. 2004** Effect of olive ripening degree on the oxidative stability and organoleptic proprieties of Cv Nostrana di Brisighella extra virgin olive oil. *J Agric Food Chem.* 52, 3649–54.
- Ruan Y, Patrick J. 1995** The cellular pathway of post-phloem sugar transport in developing tomato fruit. *Planta*.196, 434–44.
- Rutter AJ, Sanchez J, Harwood JL.** 1997 Glycerolipid synthesis by microsomal fractions from *Olea europaea* fruits and tissue cultures. *Phytochemistry.* 46, 265–72
- Salas JJ, Sanchez1998** J. Alcohol dehydrogenases from olive (*Olea europaea*) fruit. *Phytochemistry.* 48, 35–40.
- Salas JJ, Sanchez 1999** J. Hydroperoxide lyase from olive (*Olea europaea*) fruits. *Plant Sci.*143, 19–26.
- Salas J, Williams M, Harwood JL, Sanchez J. 1999** Lipoxygenase activity in olive (*Olea europaea*) fruits. *J Am Oil Chem Soc*;76:1163–8.
- Sanchez J. 1994** Lipid photosynthesis in olive fruit. *Progr Lipid Res.*33, 97–104.
- Sanchez J. 1995** Olive oil biogenesis. Contribution of fruit photosynthesis. In: Kader J-C, Mazliak P, editors. *Plant lipid metabolism*. Dordrecht: Kluwer Academic Publications., 564–6.
- Sanchez J, Harwood JL. 1992** Fatty acid synthesis in soluble fractions from olive (*Olea europaea*) fruits. *J Plant Physiol.*140, 129–34.
- Sanchez J, Harwood JL. 2002** Biosynthesis of triacylglycerols and volatiles in olives. *Eur J Lipid Sci Technol.*104, 564–73.
- Sanchez J, Salas JJ. 2000** Biogenesis of olive oil aroma. In Harwood JL, Aparicio R, editors. *Handbook of olive oil:analysis and properties*. Gaithersburg: Aspen Publishers., 79–99.

- Sanchez J, del Cuvillo MT, Harwood JL. 1992** Glycerolipid biosynthesis by microsomal fractions from olive fruits. *Phytochem.*31, 129–34.
- Santinelli F, Damiani P, Christie WW. 1992** The triacylglycerols structure of olive oil determined by silver ion highperformance liquid chromatography in combination with stereospecific analysis. *J Am Oil Chem Soc.* 69, 552–6.
- Sasaki-Sekimoto Y, Taki N, Obayashi T, Aono M, Matsumoto F, Sakurai N, Suzuki H, Hirai MY, Noji M, Saito K. 2005.** Coordinated activation of metabolic pathways for antioxidants and defence compounds by jasmonates and their roles in stress tolerance in *Arabidopsis*. *The Plant J.* 44, 653–668.
- Sakuta M., H. Hirano, K. Kakegawa, J. Suda, M. Hirose, R.W. Joy, M. Sugiyama, A. Komamine. 1994.** Regulatory mechanisms of biosynthesis of betacyanin and anthocyanin in relation to cell division activity in suspension cultures. *Plant Cell, Tissue and Organ Culture* 38, 167-169
- Shan X, Zhang Y, Peng W, Wang Z, Xie D. 2009.** Molecular mechanism for jasmonate-induction of anthocyanin accumulation in *Arabidopsis*. *Journal of Experimental Botany* 60, 3849–3860.
- Stoop JMH, Pharr DM. 1994** Mannitol metabolism in celery stressed by excess macronutrients. *Plant Physiol.* ;106, 503–11.
- Stoop JMH, Williamson JD, Pharr DM. 1996** Mannitol metabolism in plants: a method for coping with stress. *Trends Plant Sci.*1, 139–44.
- Takamura H, Gardner HW.** Oxygenation of (3Z)-alkenal to (2E)-4-hydroxy-alkenal in soybean seed (*Glycine max* L.). *Biochim Biophys Acta* 1996. 1303, 83–91.
- Tombesi A. 1994** Olive fruit growth and metabolism. *Acta Hort.* 356, 225–32.
- Tovar MJ, Motilva MJ, Romero MP. 2001** Changes in the phenolic composition of virgin olive oil from young trees (*Olea europaea* L. cv. Arbequina) grown under linear irrigation strategies. *J. Agric Food Chem.* 49, 5502–8.
- Trichopoulou A, Lagiou P, Kuper H, Trichopoulos D. 2000** Cancer and Mediterranean dietary traditions. *Cancer Epidemiol Biomarkers Prev.* 9, 869–73.
- Tsuchiya T., Ohta H., Okawa K., Iwamatsu A., Shimada H., Masuda T., and Takamiya K. 1999.** Cloning of chlorophyllase, the key enzyme in chlorophyll degradation: finding of a lipase motif and the induction by methyl jasmonate. *Proc. Natl. Acad. Sci. USA* 96, 15362-15367.
- Turgeon R. 1996** Phloem loading and plasmodesmata. *Trends Plant Sci.* 1, 418–23.
- Turgeon R, Beebe DU. 1991**The evidence for symplasmic phloem loading. *Plant Physiol.*96, 349–54.

