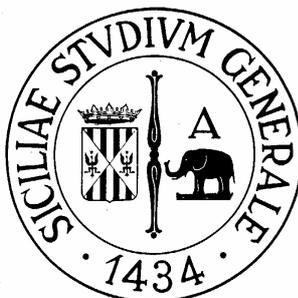


UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI CATANIA  
FACOLTÀ DI SCIENZE E TECNOLOGIE AGRARIE  
DOTTORATO IN CHIMICA AGRARIA ED  
ECOCOMPATIBILITÀ  
XXIII CICLO



VINCENZO BARRILE

**RUOLO DI LEGUMINOSE ANNUALI  
AUTORISEMINANTI IN AMBIENTE MEDITERRANEO**

COORDINATORE

PROF.SSA MARA GENNARI

TUTOR

PROF.SSA ROSALENA TUTTOBENE

---

## INDICE

### PARTE MONOGRAFICA

1. PRINCIPALI CARATTERISTICHE DELLE LEGUMINOSE AUTORISEMINANTI	
1.1 Generalità .....	pag. 6
1.2 Caratteristiche morfologiche.....	pag. 8
1.3 Ciclo vegetativo, accrescimento e riproduzione.....	pag. 11
2. LA DORMIENZA DEI SEMI .....	pag. 14
2.1 Interruzione della dormienza in natura.....	pag. 28
2.2 Interventi tecnici per il superamento della dormienza.....	pag. 32
2.2.1 Trattamenti meccanici.....	pag. 32
<i>Scarificatori meccanici</i> .....	pag. 33
<i>Scuotitori meccanici</i> .....	pag. 34
<i>Altri</i> .....	pag. 35
2.2.2 Trattamenti Fisici.....	pag. 36
<i>Ammollamento</i> .....	pag. 36
<i>Indurimento</i> .....	pag. 37
<i>Trattamento con freddo</i> .....	pag. 38
<i>Trattamento con calore</i> .....	pag. 41
<i>Stratificazione</i> .....	pag. 45
<i>Alternanza delle temperature</i> .....	pag. 49
2.2.3 Trattamenti chimici.....	pag. 51
<i>Sostanze ormonali</i> .....	pag. 51
<i>Scarificazione acida</i> .....	pag. 53
<i>Solventi organici</i> .....	pag. 54
<i>Enzimi</i> .....	pag. 55
<i>Condizionatori osmotici</i> .....	pag. 55
<i>Fusicoccina ed altri prodotti fungali</i> .....	pag. 57

3. STUDIO DELLA DORMIENZA DEI SEMI DI FABACEAE.....	pag. 58
4. LE “COVER CROPS”.....	pag. 77
4.1 Apporto di azoto e riduzione dell’inquinamento da nitrati.....	pag. 80
4.2 Arricchimento di sostanza organica nel suolo.....	pag. 82
4.3 Miglioramento della qualità del terreno .....	pag. 84
4.4 Controllo dell’erosione del terreno .....	pag. 84
4.5 Regolazione della flora infestane .....	pag. 86
4.6 Lotta biologica.....	pag. 93
4.7 Tecniche di gestione delle cover crops di leguminose autoriseminanti.....	pag. 93
5. UTILIZZO DELLE “COVER CROPS” NEGLI INERBIMENTI PILOTATI....	pag.97
5.1 Tipologie di inerbimento.....	pag. 97
5.2 Impiego di leguminose annuali autoriseminanti come cover crops nei sistemi erbacei.....	pag. 99
5.3 Impiego di leguminose autoriseminanti come cover crops nei sistemi arborei.....	pag. 103
5.3.1 <i>Inerbimento e infestazione in agrumeti</i> .....	pag. 105
6 SPECIE LEGUMINOSE AUTORISEMINANTI OGGETTO DI STUDIO..	pag. 107
6.1 Principali caratteristiche di <i>Medicago</i> .....	pag. 107
<i>Medicago scutellata</i> : caratteri botanici e biologia.....	pag. 109
Esigenze ed adattamento ambientale.....	pag. 109
Varietà.....	pag. 110
Utilizzazioni.....	pag. 111

<i>Medicago ciliaris</i> L. (All.): caratteri botanici e biologia .....	pag. 112
Esigenze ed adattamento ambientale.....	pag. 112
Varietà.....	pag. 113
Utilizzazioni.....	pag. 113
<i>Medicago rugosa</i> Desr.: caratteri botanici e biologia.....	pag. 113
Esigenze ed adattamento ambientale.....	pag. 114
Varietà.....	pag. 114
Utilizzazioni.....	pag. 114
6.2 Principali caratteristiche di <i>Trifolium</i> .....	pag. 114
<i>Trifolium subterraneum</i> L.: Caratteri botanici e biologia.....	pag. 115
Esigenze ed adattamento ambientale.....	pag. 116
Varietà.....	pag. 117
Utilizzazioni.....	pag. 117
6.3 Principali caratteristiche di <i>Scorpiurus</i> .....	pag. 119
<i>Scorpiurus subvillosus</i> (L.) Thell.: Caratteri botanici e biologia.....	pag. 119
Esigenze ed adattamento ambientale.....	pag. 120
Varietà.....	pag. 120
Utilizzazioni.....	pag. 120

## **PARTE SPERIMENTALE**

1. SCOPO DEL LAVORO.....	pag.121
2. MATERIALI E METODI .....	pag.124
2.1. Prova A .....	pag.125
2.2. Prova B .....	pag.128
2.3. Prova C .....	pag.130
3. RISULTATI E DISCUSSIONE.....	pag.132
3.1 Prova A.....	pag.132
- <i>Decorso Termopluviometrico</i> .....	pag.132
- <i>Ciclo biologico, copertura e produzione di fitomassa</i> .....	pag.132
- <i>Banca semi del suolo</i> .....	pag.143
- <i>Conclusioni</i> .....	pag.145
3.2 Prova B.....	pag.147
- <i>Decorso Termopluviometrico</i> .....	pag.147
- <i>Ciclo biologico, densità di popolazione, copertura, statura e produzione di fitomassa</i> .....	pag.148
- <i>Conclusioni</i> .....	pag.156
3.3 Prova C.....	pag.157
- <i>Percentuale di germinabilità</i> .....	pag.158
- <i>TMG</i> .....	pag.159
- <i>Conclusioni</i> .....	pag.161

## **4. BIBLIOGRAFIA**

## **5. APPENDICE FOTOGRAFICA**

# **PARTE MONOGRAFICA**

# 1 PRINCIPALI CARATTERISTICHE DELLE LEGUMINOSE AUTORISEMINANTI

## 1.1 Generalità

Le leguminose annuali autoriseminanti costituiscono un gruppo di piante che può rivestire un ruolo importante negli ambienti a clima mediterraneo.

Tutte le specie più importanti e diffuse in Italia sono di origine circunmediterranea o di Paesi dell'Europa occidentale atlantica e pertanto possono considerarsi una vera e propria risorsa vegetale nativa (Campiglia *et al.*, 2003); ad esempio nell'ambito della composizione floristica dei riposi pascolativi dell'altopiano ibleo siciliano, predominano una decina di essenze. Queste specie si sono ampiamente diffuse anche al di fuori dell'areale di origine ricoprendo, oggi, particolarmente in Australia, ma anche nelle Americhe (California, Oregon, Cile) e nel Sudafrica, un'importante funzione foraggera.

Le leguminose annuali autoriseminanti hanno suscitato negli ultimi anni un crescente interesse in quanto potenzialmente in grado di svolgere un ruolo importante nei sistemi agricoli dell'ambiente Mediterraneo, costituendo delle componenti flessibili all'interno degli stessi; infatti oltre che come foraggiere (Howieson *et al.*, 2000), possono essere utilizzate come "cover crops" (Piano *et al.*, 1996), come pacciamatura organica (Abdul-Baki e Teasdale, 1993; Caporali *et al.*, 1990), come break crops (Robson *et al.*, 2002) e come colture da sovescio (Hamblin, 1998). Per effetto di alcune loro caratteristiche ecologiche e produttive, esse appaiono in grado di assolvere a molteplici funzioni quali:

- l'adattabilità a situazioni climatiche difficili;
- la bassa richiesta di input energetici, (autosufficienza nei riguardi dell'azoto);
- il miglioramento della fertilità del suolo;
- la persistenza sulla stessa superficie per più anni grazie al meccanismo dell'autorisemina;
- l'incremento la conservazione ed il riciclo degli elementi nutritivi;
- il controllo di patogeni, insetti ed erbe infestanti;
- la produzione di foraggio di ottima qualità;
- l'offerta di foraggio in un periodo dell'anno usualmente carente di alimenti per il bestiame per il loro particolare ciclo vegetativo autunno-primaverile;
- la pascolabilità con elevati carichi animali.

Queste caratteristiche fanno sì che le leguminose annuali autoriseminanti rientrino nel novero delle essenze erbacee più adatte alla costituzione di sistemi foraggeri integrati per gli ambienti marginali a clima mediterraneo dove, per la produttività e la stabilità degli allevamenti, il problema della regolarizzazione della produzione di biomassa vegetale assume un peso più importante rispetto al suo incremento quantitativo.

Esse inoltre possono offrire un contributo alla sostenibilità dei sistemi colturali se utilizzate come colture da copertura, consentendo una più integrale utilizzazione delle risorse native del sistema (radiazione solare, acqua di precipitazione, azoto atmosferico, organismi in genere, ecc.) e quindi

una riduzione degli input di energia esterna e dei rischi ambientali e sanitari connessi al loro uso.

Allo scopo di meglio conoscere le leguminose autoriseminanti vengono di seguito riportate alcune caratteristiche morfologiche, e biologiche indispensabili sia per il riconoscimento delle singole specie che per la loro introduzione in coltura pura.

## 1.2 Caratteristiche morfologiche

Le caratteristiche morfologiche più salienti delle specie foraggere sono: il portamento aereo della pianta nel suo insieme, la presenza o meno di peluria sul culmo o stelo o foglie, l'aspetto e la conformazione delle stipole, la disposizione delle foglie, la forma e la marginatura delle stesse, i caratteri esteriori ed interni del frutto e gli odori emanati in seguito allo stropicciamento delle foglie o stelo.

Le leguminose, come le graminacee, possono avere un portamento eretto, come nell'erba medica, nel *Trif. violetto*, ecc; semieretto come in *Trif. stellatum*, oppure strisciante come in *Trif. repens*, in molti *Trif.* sotterranei ed altri. Le leguminose possono essere annuali (la maggioranza) o perennanti. Sono perennanti l'erba medica, il *Trif. repens*, il *Trif. fragiferum*, il *Trif. pratense*, alcuni ginestrini ed altri. Nel caso in cui su di esse viene esercitato il pascolamento, il portamento della pianta è un carattere di scarso rilievo, perché le piante in queste condizioni tendono ad assumere andamenti striscianti.

Molte leguminose sono ricoperte nelle loro parti vegetative da peluria, altre in modo parziale, oppure possono essere completamente glabre cioè prive di peluria. La pelosità può essere rada, con peli lunghi eretti (patenti), oppure aderenti al tessuto di base (appressata), fitta, fittissima, villosa, con gradazioni intermedie, spesso derivanti da piante più o meno esposte alla luce del sole.

Altro carattere morfologico è l'aspetto delle stipole, che, come sappiamo, sono delle appendici fogliari di varia forma e dimensione ubicate nel punto di congiungimento fra stelo e picciolo fogliare. Le stipole possono essere saldate al picciolo in lunghezze variabili fra specie e specie. Le stipole possono essere intere, più o meno ampie, con bordi lisci, lievemente sfrangiati, dentellati, oppure terminanti con un progressivo restringimento in apice acuto, rivolto spesso all'indietro; esse possono poi essere suddivise in elementi più o meno profondi, che prendono il nome di lacinie.

Altro carattere morfologico è la disposizione dei segmenti fogliari (foglioline) sul peduncolo o asse fogliare che contraddistingue diversi generi di leguminose.

Quando la foglia è intera, non suddivisa in altri segmenti, viene detta semplice, quando invece è costituita da 3 segmenti il gruppo che ne deriva viene denominato trifogliato. I generi di maggiore importanza appartenenti a questo gruppo sono rispettivamente il genere *Medicago* ed il genere *Trifolium*; foglie composte da 5 elementi (foglia imparipennata) danno origine al Genere *Lotus* e al genere *Tetragonobolus*; foglie composte da più di 5 segmenti, compresa la fogliolina terminale, che in alcuni casi può mancare,

caratterizzano i seguenti altri generi: *Astragalus*, *Hedysarum*, *Hippocrepis* ecc.

Un altro carattere morfologico è la forma della foglia e marginatura. Per quanto concerne la forma, distinguiamo i seguenti tipi di foglie: lanceolata, ovata, cordata, cuneata, romboidale, spatolata ecc.

Per ciò che riguarda la marginatura, il margine è intero quando il bordo presenta un decorso lineare senza incisioni, le quali possono essere seghettate, dentate, dentellate. La parte superiore della fogliolina può, a volte essere troncata o retusa ed avere al centro un piccolo prolungamento denominato mucrone.

L'infiorescenza è a racemo, tipica dei generi *Vicia*, *Medicago*, *Melilotus*, *Lathyrus*; il capolino sessile o pedunculato è tipico del genere *Trifolium*; per altri Generi le infiorescenze sono del tipo a fascetto o di fiori singoli o isolati.

Per ciò che riguarda il frutto, nelle specie annuali esso può permanere sul terreno per più mesi anche dopo la chiusura del ciclo vegetativo. Il legume a forma di baccello è tipico dei generi *Vicia*, *Lathyrus*, *Lotus*, *Tetragonobolus*.

In questi Generi il baccello alla maturazione lascia cadere i semi a terra. Nel Genere *Medicago* caratteristiche salienti del frutto sono la forma del legume, il senso orario o antiorario delle spire, le spire saldate fra loro o libere, la presenza o meno di denti, la disposizione di questi rispetto all'asse del legume.

### 1.3 Ciclo vegetativo, accrescimento e riproduzione

Caratteristica comune di queste specie è il ritmo di vegetazione di tipo autunno-primaverile; ciò le rende particolarmente adatte agli ambienti mediterranei, in cui possono costituire una preziosa fonte di foraggio di ottima qualità in questo periodo dell'anno. Il periodo vegetativo in particolari condizioni può raggiungere anche i 300 giorni all'anno, con un periodo di effettivo pascolamento che si può valutare sui 180-200 giorni.

L'emergenza e l'insediamento delle piantine avviene in autunno, solitamente nel mese di ottobre: il cotico diviene rapidamente denso e uniforme. Questa fase è quella più delicata di tutto il ciclo, in quanto si sviluppa la competizione sia intra che interspecifica per i fattori nutritivi e soprattutto per la luce di cui queste specie hanno una particolare esigenza. Come accennato, una caratteristica comune alle specie in questione è pure la loro capacità di fissare azoto attraverso microorganismi simbiotici specifici: per i trifogli e per le mediche, rispettivamente, *Rhizobium trifolii* e *R. meliloti*. La quantità di azoto fissato può giungere fino a 200 Kg/ha (in medica polimorfa). Di questa quantità una parte può essere messa a disposizione di altre specie (per esempio una graminacea seminata in consociazione) o rimanere nel terreno ad aumentarne la fertilità dopo che la pianta è morta. Uno dei fattori maggiormente legati alla colonizzazione delle radici da parte dei rizobi è l'acidità del terreno, dato che i batteri ne sono solitamente più sensibili rispetto alle piante. Per quanto riguarda la fioritura, tutte le specie considerate sono

longidiurne e quindi questa avviene in conseguenza dell'aumento della durata del fotoperiodo. In genere le mediche sono più precoci dei trifogli, ma il miglioramento genetico ha messo a disposizione diverse varietà con caratteristiche molto differenziate tra loro.

Caratteristica di queste specie annuali è la dormienza dei semi alla quale è affidata la loro sopravvivenza; questa peculiarità è certamente indispensabile perché consente, nelle condizioni naturali, il superamento di condizioni ambientali sfavorevoli. Dal punto di vista agronomico costituisce, invece, un ostacolo ai fini di una loro valida utilizzazione che è fondamentale legata alle possibilità di disporre di seme prontamente germinabile, per cui si avverte la necessità di superare gli ostacoli del processo germinativo del seme di queste specie spontanee pabulari, ai fini di una più razionale articolazione delle produzioni.

Una buona produzione di seme è condizione essenziale per assicurare la persistenza della coltura. All'inizio dell'estate, quando si instaurano condizioni di stress idrico, la pianta comincia a formare il seme ed a interrarlo. In pratica la pianta muore e la specie sopravvive alla stagione estiva sotto forma di seme nel terreno. Una caratteristica che contraddistingue il seme di queste piante è la «durezza», ossia l'incapacità di germinare se non dopo essere stato sottoposto per un discreto periodo di tempo ad oscillazioni di fattori ambientali (temperatura, luce, umidità ecc.). In questo modo si evitano delle germinazioni a fine estate in seguito a piogge isolate a cui fanno seguito nuovi periodi di siccità che farebbero morire le giovani piantine. I semi perdono gradualmente la loro durezza: nella Maremma toscana la

percentuale di semi duri in t. sotterraneo è stata vista passare da 60-65% (a luglio) a 30-35% (a settembre). Questo fenomeno è maggiormente riscontrabile nella medica (anche fino al 90% di semi duri). La durezza può durare molto a lungo, anche fino ad un anno, soprattutto nella medica, creando in questo modo nel terreno una elevata riserva di semi che germineranno solo negli anni futuri, aumentando così la persistenza della coltura. In genere per un buon reinsediamento sono necessari 5.000 semi/m<sup>2</sup> dei quali germinino almeno il 10% di mediche e il 40-70% di trifogli.

Gli ecotipi locali di leguminose autoriseminanti costituiscono un materiale di indubbio per le diverse tipologie di utilizzazione; questi ecotipi, infatti, sono dotati di una maggiore capacità competitiva rispetto alle specie introdotte artificialmente, in virtù della loro più elevata adattabilità alla irregolare e discontinua distribuzione pluviometrica stagionale. Le popolazioni naturali rappresentano una fonte preziosa di variabilità perché, essendosi differenziate in habitat diversi per clima, tipo di terreno, azione antropica, ecc., hanno sviluppato assetti genetici diversi per adattarsi a ciascuno di essi. Le popolazioni naturali, inoltre, sono costituite da una moltitudine di genotipi e questo offre loro la possibilità di essere flessibili al verificarsi del cambiamento d'ambiente.

## 2. LA DORMIENZA DEI SEMI

Le piante superiori, così come quelle inferiori, vivono dei periodi di apparente quasi completa inattività e tale condizione fa parte delle numerose e sofisticate strategie che esse mettono in atto per difendersi da condizioni ambientali sfavorevoli e per garantire la sopravvivenza della specie nel tempo. È noto come, nell'ambiente mediterraneo, sotto il dominio di condizioni climatiche caratterizzate da accentuata e prolungata assenza di precipitazioni, che può protrarsi per circa sei mesi (da marzo ad ottobre nel nostro emisfero e da novembre ad aprile nell'emisfero australe), la composizione floristica si sia evoluta manifestando una marcata frequenza di specie annuali rispetto alle poliannuali. Come è facile intuire, infatti, per superare lo stress idrico e termico dei mesi estivi e garantire la sopravvivenza, i meccanismi posti in essere dalle specie erbacee poliennali appaiono più vulnerabili delle specie annuali. Le piante perenni devono, anno dopo anno, variazioni climatiche, con la necessità di superare periodi in cui la temperatura scende a valori prossimi al congelamento. Questa strategia adattativa si può rinvenire sia a livello delle gemme, sia a livello del seme, prodotto ultimo della riproduzione sessuale costituito da tegumenti, dall'embrione e dalle sostanze di riserva variamente localizzate. Le piante annuali modulano opportunamente il loro ciclo vitale in modo da riprodursi e diffondere i propri semi prima dell'arrivo della stagione avversa.

Nel processo di formazione dei semi si susseguono numerosi cambiamenti morfologici, biochimici e fisiologici che determinano l'instaurazione dei

diversi stadi di maturazione. Lo stadio in corrispondenza del quale i semi acquisiscono la capacità di germinare varia a seconda della specie (Hamid *et. al.*, 1995; Miles *et. al.*, 1998) nonostante sia universalmente riconosciuto che la maturità fisiologica venga raggiunta quando i semi raggiungono il loro massimo peso secco (Bewley e Black, 1994; Samarah, 2005; Shaw e Loomis, 1950). I semi una volta completata la loro maturazione e dopo aver subito un processo di disidratazione tale da ridurre il loro contenuto d'acqua a percentuali molto basse, spesso inferiori al 10%, si staccano dalla pianta madre in una condizione di ridottissima attività metabolica. Tale stato di quiescenza, tipico dei semi "ortodossi", avrà durata variabile a seconda della specie e verrà interrotto dall'instaurarsi di condizioni ambientali favorevoli, necessarie perché avvenga la germinazione.

La quiescenza è un efficace strumento per assicurare la diffusione della specie ma in ambienti caratterizzati da stagionalità accentuata, con forti e anche poco prevedibili variazioni ambientali, però, non è sufficiente. Ecco allora, l'affermazione di un'altra strategia adattativa: La dormienza.