- Van Bel AJE, Gamalei YV, Ammerlaan A, Bik LPM. 1992** Dissimilar phloem loading in leaves with symplasmic or apoplasmic minor-vein configurations. *Planta*.186, 518–25.
- Vanderlinden, K., Gabriels, D., Giraldez, J.V., 1998.** Evaluation of infiltration measurements under olive trees in Cordoba. *Soil Till. Res.* 48,303–315.
- Visioli F., Poli A., Galli C., 2001,** Antioxidant and Other Biological Activities of Phenols from Olive and Olive Oil Medicinal Research Reviews , Vol. 22 , No. 1, 65-75.
- Visioli F, Galli C. 2002**Biological properties of olive oil phytochemicals. *Crit Rev Food Sci Nutr*.42, 209–21.
- Walkley A., Black I. A. 1934.** An examination of the Detjareff method for determining soil organic matter and a proposed modification of the chromic acid titration method. *Soil Sci.* 37, 29-38.
- Wallander E, Albert VA. 2000**Phylogeny and classification of Oleaceae based on rps16 and trnL-F sequence data. *Am J Bot.*12, 1827–41.
- Williamson JD, Stoop JMH, Massel MO, Conkling MA, Pharr DM. 1995** Sequence analysis of a mannitol dehydrogenase cDNA from plants reveals a function for the pathogenesis related protein ELI3. *Proc Natl Acad Sci USA*.92, 7148–52.
- Zhang XY, Wang XL, Wang XF, Xia GH, Pan QH, Fan RC, et al. 2006** A shift of phloem unloading from symplasmic to apoplasmic pathway is involved in developmental onset of ripening in grape berry. *Plant Physiol*.142, 220–32.
- Zimmermann MH, Ziegler H. 1975,** List of sugars and sugar alcohols in sieve-tube exudates. In: Zimmermann MH, Milburn JA, editors. *Encyclopedia of plant physiology*, New Series, vol. 1. Berlin: Springer, 480–505.

Tab.1 Contenuto di sostanza organica (%) in un oliveto della cv “Biancolilla” in diversi sistemi di gestione del suolo nel 2013. Media \pm errore standard; P dall’analisi della varianza.

DC	ISP	P
1,04 \pm 0,102	1.41 \pm 0.120	0,045
Periodo	Profondità	S.O.
Gennaio	0-15 cm	1,12 \pm 0,134
	15-30 cm	1,11 \pm 0,191
Maggio	0-15 cm	1,64 \pm 0,158
	15-30 cm	0,93 \pm 0,102
Periodo x Profondità		0,025

Tab. 2. Contenuto idrico relative nelle foglie (%) nella Cv “Biancolilla” in diversi sistemi di gestione del suolo nel 2011 e 2012. Media \pm errore standard; P dall’analisi della varianza

2011		
DC	ISP	P
71,6 \pm 0,012	71,3 \pm 0,014	0,485
2012		
DC	ISP	P
82,9 \pm 0,013	80,5 \pm 0,016	0,123
5 Giugno	17 Settembre	P
87,4 \pm 0,007	75,7 \pm 0,014	< 0,001

Tabella 3. Produzioni, peso medio delle drupe, % di invaiatura ed efficienza produttiva nell'azienda sita a Misilmeri. I dati di produzione per pianta sono stati analizzati utilizzando l'area della sezione del tronco come covariata, volendo tenere conto della dimensione degli alberi. Nessuna interazione tra gestione suolo e trattamento fogliare. Nella colonna invaiatura il valore tra parentesi indica il coefficiente di variabilità.