Un seme è definito "dormiente" quando non è capace di germinare per essendo perfettamente vitale e sottoposto a condizioni ottimali di umidità, temperatura, luce, ossigeno, ecc. richieste naturalmente per la germinazione. Questa impossibilità a germinare solitamente si instaura nel corso della maturazione del seme sulla pianta madre anche se non si conosce il momento esatto in cui ciò avviene.

Quindi, mentre nella quiescenza l'arresto dello sviluppo è imposto da condizioni ambientali sfavorevoli, nella dormienza è dovuto all'attivo ruolo di

fattori inibenti interni al seme, prodotti dall'interazione tra genotipo e ambiente, che impediscono la germinazione anche quando le condizioni ambientali risultano essere favorevoli. Nelle varie specie si sono evoluti, tra l'altro, diversi meccanismi di dormienza in relazione alla diversità del clima e degli habitat in cui esse vivono, cosicché il processo germinativo si innescherà quando le condizioni ambientali per lo stabilirsi di una nuova generazione di piante possono essere sostenibili. Le leguminose autoriseminanti esibiscono dormienza dei semi, nella maggior parte dei casi dovuta alla presenza di un involucro seminale duro ed impermeabile che impedisce l'entrata dell'acqua, gli scambi gassosi e l'emergere della radichetta (Ballard, 1973; Baskin e Baskin, 1998; Egley, 1995; Jha e Pal, 1992; Lodge, 1996).

Poiché le fasi successive alla germinazione, quando l'embrione cresce inizialmente a spese delle riserve accumulate nel seme e poi rapidamente diventa plantula capace di vita autonoma, sono le più critiche perché le più sensibili alle avversità dell'ambiente, il seme si è dotato della capacità di "prevedere" le condizioni ambientali che si verificheranno non solo al momento della germinazione ma soprattutto durante il periodo di sviluppo della plantula.

Ecco, quindi, che la dormienza realizza due fondamentali obiettivi:

- Evitare condizioni ambientali avverse alla sopravvivenza delle future plantule;

- Garantire la presenza costante nell'ambiente grazie ad una germinazione scalare della banca semi nel suolo.

Le probabilità di sopravvivenza e conseguentemente di diffusione aumentano ulteriormente quando semi provenienti dalla stessa pianta e a volte dallo stesso frutto, presentano periodi di dormienza di diversa lunghezza. Il fenomeno della dormienza assume aspetti molto diversificati a seconda della specie e questo fatto ha suscitato in molti ricercatori la necessità di classificare le varie situazioni in una casistica che a volte risulta molto complessa.

Diversi sforzi sono stati compiuti nel tentativo di fornire una valida classificazione della dormienza. Il primo sistema di classificazione venne formulato da Crocker nel 1916 che descrisse sette tipi di dormienza in base alla loro causa:

- Sottosviluppo dell'embrione;
- Impermeabilità dell'involucro seminale all'acqua;
- Resistenza meccanica degli involucri;
- Bassa permeabilità degli involucri ai gas;
- Blocco metabolico dell'embrione;
- Dormienza combinata;
- Dormienza secondaria.

Il lavoro di Crocker rappresentò uno stimolo importante per la continuazione della ricerca in questa direzione.

Una classificazione più dettagliata si deve a Marianna G. Nikolaeva (1967) che la sviluppò sulla base di una grande quantità di dati accumulati, molti dei quali furono ottenuti da sue ricerche.

La definizione dei vari tipi di dormienza si basava sulla connessione tra la causa della dormienza e le condizioni per interromperla. La Nikolaeva fu la prima ad usare sia termini che simboli numerici o formule allo scopo di semplificare la comprensione delle interrelazioni tra le differenti tipologie di dormienza.

Il sistema di classificazione distingue tre gruppi principali di dormienza:

- esogena (A);
- endogena (B e C);
- combinata.

Nel primo gruppo sono le proprietà delle strutture extraembrionali (tegumenti seminali, perisperma, endosperma, ecc.) ad interferire con la germinazione impedita, per esempio, dalla impermeabilità dei tegumenti all'acqua (dormienza fisica-A1), dalla presenza di fattori inibitori nel pericarpo (dormienza chimica-A2), da resistenza meccanica opposta dai tegumenti seminali alla crescita dell'embrione (dormienza meccanica-A3). Questi tipi di dormienza vengono interrotti da trattamenti diversi, quali, scarificazione, rimozione del pericarpo o dilavamento, rimozione del tegumento.

Il secondo gruppo include dormienza morfologica (B) e fisiologica (C), tipi di dormienza nei quali sono alcune caratteristiche dell'embrione ad ostacolare il

processo germinativo. La dormienza morfologica è causata da incompleto sviluppo dell'embrione ed è generalmente interrotta dalla stratificazione calda. Ci sono vari tipi di dormienza fisiologica, legati ad un particolare stato fisiologico dell'embrione, i quali differiscono nel grado di profondità. Si avrà, così, dormienza fisiologica profonda (C3), intermedia (C2) e non profonda o leggera (C1). Nel terzo gruppo, infine, fattori endogeni ed esogeni intervengono non più singolarmente ma in maniera combinata.

Un ulteriore contributo all'elaborazione del problema della dormienza del seme fu dato, infine, da C.C. Baskin e J.M. Baskin (1998) che utilizzarono il sistema di classificazione della Nikolaeva come modello e proposero uno schema semplificato che include cinque classi di dormienza:

- Dormienza Morfologica (MD);
- Dormienza Fisiologica (PD);
- Dormienza Morfofisiologica (MPD);
- Dormienza Fisica (PY);
- Dormienza Combinata (PY + PD).

Questo sistema risulta essere gerarchico, in quanto le cinque classi sono ulteriormente divise in livelli e tipi.

Nella dormienza morfologica, causata da un'incompleta differenziazione anatomica dell'embrione (*Ilex* spp., *Ranunculus* spp., *Viburnum* spp., *Pinus* spp., ecc.) quest'ultimo avrà bisogno di un determinato periodo di tempo, detto di "postmaturazione", per giungere al completo sviluppo. dal punto di vista filogenetico questo tipo di dormienza è considerata la più "antica"

poiché si ritrova non solo nelle Angiosperme meno evolute ma anche fra le Gimnosperme più “primitive” (Zamiaceae, Ginkgoaceae, Podocarpaceae e Taxaceae).

La dormienza fisiologica è invece la forma più diffusa sia nei semi delle Gimnosperme che nella maggior parte delle Angiosperme. Spesso semi vitali e morfologicamente maturi non riescono a germinare per immaturità fisiologica dell’embrione. Anche in questo caso è necessario un periodo di postmaturazione durante il quale vengono sintetizzate determinate sostanze promotrici o ne vengono neutralizzate altre che inibiscono la germinazione o comunque, viene acquisito un ulteriore differenziamento funzionale. Questo tipo di dormienza può interessare tutto l’embrione o solo parte di esso.

In diverse specie di *Paeonia*, *Lilium*, *Viburnum*, ecc., ad esempio è interessato solo l’epicotile (dormienza “epicotilare”): la germinazione inizia normalmente con l’emissione della radichetta, ma si arresta in tempi brevi, in quanto l’epicotile non svolge alcuna attività; riprenderà dopo 2-4 mesi di trattamento a basse temperature (4-10° C). In alcuni casi tale blocco fisiologico sembra essere causato dai cotiledoni e più precisamente dall’azione inibente dell’acido abscissico (ABA) che viene sintetizzato nei cotiledoni e successivamente rilasciato.

La dormienza fisiologica è quindi causata da caratteristiche inerenti l’embrione ma, diversamente da semi con dormienza morfologica, i quali potenzialmente possono germinare in ogni periodo dell’anno se i fattori ambientali diventano idonei alla crescita dell’embrione, quelli con dormienza fisiologica non possono germinare fino a quando non hanno ricevuto uno

stimolo o trattamento in grado di rimuovere la dormienza; gli stimoli potrebbero essere alte temperature in estate o basse temperature in inverno. Così, mentre i semi con dormienza morfologica possono essere stimolati a germinare da periodi relativamente brevi di favorevoli condizioni ambientali, anche molto prima che le condizioni siano stabilmente favorevoli all'insediamento delle plantule, con la dormienza fisiologica questo non può accadere. I semi con dormienza fisiologica, una volta usciti da essa, devono essere sottoposti a condizioni che promuovono la germinazione. Ne consegue che, potenzialmente, il momento per la germinazione può essere più facilmente controllato dai semi con dormienza fisiologica, piuttosto che da quelli con dormienza morfologica, facendo avvenire la germinazione solo all'inizio della stagione favorevole.

La natura chimica degli inibitori la germinazione può essere abbastanza semplice ( $\text{HCN}$ ,  $\text{NH}_2$ ,  $\text{C}_2\text{H}_4$ ) o particolarmente complessa (alcaloidi, acidi organici come l'ABA, lattoni saturi come la cumarina, oli essenziali, composti fenolici, tannini, ecc). Molti regolatori di crescita (gibberelline, chinetine, ecc.) possono agire sia come inibitori che come stimolanti a seconda della loro concentrazione. In alcuni casi sembra che la dormienza sia dovuta ad un equilibrio tra ormoni inibenti e ormoni stimolanti la crescita dell'embrione. Gli inibitori chimici, la cui localizzazione è difficile poiché l'area di origine spesso non corrisponde affatto all'area in cui essi agiscono, generalmente interferiscono con la germinazione bloccando reazioni enzimatiche o variando la pressione osmotica.

Un ruolo importante nel controllo della dormienza è da attribuire ad alcuni fitormoni che si comportano da promotori o inibitori della germinazione. Studi basati su applicazioni esogene di ormoni diversi hanno portato all'evidenza dell'influenza sulla dormienza da parte delle gibberelline, soprattutto nei cereali; nell'orzo, per esempio, innescano la germinazione in seguito a mobilitazione di materiali di riserva dell'endosperma (Bonnet e Varner, 1965) ma in altri casi la risposta all'ormone è diversa. Stesso ruolo delle gibberelline sembrerebbero avere le citochinine, anche se con minore efficacia, e l'etilene ( $C_2H_4$ ) il cui influsso stimolante sulla germinazione è stato testato, ma anche in questo caso, la sua influenza stimolante è variabile in rapporto alla specie.