	Produzione (kg/pianta)	Peso drupa (g)	Invaiatura (%)	Efficienza produttiva (kg cm ⁻²)
2011	37.2 ± 1.45	3.03 ± 0.14	12.4 ± 0.91(86)	0.046 ± 0.001
2012	21.9 ± 1.84	4.04 ± 0.16	30.7 ± 1.03(48)	0.039 ± 0.001
2013	20.8 ± 1.35	2.35 ± 0.12	12.7 ± 0.92(62)	0.038 ± 0.001
<i>P</i>	< 0.001	<0.001	<0.001	<0.001
Diserbato	27.6 ± 1.37	3.17 ± 0.13	15.9 ± 1.16(91)	0.042 ± 0.001
Inerbato	25.5 ± 1.06	3.11 ± 0.10	21.2 ± 0.90(71)	0.040 ± 0.001
<i>P</i>	0.237	0.744	<0.001	0.085
Controllo	25.9 ± 1.27	3.15 ± 0.12	19.8 ± 1.05(79)	0.041 ± 0.001
Sunred	27.1 ± 1.15	3.13 ± 0.11	17.3 ± 1.02(76)	0.042 ± 0.001
<i>P</i>	0.499	0.787	0.103	0.616

Tabella 4. Produzioni, peso medio delle drupe, % di invaiatura ed efficienza produttiva nell'azienda sita a Caccamo. Nella colonna invaiatura il valore tra parentesi indica il coefficiente di variabilità.

	Produzione (kg/pianta)	Peso drupa (g)	Invaiatura (%)	Efficienza produttiva (kg cm ⁻²)
2011	11.7 ± 1.05	2.21 ± 0.10	83.6 ± 1.36(21)	0.053 ± 0.003
2012	19.7 ± 0.89	3.48 ± 0.08	46.7 ± 1.09(40)	0.056 ± 0.002
2013	16.7 ± 1.36	2.16 ± 0.13	46.0 ± 1.73(26)	0.043 ± 0.003
<i>P</i>	< 0.001	<0.001	<0.001	0.001
Controllo	15.2 ± 0.91	2.61 ± 0.08	58.2 ± 1.15(43)	0.050 ± 0.002
Sunred	16.8 ± 0.87	2.62 ± 0.08	59.3 ± 1.09(41)	0.051 ± 0.002
<i>P</i>	0.431	0.992	0.488	0.797

Tabella 5. Effetto del Sunred sui polifenoli dell'olio prodotto da alberi dell'azienda di Misilmeri. Media \pm errore standard, P dall'analisi della varianza

POLIFENOLI	SUNRED	CONTROLLO	p
DHPEA	4,53 \pm 0,58	3,81 \pm 0,38	0,312
HPEA	2,41 \pm 0,11	2,56 \pm 0,24	0,628
DHPEA_EDA	90,48 \pm 6,18	75,93 \pm 2,87	0,055
OLEOCANTALE	19,42 \pm 0,40	17,79 \pm 0,89	0,171
ACETOSSIPINO-RESINOLO	3,85 \pm 0,63	4,58 \pm 0,97	0,572
PINORESINOLO	9,92 \pm 3,14	10,79 \pm 2,29	0,824
DHPEA_EA	303,79 \pm 22,35	343,34 \pm 79,99	0,679
POLIFENOLI TOTALI	434,41 \pm 30,71	459,32 \pm 76,19	0,791

Tabella 6. Effetto del Sunred sul profilo sensoriale degli oli ottenuti a Misilmeri; Media \pm errore standard.