Tra i più importanti inibitori della germinazione, invece, è da annoverare l'acido abscissico (ABA) che si concentra nel seme in maturazione durante la fase d'accumulo delle riserve con un picco della sua concentrazione che precede l'ingresso in dormienza. L'analisi dei mutanti nei quali veniva impedita la produzione di ABA mediante inibitori della sua biosintesi ha dimostrato che l'assenza o forte diminuzione di ABA determina l'assenza o forte riduzione dello stato di dormienza dell'embrione. Nella fase di disidratazione del seme, il contenuto di ABA diminuisce drasticamente e si mantiene a livelli molto bassi per tutta la durata della dormienza. L'ABA sarebbe quindi responsabile dell'ingresso in dormienza, ma non sarebbe necessario al mantenimento della stessa. In molti casi ha il potere di ostacolare quei processi metabolici necessari alla germinazione che prendono il via subito dopo l'imbibizione del seme, mentre in altri casi, come nel

*Chenopodium Album*, agisce invece nelle fasi terminali del processo germinativo.

In realtà quello ormonale è un tipo di controllo che opera grazie ad una serie di interazioni tra fattori metabolici ed ambientali le quali influenzano il tipo e la concentrazione dei diversi ormoni presenti nel seme.

In un seme la presenza di una forma di dormienza non ne esclude necessariamente la presenza di altre; è anzi frequente che la germinazione sia bloccata dal susseguirsi o dalla contemporanea presenza di più cause.

Per esempio, stati di dormienza fisiologica profonda, intermedia o leggera si possono instaurare in diversi tipi di embrioni non completamente sviluppati dal punto di vista morfologico. L'insediamento delle plantule avverrà solo se il periodo favorevole alla crescita dell'embrione prima e alla germinazione poi sarà seguito da condizioni favorevoli anche per la crescita delle plantule.

Nei climi con estati calde alternate ad inverni freddi, nella stagione autunnale possono verificarsi condizioni di temperatura e umidità tali da permettere la germinazione di semi con dormienza morfologica. Se questo avvenisse, quasi sicuramente le plantule andrebbero incontro a morte, uccise dal gelo, a meno che non fossero tolleranti alle basse temperature. Se, invece, i semi oltre ad avere dormienza morfologica, hanno anche quella fisiologica, la loro germinazione in autunno sarà impedita e rinviata alla fine dell'inverno o all'inizio della primavera successiva; tutto ciò può verificarsi anche in ambienti dove si alternano periodi umidi e periodi secchi, nel qual caso la germinazione è spostata all'inizio del periodo umido. La combinazione della dormienza morfologica con la dormienza fisiologica permette, quindi, la

sincronizzazione della germinazione e del primo accrescimento delle plantule con l'inizio della stagione favorevole.

Nel caso di dormienza fisica, la mancata germinazione è imposta dai rivestimenti che circondano il seme la cui struttura varia da specie a specie; l'embrione quindi, riprenderà ad essere attivo solo quando detti rivestimenti verranno eliminati o almeno scalfiti. Il tegumento seminale può arrestare il processo germinativo grazie a svariati meccanismi ma principalmente attraverso l'impermeabilità all'acqua e ai gas. L'impermeabilità dei tegumenti all'acqua, che si riscontra in alcune specie appartenenti a diverse famiglie di Angiosperme quali Fabaceae, Cucurbitaceae, Chenopodiaceae, Solanaceae, Malvaceae, Liliaceae, ecc., assicura un costante contenuto di acqua nell'embrione, condizione che ne favorisce in modo ottimale la conservazione. L'assorbimento dell'acqua (imbibizione) viene impedito dalla presenza di strutture diverse del tegumento: cuticola spessa, cellule del palizzata (macrosclereidi o cellule del Malpighi) che costituiscono lo strato cellulare più esterno dell'involucro seminale o cellule del testa (osteosclereidi) e quindi, fondamentalmente sostanze componenti strutturali dei diversi strati dell'involucro seminale (tannini, grassi, cere, pectina, lignina, emicellulose, suberina, cutina, callosio, fenoli).

I semi impermeabili all'acqua sono detti "duri" e il grado di impermeabilità oltre che dalla specie, dipende molto dalle condizioni ambientali che si verificano durante la maturazione del seme, come è dimostrato dalla differenza di permeabilità di semi della stessa specie fatti crescere a latitudini

e/o altitudini diverse. In certi casi anche la taglia del seme influisce, visto che semi più grossi diventano permeabili più velocemente.

La “durezza” può essere considerata un adattamento che permette al seme il prolungamento della sua vitalità ed una sua distribuzione nel tempo poiché semi impermeabili rimangono a lungo vitali e, in seguito a determinate condizioni, sono in grado di tornare nuovamente permeabili e quindi germinare in tempi successivi. I tegumenti possono impedire, oltre l'ingresso dell'acqua anche lo scambio dei gas cioè l'ingresso di ossigeno ed il rilascio di anidride carbonica. Parte delle numerose reazioni chimiche che si innescano nel periodo di transizione dalla quiescenza alla germinazione del seme sono di tipo ossidativo. In alcuni casi la rimozione degli involucri seminali consente all'embrione dormiente di germinare immediatamente proprio grazie al contatto con l'ossigeno atmosferico.

La bassa permeabilità all'ossigeno ed ai gas in generale è causata o dalla presenza di uno strato di mucillagini imbibite attorno o all'interno del tegumento (es. *Sinapis*) o dal consumo di ossigeno da parte del tegumento stesso che, così, ne riduce la quantità disponibile per la respirazione dell'embrione o dalla presenza di composti fenolici sempre a livello del tegumento, che bloccano l'afflusso a livello dell'embrione. Quest'ultimo caso si riscontra nei cereali, dove gli involucri (pericarpo e tegumenti), benché costituiti da cellule morte, formano una barriera al passaggio dell'ossigeno verso l'embrione per la presenza al loro interno di composti fenolici che, sotto l'azione delle polifenossidasi, fissano una buona parte dell'ossigeno in

transito (la temperatura influisce notevolmente sul fenomeno in quanto direttamente correlata con l'ossidazione dei composti fenolici).

A volte il mantenimento della dormienza è dovuto non tanto al mancato ingresso di ossigeno bensì al mancato rilascio di anidride carbonica, prodotto di rifiuto della respirazione embrionale; in questo caso si può parlare di un effetto inibitore da parte di una sostanza chimica.

Spesso, comunque, il blocco della germinazione è provocato dall'interazione di uno o più fattori causanti i meccanismi di dormienza descritti in precedenza. I fattori che determinano la dormienza ed il momento in cui essa si instaura sono ancora poco conosciuti, ma fondamentalmente sono di tipo genetico e ambientale. Tra i fattori ambientali la temperatura influisce nettamente sul contenuto di umidità del seme e quindi sulla sua permeabilità. Vi sono specie che hanno bisogno di temperature elevate ed altre che invece necessitano di temperature più basse perché venga indotta la dormienza; per altre ancora è l'escursione termica giornaliera (termoperiodo) o la durata del periodo di luce (fotoperiodo) ad essere determinante, soprattutto in corrispondenza di una data fase della maturazione.

Il seme, poi, è capace di recepire le condizioni ambientali sussistenti attraverso vie di percezione diverse: per esempio la presenza o assenza dell'acqua viene misurata attraverso variazioni del suo grado di imbibizione mentre le alte temperature vengono recepite in seguito a modifica delle proprietà delle membrane del seme stesso.

Così come l'instaurazione della dormienza dipende da fattori quali temperatura, luce, strutture di rivestimento del seme, ecc. la variazione degli

stessi fattori, in condizioni naturali, favorisce la sua interruzione e quindi l'inizio della germinazione. Esempio tipico dell'associazione tra fluttuazioni della temperatura e stimolo alla germinazione è dato dalle specie da pascolo poiché i loro semi, una volta maturi cadono sulla superficie del terreno e lì sono esposti a variazioni giornaliere della temperatura spesso di notevole entità.

Mentre in autunno la percentuale dei semi germinati è bassa a causa della scarsa esposizione a temperature basse, in primavera, dopo il freddo dell'inverno in seguito ad alcuni giorni di temperatura mite e notti fredde, germinerà un'alta percentuale di semi. Si ritiene che le fluttuazioni della temperatura influiscano o a livello biochimico, forse attraverso il passaggio da forme inattive a forme attive di enzimi coinvolti nelle reazioni utili all'inizio del processo germinativo, o a livello strutturale, in quanto il seme così stimolato è indotto ad un'espansione fisica seguita da una contrazione del tegumento che provocherebbe fratture e la conseguente imbibizione. La risposta al variare della temperatura è da considerarsi come una vera e propria forma di adattamento che si è evoluta in sintonia con habitat diversi e risulta, inoltre, essere estremamente flessibile poiché varia non solo da specie a specie ma anche da popolazione a popolazione oltre che di anno in anno .

Ciò che ancora non si è riusciti a decifrare è la base fisiologica di questo inscindibile legame temperatura-germinazione.

## 2.1 Interruzione della dormienza in natura

In natura la degradazione anche parziale dei tegumenti, in modo da realizzare fessurazioni anche locali che annullino la loro azione inibitrice può avvenire con differenti modalità.

- Degradazione nel terreno da parte di funghi e batteri:

l'attività biologica di funghi e batteri può talora provocare rotture a livello del tegumento dei semi duri, come osservato in semi di *Thlaspi arvense*, *Galium bifolium* e *Hydrophyllum fendleri* (Pelton 1956, cit. Fulbright, 1987). Questi organismi idrolizzano i polisaccaridi ed altre componenti del tegumento, ammorbidendoli in modo che l'acqua possa penetrare nell'embrione. Possono passare diverse settimane o anche dei mesi, prima che i tegumenti del seme siano demoliti per attività biologica.

- Aggressione da parte dei succhi digestivi degli animali che si cibano dei frutti contenenti i semi o passaggio attraverso il canale digerente degli uccelli (scarificazione meccanica):

in questo caso l'eliminazione dei semi con le feci garantisce anche una buona dispersione, lontano dalla pianta madre. In alcuni casi anche alcuni roditori possono rimuovere lemma, palea e pericarpo in semi presenti nelle zone desertiche, stimolandone così la germinazione (McAdoo, 1983, cit. da Fulbright 1987).

- Azione abrasiva esercitata sui semi da parte delle particelle di terreno (scarificazione meccanica):

ad esempio, una ipotesi relativa alla modalità con cui la dormienza dei semi di *Oryzopsis hymenoides* venga in natura interrotta, è rappresentata dalla possibilità che i semi vengano naturalmente scarificati per effetto dell'azione abrasiva esercitata dai granelli sabbiosi fino a quando lemma e palea vengono erosi (Young *et al.*, 1983 cit. da Fulbright, 1987).

- Alternanza di gelo-disgelo:

nelle zone temperate l'azione di abrasione e fessurazione dei tegumenti è molto spesso affidata a questo meccanismo che si verifica durante l'inverno. Si tratta in questo caso di semi maturati e dispersi a inizio autunno, quando le condizioni ambientali potrebbero garantire la germinazione ma la giovane pianta che ne deriverebbe, ancora molto fragile ed in attiva crescita, sarebbe uccisa dai primi freddi invernali.