	Sunred	Controllo
Fruttato	2,0 \pm 0,00	1,9 \pm 0,19
Amaro	1,8 \pm 0,20	1,8 \pm 0,12
Piccante	1,8 \pm 0,12	2,1 \pm 0,19
Punteggio complessivo	7,4 \pm 0,24	7,4 \pm 0,10

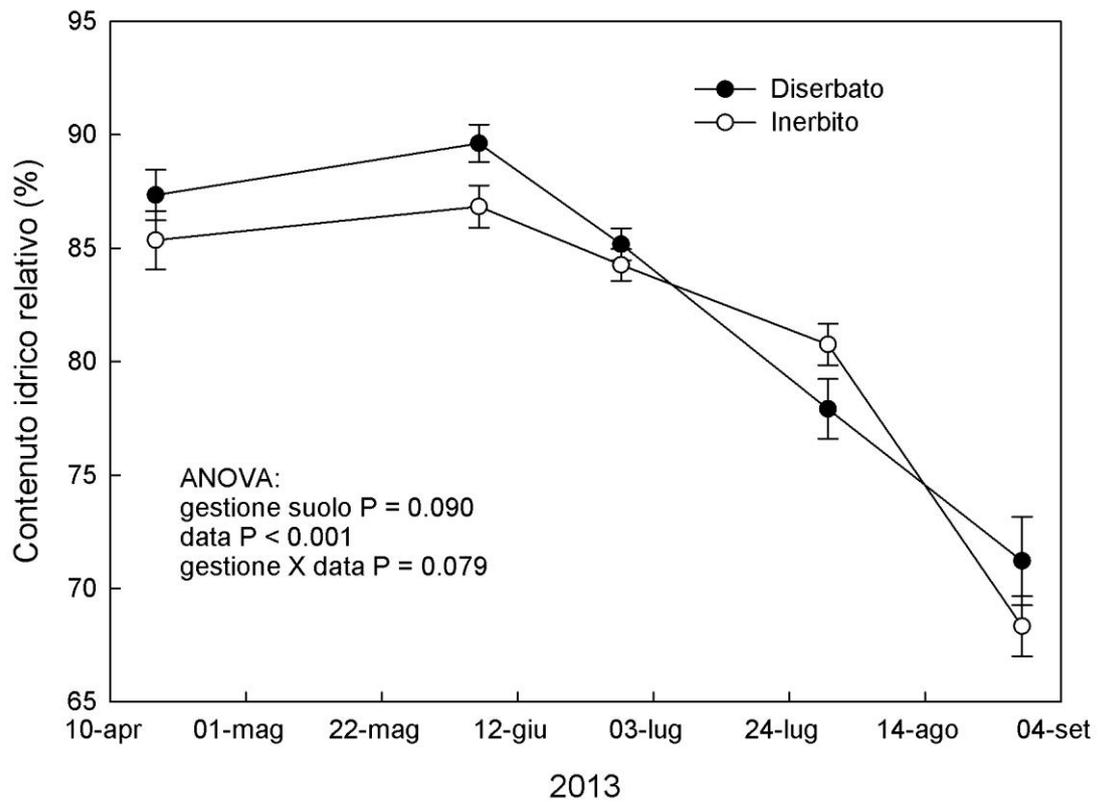


Fig. 1. Variazione del contenuto idrico relativo (RWC) negli alberi di olivo durante il 2013 a Misilmeri.

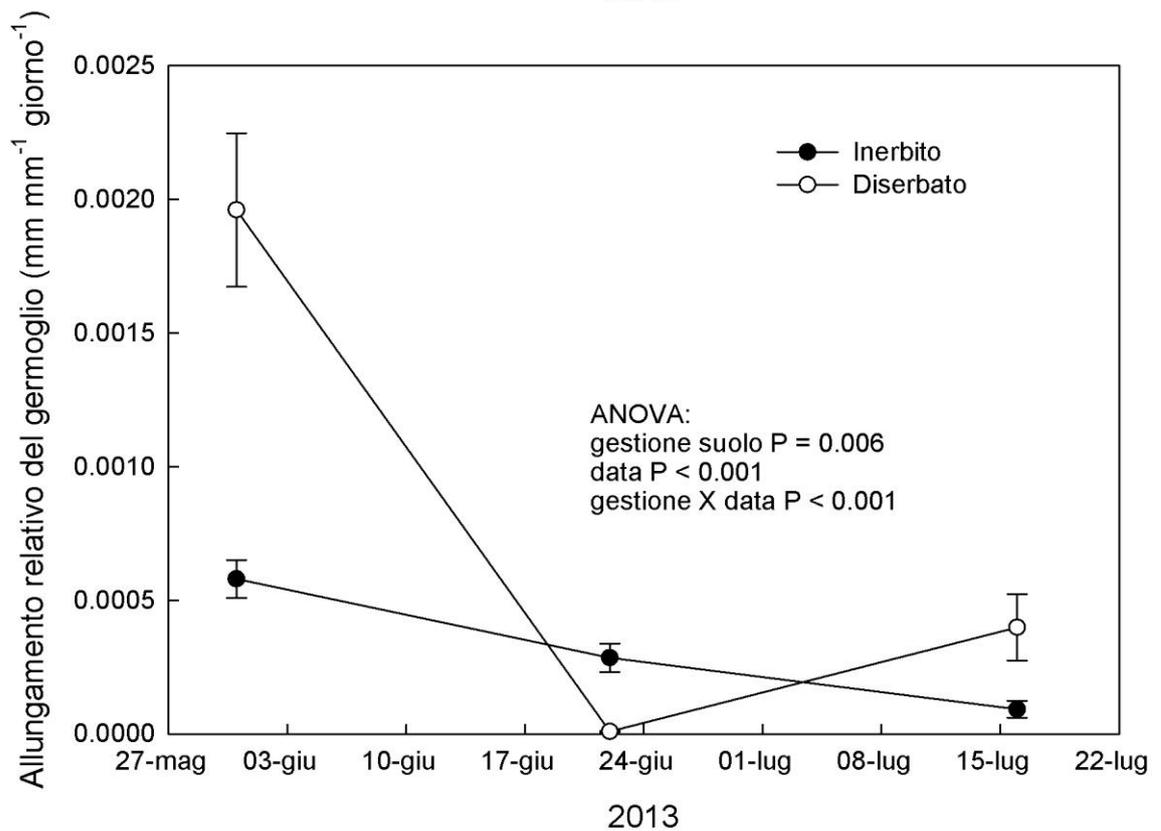
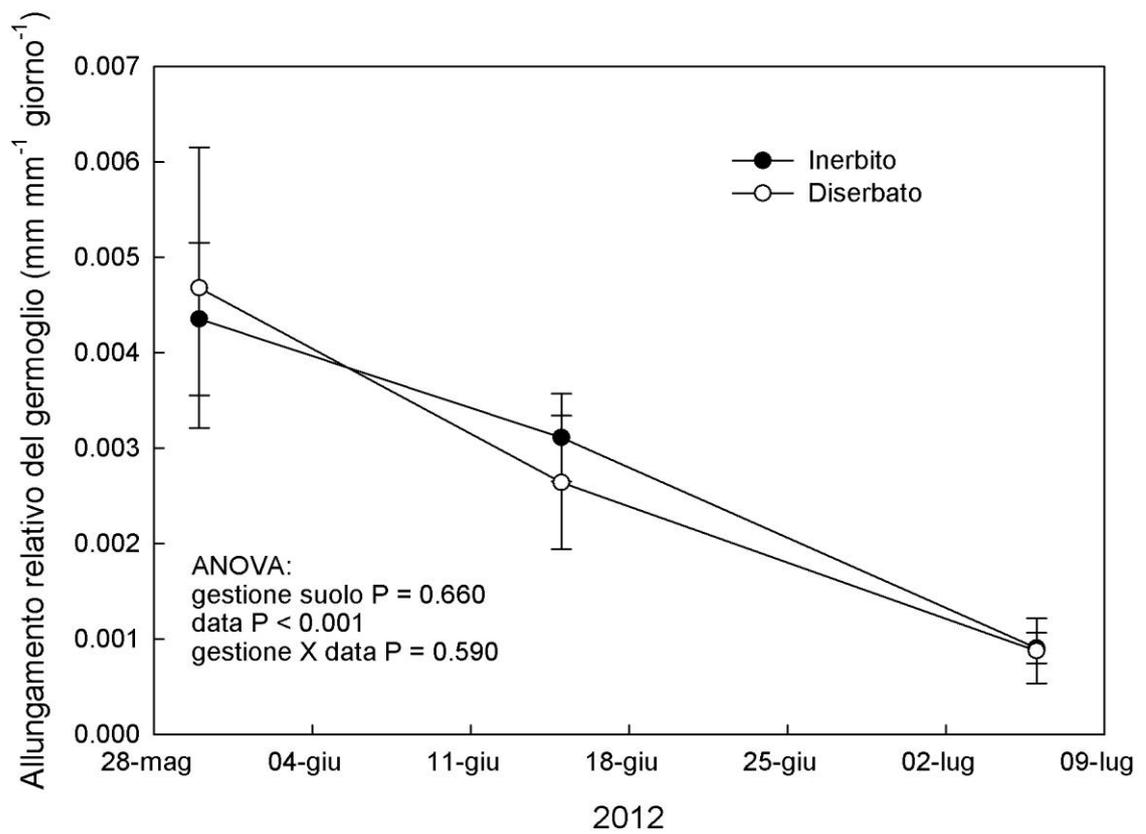