- Calore generato dal fuoco:

Il fuoco ha una grande influenza sulla dinamica delle comunità vegetali di tutto il mondo e in particolare negli ecosistemi di tipo Mediterraneo dove gli incendi costituiscono o un evento occasionale o talvolta una pratica agricola, colpendo quindi non solo ambienti naturali, ma anche aree coltivate.

Gli incendi sia di origine naturale che antropica, hanno conseguenze che sono chiaramente visibili sulla vegetazione, mentre meno visibili e meno conosciuti sono gli effetti sulla banca semi.

Molti studi hanno confermato la promozione della germinazione dei semi presenti nella banca semi del suolo dopo il passaggio del fuoco (Sabiiti and Wein, 1987; Mballo, e Witkowski, 1997).

Le principali cause fuoco-dipendenti che possono influire sulla germinazione dei semi sono:

- lo shock termico (Keeley, 1994; Nunez e Calvo, 2000);
- le variazioni del regime luminoso (Bell *et al.*, 1999; Trabaud e Renard, 1999);
- il fumo (Keeley e Fotheringham 1998; Staden *et al.*, 2000);
- le ceneri (Reyes e Casal, 1998, Henig-Sever *et al.*, 1996).

Il fuoco può interrompere:

- la dormienza embrionale (primaria), influenzando processi fisiologici embrionali.
- la dormienza tegumentale (secondaria) fessurando il tegumento dei semi duri e consentendo la penetrazione dell'acqua e dei gas presenti nell'ambiente circostante.

Tra i vari fattori indicati, l'interruzione della dormienza tegumentale è certamente dovuta allo shock termico; lo shock termico provocato dal passaggio del fuoco è in effetti uno dei fattori naturali che può promuovere la germinazione (Oba, 1990; Tarrega *et al.*, 1992; Cox *et al.*, 1993).

La penetrazione del calore nel suolo dipende dalle caratteristiche del fuoco (intensità e durata) e del suolo (tessitura, sofficità, sostanza organica, umidità, ecc.); Tuttavia, alte intensità possono determinare l'incenerimento dei semi (specie quelli posti in prossimità della superficie), mentre basse intensità possono non essere sufficienti ad intaccare il loro tegumento (Brown, 1993; Van Staden *et al.*, 1994).

Esposizioni a temperature di 80-100 °C hanno interrotto la dormienza di diversi legumi in savane tropicali di eucalipto nell'Australia nord occidentale, mentre temperature superiori a 120 °C si sono rivelate letali (Williams *et al.*, 2003, Williams *et al.*, 2004).

Naturalmente quello che in natura rappresenta un efficace adattamento per la dispersione temporale della specie (germinazione scalare dei semi), nelle coltivazioni viene eliminato mediante processi di condizionamento della fisiologia del seme e dell'evoluzione dei processi germinativi (vernalizzazione) oltre che mediante interventi genetici e tecnici.

I semi di interesse agronomico non solo vengono seminati in condizioni di crescita favorevoli ma, contrariamente a ciò che avviene in natura, vengono anche selezionati e pretrattati poiché gli obiettivi primari sono una germinazione veloce e simultanea e la produzione di semenzali con caratteristiche morfologiche possibilmente omogenee.

## 2.2 Interventi tecnici per il superamento della dormienza

Diversi trattamenti meccanici, fisici e chimici, sono stati adottati per assicurare la pronta germinazione; i semi manifestano risposte diverse in funzione del trattamento ed è opportuno usare cautela perché i trattamenti non danneggino l'embrione e quindi ne compromettano lo sviluppo.

### 2.2.1 Trattamenti meccanici

I trattamenti meccanici rappresentano degli interventi tecnici che comportano scarificazione del tegumento seminale. Chiamasi “scarificazione” qualunque processo di rottura, incrinatura, alterazione meccanica o rammollimento degli involucri seminali che rende i semi permeabili all'acqua ed ai gas.

La scarificazione non deve essere eccessivamente spinta, in quanto ciò comporterebbe danni ai semi. E' possibile individuare la durata e l'intensità del trattamento più efficaci, determinando la germinabilità di un piccolo campione di semi, oppure osservandone il tasso di rigonfiamento, dopo averlo posto su un substrato umido, ovvero esaminando direttamente con una lente i tegumenti seminali. Questi dovranno comparire leggermente intaccati ma non incrinati o rotti al punto da esporre le parti interne del seme.

### Scarificatori meccanici

Per operazioni su larga scala vengono adottati speciali scarificatori meccanici. Lo scarificatore è rappresentato in genere da un tubo del diametro di 5 cm ed altezza di 10 cm, rivestito con carta abrasiva contro la quale i semi vengono proiettati a mezzo di una corrente d'aria compressa, prima di cadere sul fondo del cilindro. Per garantire una sufficiente scarificazione, generalmente i semi vengono ripetutamente sottoposti al trattamento.

In semi di *Trifolium subterraneum* scarificati meccanicamente per 2 minuti a differenti pressioni d'aria, sono state osservate abrasioni del tegumento, in particolar modo nella zona del seme maggiormente ricurva e sopra la radichetta e piccole fratture nel tegumento (Ballard e Grant Lipp, 1965); relativamente pochi semi vengono danneggiati da tale trattamento. L'effetto della scarificazione meccanica sul rivestimento del seme può chiaramente variare in funzione della dimensione del seme stesso, da un effetto nullo, a piccole raschiature ed intaccature, ad ampie fratture, ovvero ad una completa rimozione del tegumento nel caso di semi di dimensioni maggiori. Lo strofiolo e l'estremità del seme rappresentano le due zone maggiormente interessate dall'azione dello scarificatore meccanico.

Tale trattamento si presenta di rapida esecuzione rispetto alla scarificazione con carta vetrata eseguita manualmente ed è più sicuro rispetto al trattamento con acido solforico.

### Scuotitori meccanici

Un secondo tipo di scarificazione meccanica si ottiene agitando i semi (in lotti di 200/300) all'interno di particolari scuotitori meccanici. Questi consistono in genere di contenitori di alluminio aventi un diametro di 5 cm ed altezza di 2 cm circa. L'ampiezza delle oscillazioni rimane in genere costante mentre la forza di ciascuna oscillazione varia con la velocità risultando maggiore all'aumentare di questa. I semi in tal modo scarificati appaiono lucidi, ma nessun segno risulta essere visibile sul tegumento seminale né alcuna fessurazione o crepacciatura, come dimostrato in *Trifolium subterraneum* (Ballard e Grant Lipp, 1965).

## Altri

Per eliminare gli inconvenienti legati allo scuotimento, sono disponibili alcune macchine nelle quali i semi vengono fatti cadere su un piatto ruotante flangiato radialmente e quindi lanciati contro una parete periferica verticalmente nervata. Le macchine differiscono per numero di giri per minuto, tipo di bordatura del disco e nervatura della parete così come per l'efficienza dell'operazione (Hamly, 1932). Per modeste quantità di seme di dimensioni relativamente grosse, si adottano sistemi molto semplici, quali l'abrasione con carta vetrata, lo sfregamento con una lima, la rottura del tegumento con un martello o tra le guance di una morsa.

In alcune specie leguminose arboree, caratterizzate da semi duri e impermeabili, quali *Acacia xanthoploea*, *Brachystegia spiciformis*, si è talora rivelato utile ed efficace eseguire una incisione con pinze taglienti in corrispondenza dell'estremità micropilare. (Kariuki e Powell, 1988)

## 2.2.2 Trattamenti fisici

### Ammollamento

L'ammollamento in acqua calda o a temperatura di ebollizione costituisce un trattamento largamente adottato per la scarificazione dei semi duri di leguminose. In molti casi, tuttavia, tale trattamento si è rivelato meno efficace rispetto alla scarificazione meccanica ed a quella acida.

Brant *et al.* (1971) hanno eseguito una prova su *Coronilla varia*, immergendo i semi per 15 o 30 secondi e per 1 o 5 minuti in acqua distillata mantenuta a ciascuna delle seguenti temperature: 50°, 70° e 100° C. Il trattamento a 100° ha determinato una notevole e significativa riduzione nella percentuale di semi duri, ma esposizioni superiori al minuto hanno provocato la morte quasi totale del lotto di semi; con 50° e 70° C si è verificata solo una lieve riduzione del contenuto di semi duri.

Trattamenti in acqua bollente sono stati eseguiti da Gray (1962), Bogdan (1966) e Newhouse (1968) (cit. da Phipps, 1973) su semi di *Leucaena glauca*, *Glicine javanica* e *Stylosanthes gracilis* con incrementi di germinazione del 92, 10 e 60% rispettivamente.

Analogamente in semi di *Acacia* spp. immersi per 6, 12 e 24 ore in acqua appena prossima al punto di ebollizione ed ivi lasciati a raffreddare per 6, 12 e 24 ore, la percentuale di semi germinati ha raggiunto valori del 62,3 - 53,5 e 58% rispettivamente, contro il 4,5% del testimone non trattato; il trattamento tuttavia, ha incrementato il numero dei semi morti e di plantule anomale. Risulta chiaro come la durata dell'esposizione al trattamento debba essere

opportunamente controllata, cioè sufficientemente lunga da garantire la massima risposta con il minimo danno (Kariuki e Powell, 1988).

L'immersione in acqua bollente comporterebbe una differente espansione termica, la quale determina una separazione delle cellule colonnari dello strato di macroscleridi, consentendo l'ingresso dell'acqua (Brant *et al.*, 1971).

Horowitz e Taylorson (1984) suggerirono un possibile effetto dell'ammollamento in acqua calda sull'estrazione di sostanze impregnanti il tegumento seminale, quali tannini e lipidi e sulla distruzione di elementi strutturali responsabili della impermeabilità. Il trattamento dei semi in acqua bollente potrebbe inoltre causare uno shock termico sull'embrione e favorire il rilascio di inibitori solubili (Young *et al.*, 1984; cit. da Fulbright, 1987).

### Indurimento

Un trattamento largamente adottato su semi di diverse specie coltivate consiste nella loro imbibizione e successiva disidratazione, a temperatura ambiente, sino al raggiungimento del contenuto iniziale di umidità. Tale processo, il quale può essere iterato, prende il nome di "hardening" cioè indurimento. La rapida idratazione del seme comporta una più rapida e precoce germinazione e quindi, emergenza delle plantule (Berrie *et al.*, 1971; cit. da Saqui e Corleto, 1978); il seme "indurito" manifesta una aumentata capacità idrofila dei colloidali protoplasmatici ed una più idrofila viscosità ed elasticità del protoplasma. Henckel (1964, cit. da Saqui e Corleto, 1978) Chippendale (1933, cit. da Heidecker e Coolbear, 1977).

La relativa mancanza di riferimenti bibliografici riguardanti la tecnica dell'indurimento su semi di leguminose foraggere, testimonia tuttavia la scarsa validità del trattamento su questa specie.

#### Trattamento con freddo

Il trattamento a basse temperature rappresenta un metodo largamente adottato per interrompere la dormienza in semi di leguminose.

Midgley, nel 1926 (cit. da Busse, 1930), ha osservato che il congelamento ad una temperatura di  $-5^{\circ}\text{C}$  rendeva permeabili i semi di *Medicago sativa*.

Le basse temperature, tuttavia, risultano maggiormente efficaci allorché raggiungono valori negativi di  $-80^{\circ}\text{C}$ . In semi di *Melilotus alba* il congelamento con  $\text{CO}_2$  solida ( $-80^{\circ}\text{C}$ ) ha un effetto quasi nullo sulla impermeabilità tegumentale, mentre il congelamento in aria liquida ( $-190^{\circ}\text{C}$ ) ha un rilevante effetto senza arrecare danni. Per contro in semi di *Medicago sativa* il congelamento a  $-20^{\circ}\text{C}$  ha un effetto irrilevante, ma una temperatura di  $-80^{\circ}\text{C}$  rende quasi tutti i semi permeabili (Busse, 1930).

La durata dell'esposizione alle basse temperature non influisce sul tasso della germinazione. Se anche una rapida immersione in aria liquida risulta efficace per rendere i semi permeabili, tuttavia ripetute immersioni, dopo ciascuna delle quali i semi vengono riportati a temperatura ambiente, possono notevolmente incrementare la germinazione. Ad esempio in semi di *Melilotus alba* un singolo trattamento ha determinato una germinazione dell'86%, mentre 5 ripetuti trattamenti hanno fatto ottenere valori del 98%; dopo 20 successivi cicli tuttavia, la germinazione ha fatto registrare un valore dell'

85%, dimostrando, che al di sopra di un certo numero di trattamenti, non si manifestano più effetti positivi (Busse, 1930).

L'incremento di germinazione che si osserva successivamente al congelamento dei semi, risulta probabilmente connesso alla formazione di fratture minime nella membrana impermeabile. L'effetto del congelamento sembra si manifesti soprattutto durante le prime fasi del trattamento, sino a quando tutti i semi raggiungono la temperatura corrispondente a quella del gas liquido; successivamente è improbabile che continuino a verificarsi lesioni a carico dei tegumenti. Ciò risulta importante, poiché sarebbe sufficiente stabilire per ciascuna specie, il "tempo minimo" occorrente all'estrinsecarsi del massimo effetto utile. L'immersione di semi duri di *Coronilla varia* per una, due, tre e quattro volte in azoto liquido (-196°C) per 30 secondi o per uno, due, cinque minuti, con intervallo di un minuto tra una immersione e la successiva, ha conseguito una notevole riduzione della percentuale di semi duri (20% nella media dei trattamenti, contro il 60% del testimone non trattato), dimostrando che la durata delle immersioni ed il numero di queste non esercita alcun effetto (Brant et al., 1971).

Barton, nel 1947, con azoto liquido in *Melilotus alba*, ha dimostrato che quattro immersioni di 30 secondi ciascuna ad intervalli regolari di un minuto, sono più efficaci di un'unica immersione per cinque minuti. Se, i semi venivano immersi in acqua a temperatura ambiente prima e dopo ciascuna immersione in azoto liquido, la percentuale di germinazione raggiungeva valori del 97%, contro il 38% dei semi non sottoposti a tale procedura e lo 0% del testimone non trattato.

Pritchard *et al.*, (1988) hanno utilizzato azoto liquido su semi di *Trifolium arvense* seguendo diverse procedure:

- a) lento raffreddamento (semi in ampolle di 4 cm sospese al di sopra dell'azoto liquido per 15 minuti, prima della completa immersione);
- b) rapido raffreddamento per immersione diretta per 5 minuti;
- c) lento riscaldamento a temperatura ambiente;
- d) rapido riscaldamento in acqua a 40°C per 90 secondi.

I migliori risultati sono stati ottenuti con lento raffreddamento accoppiato al rapido riscaldamento, ed all'aumentare dei cicli di temperatura alternata (4-5).

Lo sviluppo della plantula successivamente al trattamento in azoto liquido non appare tuttavia sempre regolare. Il tipo di anomalia che più frequentemente viene riscontrato consiste nel distacco dei cotiledoni dall'asse embrionale per effetto della rottura del peziolo appena al di sotto di questi.

### Trattamento con calore

IL calore secco viene talora impiegato per ridurre la percentuale di semi duri in molte specie leguminose.

Lute, nel 1927, in *Medicago sativa* ha rilevato che una temperatura di 75°C per 3-6 ore risultava particolarmente efficace, determinando una germinazione del 94% e riducendo la percentuale di semi duri al 5%; i semi trattati non manifestavano alcuna perdita di vitalità dopo 5 mesi.

Nella stessa specie Staker (1925 cit. da Rincker, 1954), ha osservato che temperature di 60° e di 90°C risultavano egualmente efficaci, mentre temperature da 90° a 105°C con incrementi di 5°C, non manifestavano alcun effetto; la temperatura di 90°C per 4 ore, costituiva il “punto di morte” per i semi di erba medica. A tal proposito Martin e Cushwa, nel 1966 (cit. da Martin *et al.*, 1975), studiando l’effetto del calore sulla germinazione di semi duri di specie leguminose hanno costruito la curva di risposta al crescere della temperatura (Fig.1 Curva di germinazione Martin *et al.*, 1975) la quale prevede, un primo intervallo caratterizzato da una ridotta germinazione, un secondo in cui la germinazione si incrementa rapidamente, un terzo ove si mantiene costantemente elevata e ,infine, un ultimo in cui la germinazione si riduce rapidamente.

Holm, nel 1973, lavorando su semi duri di *Stylosanthes humilis* nel Nord Australia, ha adottato differenti temperature (40°, 55°, 75°, 95° e 115°C)

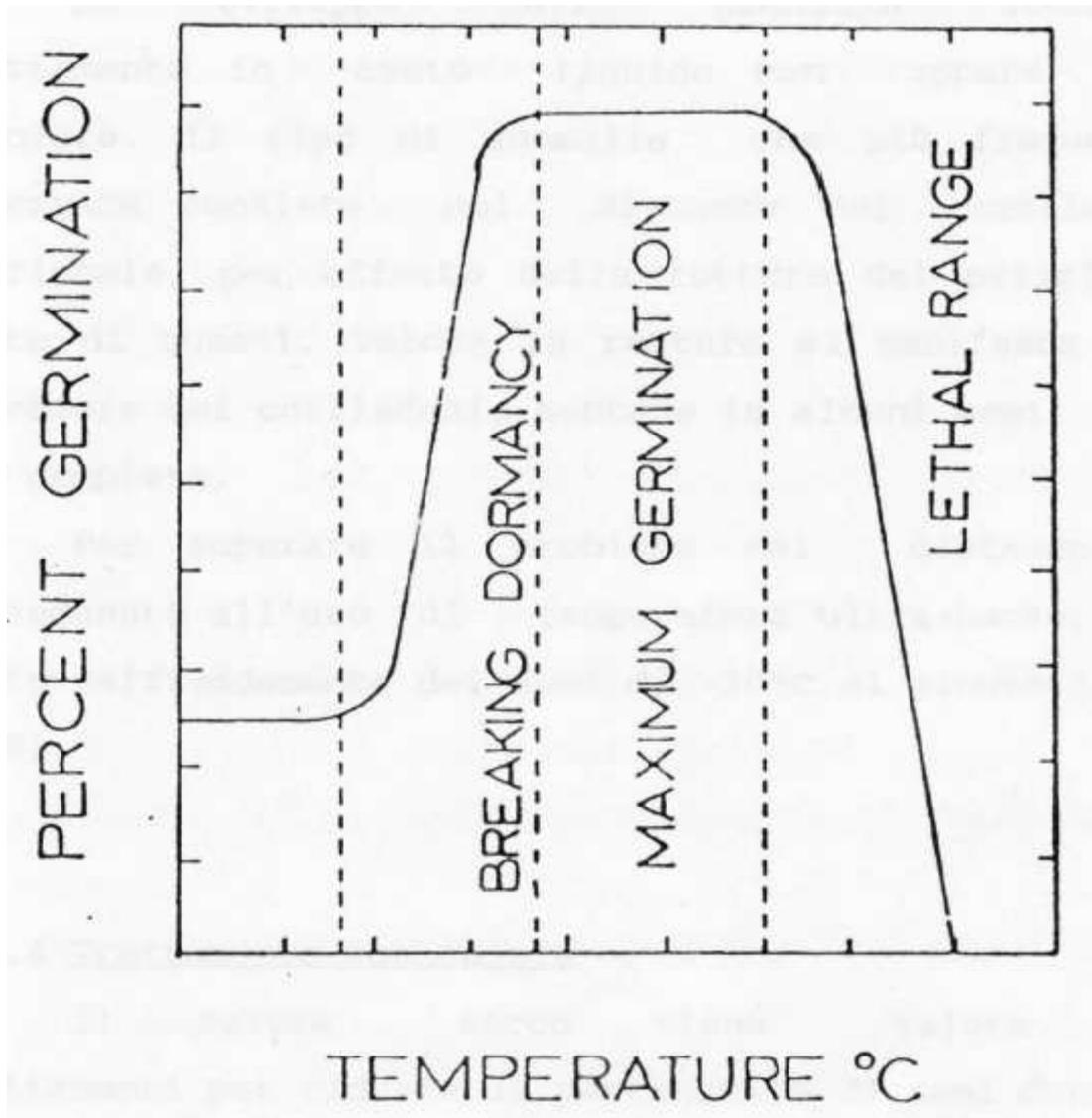


Fig.1 Curva di germinazione Martin *et al.*, 1975

combinare a differenti durate d'esposizione (12, 24, 36 e 48 ore). L'effetto più marcato sul livello di semi duri è stato esercitato dalle temperature del trattamento, in particolare da valori superiori a 55°C; Limitato, se pur significativo, è risultato l'effetto dipendente dalla durata del trattamento. Il massimo tasso di germinazione venne registrato con il trattamento a 95°C; la temperatura di 115°C risultò comunque letale. Pur essendosi rivelato utile, il trattamento con calore non venne commercialmente adottato per i lunghi tempi di esecuzione richiesti (2-6 ore).