Fig. 2. Tasso di allungamento relativo dei germogli (RGR) di olivo nel 2012 2013 a Misilmeri.

Misilmeri

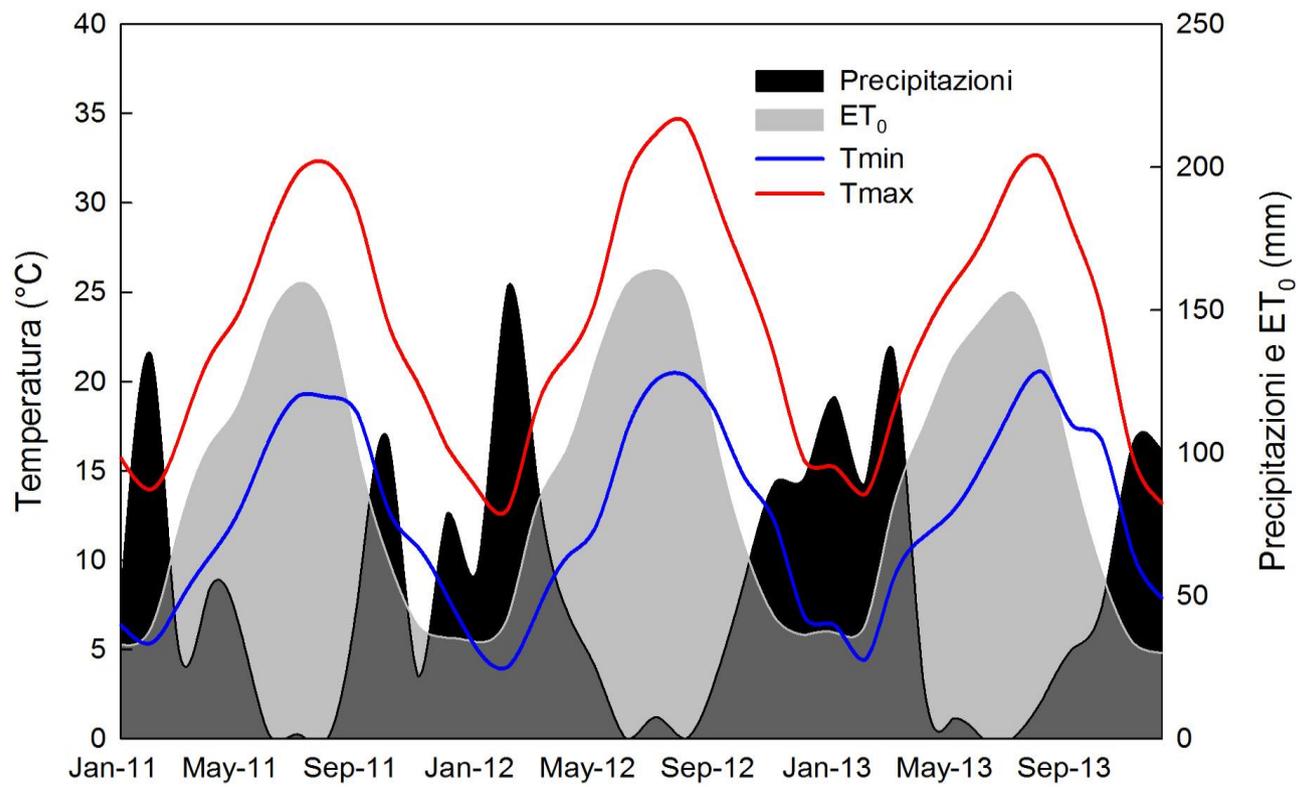