Nel 1975, Martin *et al.*, hanno adottato il calore sia secco che umido su semi duri di alcune specie di leguminose normalmente scarificati dal fuoco. Il trattamento con calore secco venne eseguito ponendo i semi per 4 minuti in stufa a diverse temperature, oscillanti tra i 30°C ed i 110°C ad intervalli di 5°C. Il trattamento con calore umido alle stesse temperature, venne eseguito ponendo i semi in contenitori sospesi al di sopra di un bagno d'acqua. In entrambi i casi la dormienza venne interrotta da temperature uguali o superiori a 60°C; la massima risposta venne conseguita con una temperatura di 70°C nel caso del calore secco. Le varie specie, tuttavia, manifestarono una differente risposta germinativa ai trattamenti, rispondendo positivamente al calore secco, a quello umido o ad entrambi, ovvero non manifestando alcuna risposta.

L'esposizione per 4 minuti a temperature comprese tra 90°C e 110°C apparve comunque letale per tutte le specie in prova.

Segelquist, nel 1971 sottopose i semi di *Lespedeza cuneata* e *Desmodium pauciflorum* a temperature di 40°, 60°, 80°, 100°C per 1, 2, 4, 8, 16 e 32 minuti. I semi vennero avvolti con fogli di carta bibula, umidificati e ricoperti con fogli di alluminio, quindi posti in stufa alle temperature previste. Dai risultati ottenuti emerse un notevole incremento della germinazione all'incrementare della temperatura. Nel caso di *L. cuneata* fu sufficiente una esposizione di un minuto ad 80° e 100°C per stimolare la germinazione ma venne richiesta una esposizione di almeno 4 minuti per ottenere lo stesso risultato con una temperatura di 60°C; dopo 32 minuti a 100°C non si verificò alcuna germinazione. Risultati simili vennero ottenuti in *D. pauciflorum* per la quale, tuttavia, nessuno dei trattamenti a 100°C risultò proficuo.

In varie specie di *Stylosanthes*, la percentuale di semi duri è stata ridotta di oltre il 70% attraverso una agitazione dei semi su piatti metallici a temperature di 140°-150°C per 15-30 secondi (Mott e McKeon, 1979).

Sempre Mott e McKeon, 1979, sulla stessa specie sperimentando vari metodi di riscaldamento (lento, rapido, ovvero preceduto da precongelo in ghiaccio per 15 minuti) e raffreddamento (lento a temperatura ambiente oppure rapido in ghiaccio), osservarono come la più spinta riduzione del numero di semi duri associata alla più elevata mortalità veniva ottenuta con il trattamento prevedente il rapido riscaldamento dalla temperatura ambiente a temperature di 95°-105°C in stufa preriscaldata. La temperatura in corrispondenza della quale si verificava una maggiore riduzione nel contenuto di semi duri risultava quella di 95°C. Sulla base di tali dati gli autori proponevano l'applicazione commerciale del principio del calore; con l'uso di

accurati termostati e di cinghie semoventi senza fine a velocità regolabile in funzione del tipo di elementi caloriferi adottati, i semi potrebbero essere trattati rapidamente e facilmente.

Il trattamento con calore secco riproduce le stesse condizioni che si verificano in natura in estate sulla superficie del terreno, allorché i semi vengono esposti anche a temperature di 60°C per brevi periodi durante il giorno. Tali temperature causano delle fratture lungo il tegumento seminale al di sopra del micropilo, come è stato osservato in semi di *Rhus ovata*, leguminosa arborea (Washitani, 1988).

Il calore secco potrebbe stimolare la germinazione, oltreché attraverso la rottura del tegumento seminale, attraverso un possibile effetto fisiologico, ovvero per combinazione di entrambi (Fulbright, 1987).

### Stratificazione

I semi di diverse specie arboree e erbacee rilasciano lo stato di dormienza allorché posti a basse temperature (1°-15°C). Sebbene la dormienza venga in tal modo interrotta, la germinazione in genere non si realizza se non a temperature più favorevoli per il supporto di quei processi, biochimici e fisiologici, che promuovono l'emergenza dell'embrione dal seme. Tale trattamento viene indicato con il termine di "precongelamento" "postmaturazione a freddo" o "stratificazione". Quest'ultimo termine prende origine dalla procedura attuata in selvicoltura ed in orticoltura che consiste appunto nel disporre i semi su substrato umido (sabbia, carta filtro, vermiculite e torba) esponendoli a basse temperature per diverse settimane.

La bassa temperatura rappresenta un fattore di particolare importanza in quelle specie che vivono in climi ove la rigidità del freddo invernale risulta sfavorevole allo sviluppo della plantula, potendone compromettere la vitalità (Vegis, 1963, cit. da Vincent e Roberts, 1979). La prerefrigerazione è comunemente richiesta dai semi di specie arboree caratterizzati da dormienza embrionale; anche specie arboree ed erbacee i cui semi presentano una forma di dormienza dovuta al tegumento o una forma di dormienza secondaria rispondono al trattamento. Nel caso di semi “duri” risulta utile che l’embrione permanga in uno stato di imbibizione durante il pretrattamento (Come e Thèvenot, 1982).

Embrioni isolati da semi sottoposti a stratificazione, germinano allorché trasferiti a temperature più elevate, al contrario di embrioni nudi non stratificati; pertanto le basse temperature agiscono solo sull’embrione.

Temperature oscillanti tra 1° e 15°C sono risultate efficaci nell’interrompere la dormienza, ma le diverse specie differiscono relativamente all’intervallo di temperature maggiormente efficaci; nella gran parte dei casi, le temperature ideali risultano prossime a 5°C (Bewley e Black, 1982).

Molti agricoltori evitano stratificazioni troppo prolungate, poiché alcuni semi possono maturare in anticipo nel corso del trattamento con conseguenti danni meccanici durante la semina. La germinazione prematura risulta legata alla presenza di individui, all’interno di una data popolazione di semi, caratterizzati da un differente livello di dormienza. Nel corso del pretrattamento gli individui con un grado di dormienza più ridotto diventano

prontamente germinabili pur alle basse temperature (3°-5°C) (Edwards, 1986).

La prerefrigerazione risulta efficace solo sui semi inibiti. Allorché questi vengono stratificati, le basse temperature iniziano ad esercitare la loro azione solo quando l'imbibizione del seme risulta completa. Il tegumento seminale può esercitare un'influenza, in questo caso, impedendo l'ingresso dell'acqua. Allorché ciò si verifica, parte del periodo di stratificazione verrà impiegato esclusivamente per raggiungere un adeguato livello di idratazione dell'embrione. Ad esempio, in semi di *Acer Saccharum* la rimozione del pericarpo e la rottura del testa prima della prerefrigerazione, riducono il periodo di stratificazione necessario da 60 a 20-40 giorni circa. Tale fenomeno viene dunque attribuito ad un'azione di ostacolo all'ingresso dell'acqua, esercitata dai tessuti di rivestimento (Webb *et al.*, 1969, cit. da Bewley e Black, 1982).

La durata del trattamento a basse temperature, necessario per interrompere lo stato di dormienza, dipende anche dalla provenienza del seme. In *Fraxinus excelsior*, ad esempio, semi provenienti da latitudini con inverno prolungato e più rigido richiedono un periodo di freddo più lungo rispetto a semi provenienti da regioni ad inverno più mite (Varasova, 1956, cit. da Bewley e Black, 1982).

La maggior parte dei semi che richiedono il freddo sono ricchi di grassi e proteine, mentre contengono poco amido (Nikolaeva, 1969, cit. da Salisbury e Ross, 1984); durante l'esposizione al freddo in genere l'embrione si accresce notevolmente in seguito al trasferimento di composti del carbonio e dell'azoto

delle cellule in cui si sono accumulate le sostanze di riserva; si ha quindi un accumulo di zuccheri che potrebbero essere necessari quali fonti energetiche e per il richiamo osmotico dell'acqua, determinando successivamente la germinazione, un aumento di proteine e infine compare l'amido.

In semi di pesco sono stati osservati marcati cambiamenti nel contenuto di amonioacidi, acidi organici e fosfati durante la stratificazione (Flemion *et al.*, 1960; cit. da Mayer e Poljakoff-Mayber, 1975).

Durante la stratificazione si verificano alcuni cambiamenti all'interno del seme; è stato ad esempio osservato un aumento del numero di cellule dell'asse dell'embrione, del suo peso secco e della lunghezza totale; sembra che durante la postmaturazione si incrementino le riserve energetiche dell'embrione (Pollock *et al.*, 1959; cit. da Mayer e Poljakoff-Mayber, 1975).

Alcuni enzimi, quali catalasi e perossidasi hanno manifestato cambiamenti della concentrazione durante il pretrattamento a freddo; questi cambiamenti potrebbero essere la diretta causa del rilascio della dormienza, ma sembra più probabile che siano il risultato di altri cambiamenti all'interno dei semi.

Durante la stratificazione, anche il bilancio ormonale tra inibitori e promotori della crescita manifesta considerevoli cambiamenti; il livello di acido abscissico precipita in semi di *Corylus avellana* e *Fraxinus americana*. In taluni casi le esigenze in basse temperature possono essere sostituite con un trattamento con acido gibberellico. E' pertanto probabile che in alcuni casi il risultato della stratificazione sia appunto la formazione di acido gibberellico, possibilmente attraverso una induzione della sua biosintesi; in altri casi la

prerefrigerazione induce la formazione di citochinine (Khan, 1971; cit. da Salisbury e Ross, 1984; Mayer e Poljakoff-Mayber, 1975).

In diversi casi non è stato osservato alcun cambiamento fisiologico o biochimico all'interno del seme durante la stratificazione, ma l'evidenza che prima del trattamento il seme non può germinare e successivamente a questo germina, dimostra come cambiamenti interni siano avvenuti pur non individuando quale evento metabolico sia direttamente implicato.

### Alternanza delle temperature

Il primo riferimento sull'effetto dello stimolo indotto dalle fluttuazioni giornaliere della temperatura nell'interrompere la dormienza, viene attribuito a Von Liebenberg il quale nel 1884 pubblicò i risultati dei suoi studi condotti su *Poa pratensis*; si conoscono molte altre specie i cui semi imbibiti reagiscono favorevolmente alle fluttuazioni della temperatura.

Non è tuttora chiaro se queste fluttuazioni influenzino l'interruzione della dormienza o altri aspetti della germinazione; in taluni casi, infatti, l'alternanza delle temperature sembra agire preminentemente sul tasso e sulla uniformità della germinazione, in diversi altri sulla dormienza imposta dai tessuti di rivestimento del seme.

Molte ricerche hanno dimostrato come trattamenti con temperature alternate inducano la permeabilità in semi duri di leguminose: Ueki e Suetsugu, (1958) in *Astragalus sinicus* L.; Barrett-Lennard e Gladstones (1964), in *Ornithopus compressus* L., Quinlivan (1961) in sei diverse specie leguminose, Robinson (1960) in *Trifolium repens* L.