Fig. 3. Dati termopluviometrici relativi all'azienda sita a Misilmeri.

Caccamo

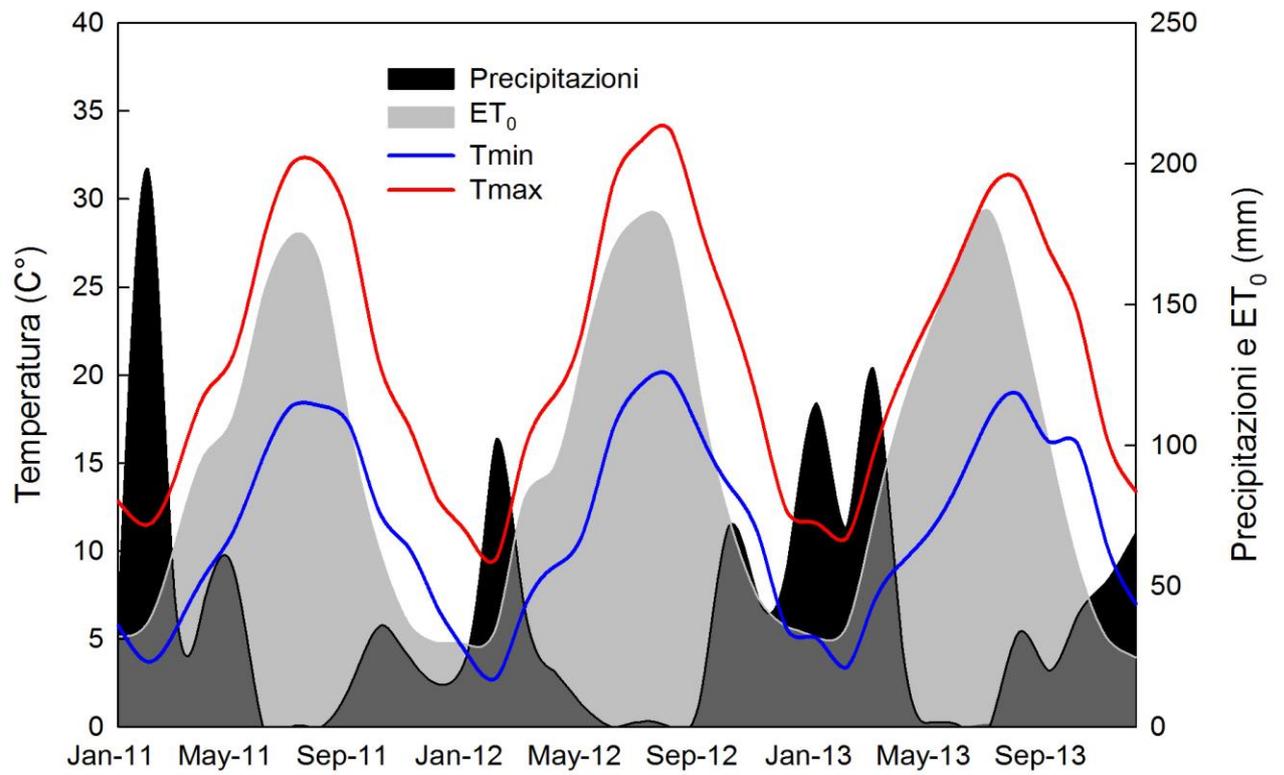


Fig. 4 . Dati termopluviometrici relativi all'azienda sita a Caccamo.