Il processo di ammorbidimento dei semi duri di ciascuna specie non ha inizio sinchè l'ampiezza della fluttuazione di temperatura o la temperatura massima non raggiunge un certo livello, il quale varia in funzione della specie; al di sopra di questo livello, la percentuale di germinazione aumenta, all'aumentare delle fluttuazioni, sino ad un massimo superato il quale, fluttuazioni più ampie o temperature massime più elevate non forniscono alcun incremento significativo (Quinlivan, 1966).

Relativamente al meccanismo attraverso il quale i semi duri divengono permeabili successivamente alla esposizione a temperature alternate, si ritiene che le continue espansioni e contrazioni del testa che accompagnano l'innalzamento e l'abbassamento della temperatura possano causare delle fratture a livello tegumentale (Hagon, 1971). L'alternanza delle temperature rappresenta un complesso fattore che manifesta almeno 6 attributi. (temperatura massima, temperatura minima, ampiezza dell'oscillazione termica, durata di esposizione alla temperatura massima e minima, numero di cicli).

In genere, un incremento della germinazione viene indotto dall'aumento del numero di cicli di temperature alternanti sino ad un massimo (Bewley e Black, 1982).

### 2.2.3 Trattamenti chimici

#### Sostanze ormonali

Studi condotti sugli ormoni vegetali hanno chiaramente dimostrato come sia la dormienza che la germinazione siano sotto il pieno controllo degli ormoni; in genere le concentrazioni di auxine e gibberelline sono relativamente alte durante la maturazione del seme, ma in alcune specie uno o entrambi gli ormoni mostrano un marcato declino, imponendo in tal modo una condizione di dormienza (Pillay, 1966; cit. da Amen, 1967); questo tipo di dormienza si verifica nei semi contenenti endosperma. In questi casi la germinazione risulta legata ai processi idrolitici dell'endosperma i quali solubilizzano gli zuccheri in modo da renderli disponibili per l'embrione (Van Overbeek, 1966; cit. da Amen, 1967).

La capacità di varie sostanze di crescita e naturali aventi una funzione regolatrice nella pianta di indurre, allorché applicate ai semi, l'interruzione della dormienza e di promuovere la germinazione, risulta di particolare interesse in quanto fornisce un utile indizio per meglio comprendere i possibili meccanismi di dormienza del seme (Bewley e Black, 1982).

Le gibberelline vengono implicate nella germinazione di diversi semi dormienti, in particolare di quelli che necessitano di luce, postmaturazione o prerefrigerazione; in questi casi, applicazioni esogene dell'ormone inducono la germinazione in semi altrimenti dormienti (Paleg, 1962, cit. da Amen, 1967; Frankland, 1961). Le gibberelline si presentano in diverse modificazioni molecolari, tra cui una delle più adottate sperimentalmente e

commercialmente è il GA<sub>3</sub> (Acido gibberellico) a concentrazioni generalmente comprese tra 10<sup>-5</sup> e 10<sup>-3</sup> M.; miscele di GA<sub>4</sub> e GA<sub>7</sub> risultano efficaci a concentrazioni inferiori rispetto a quelle di GA<sub>3</sub> (Bewley *et al.*, 1982).

Le concentrazioni di GA necessarie, tuttavia possono variare considerevolmente in funzione di specie, varietà, grado di dormienza e condizioni di conservazione del seme (Yen e Carter, 1972; cit. da Heydecker e Coolbear, 1977 in sorgo; Jaynes, 1971; cit. da Heydecker e Coolbear, 1977 in *Kalmia latifolia* L.; Juntilla, 1977 in *Dactylis glomerata*).

Quando comunque, la concentrazione supera gli 800 ppm, è consigliabile aggiungere una soluzione tampone.

La citochinina influenza la germinazione dei semi, in particolar modo in quelle specie caratterizzate da esigenze di luce.

Khan nel 1971 attribuisce alle citochinine un ruolo nel consentire alle gibberelline l'esplicazione del loro effetto di stimolo sulla germinazione, nonostante la presenza di sostanze inibitrici. Tra le citochinine sintetiche adottate sperimentalmente, figurano la benzyladenina e la chinetina; inoltre, composti come la tiourea e la defenilurea mostrano attività citochininiche. La tiourea, CS(NH<sub>2</sub>), in soluzione dallo 0,5 al 3%, viene adottata per semi che non germinano bene al buio o ad elevate temperature o che richiedono una stratificazione al freddo umido; la chinetina (6-furfurilaminopurina 2,3x10<sup>-5</sup> M.) per semi termodormienti (Gray e Steckel, 1977).

La dormienza di semi di molte specie vegetali viene interrotta da trattamenti con etilene (C<sub>2</sub>H<sub>4</sub>), fornito sia direttamente sottoforma gassosa ovvero tramite

prodotti chimici che rilasciano la sostanza, come l'Ethrel (acido 2-cloroetilfosfonico) (Ketring, 1977; cit. da Bewley e Black, 1982).

L'avvento delle tecniche di gascromatografia ha reso possibile osservare come diversi semi producano etilene in natura durante il processo germinativo, dimostrando in tal modo la possibilità che la produzione di etilene da parte di semi imbibiti possa contribuire all'interruzione dello stato di dormienza (Toole et al., 1964; cit. da Esahi e Leopold, 1969; Esahi e Leopold, 1969 in *Trifolium subterraneum*; Ketring e Morgan, 1969; cit. da Bewley e Black, 1982 in *Arachis hypogea* Adkins e Ross, 1981 in *Avena fatua*).

I semi di gran parte delle specie che rispondono al trattamento, manifestano interazioni tra etilene e luce per cui l'effetto del gas presente nel terreno sui semi dormienti potrebbe rivestire una considerevole importanza ecologica (Bewley e Black, 1982).

### Scarificazione acida

La scarificazione chimica con acido solforico ( $H_2SO_4$ ) rappresenta il metodo di scarificazione più diffuso.

L'efficacia del trattamento dipende dalla sua durata e dal grado di impermeabilità del tegumento. Le concentrazioni adottate variano di norma dal 30 al 70%; mentre la durata del trattamento dipende dalla concentrazione adottata, non spingendosi di norma oltre 1 ora. Successivamente al trattamento i semi vengono abbondantemente sciacquati con acqua distillata per rimuovere l'acido residuo e quindi neutralizzarli in una soluzione di

bicarbonato di sodio o di un'altra base; spesso il trattamento acido viene eseguito in agitazione, riducendo così il tempo di esposizione. Sebbene il trattamento risulti alquanto proficuo, i semi, nonché il vigore della plantula possono essere spesso danneggiati.

L'azione dell'acido consiste in una spinta idrolisi del parenchima soprastante la regione ilare ed una parziale idrolisi delle cellule del contropalizzata.

La scarificazione acida può interessare varie zone del tegumento seminale, come lo strofiolo in *Astragalus cicer* (Miklas *et al.*, 1987), l'ilo in *Lupinus angustifolius* (Burns, 1959) e varie zone del tegumento seminale in *Melilotus alba* (Hamly 1932, cit. da Miklas *et al.*, 1987)

### Solventi organici

Diversi solventi organici quali acetone, benzene, cloroformio, sono stati adottati in trattamenti ai semi duri di specie leguminose. Rees (1911) cit. da Hamly, 1932, ha utilizzato alcool metilico ed etilico, cloroformio e trementina, in *Melilotus alba*; Barton, (1947) alcool etilico in diverse leguminose appartenenti alle sottofamiglie delle Cesalpinoideae, Papilionoideae e Mimosoideae, Serrato Valenti *et al.*, 1989, acetone, etere etilico, cloroformio, xilene e metanolo in *Lupinus angustifolius*.

I solventi, pur rimuovendo e dissolvendo la cuticola soprastante lo strato di cellule malpighiane, non permettono l'ingresso dell'acqua attraverso gli strati più interni. Nonostante l'effetto positivo di stimolo sulla germinazione di altre specie (Taylorson e Hendricks, 1979), la relativamente scarsa efficacia di tali

solventi sulla impermeabilità di semi duri indica che la cuticola non rappresenta l'unica fonte di impermeabilità (Brant *et al.*, 1971).

### Enzimi

Alcuni studiosi hanno proposto l'uso di particolari enzimi, quale pretrattamento da eseguire sui semi a tegumento impermeabile.

Significative ma lievi riduzioni del numero di semi duri sono state osservate da Brant *et al.* (1971) in *Coronilla varia*, effettuando un pretrattamento con emicellulasi e pectinasi diluite in acqua distillata a varie concentrazioni.

### Condizionatori osmotici

Nell'ambito dei trattamenti pregerminativi riveste particolare importanza la tecnica dell' "*osmoprimering*". Questa tecnica consiste nella imbibizione del seme effettuata attraverso soluzioni osmotiche, in presenza delle quali l'ingresso dell'acqua all'interno del seme può realizzarsi fino a quando non viene raggiunto un equilibrio tra i potenziali osmotici interno ed esterno al seme. La barriera osmotica realizzata blocca la germinazione in corrispondenza della seconda fase di imbibizione, prima della fuoriuscita della radichetta, consentendo di uniformare semi dalla diversa risposta germinativa; infatti una volta rimossa la barriera, i semi presentano una più rapida ed uniforme germinazione, anche in condizioni idriche e di temperatura non ottimali.

Gli agenti osmotici normalmente adottati possono essere di due tipi: minerali ed organici.

Il PEG (polietilenglicol) è un polimero organico fisiologicamente inerte ad alto peso molecolare (peso molecolare pari a 6000) che, in quanto tale, non penetra all'interno del seme; esso viene impiegato largamente in laboratorio, ma l'alto costo dovuto all'alta concentrazione richiesta, nonché l'elevata viscosità che riduce la solubilità e la disponibilità di ossigeno per il seme, ne limitano la possibilità di impiego su larga scala. I sali inorganici ( $\text{KNO}_3$ ,  $\text{K}_3\text{PO}_4$  e  $\text{K}_2\text{HPO}_4$ ), caratterizzati viceversa da un peso molecolare più basso, non presentano invece gli inconvenienti evidenziati per il PEG.

Il controllo che, attraverso soluzioni osmotiche, si realizza sulla germinazione risulta dalla interazione di pressione osmotica, temperatura e durata, fattori che vanno opportunamente diversificati in relazione alla specie e alla varietà.

In genere il trattamento va effettuato a temperature di qualche grado inferiore alla temperatura ottimale per la germinazione, variando in un intervallo compreso tra i  $10^\circ$  ed i  $25^\circ\text{C}$  (Bradford, 1986); le pressioni osmotiche comunemente adottate variano da -5 a -15 bar.

Il trattamento viene generalmente eseguito per immersione diretta del seme nella soluzione (salina o a base di PEG) in contenitori provvisti di un sistema di arieggiamento per evitare condizioni di asfissia. Al termine del trattamento, il seme viene abbondantemente lavato e quindi lasciato asciugare a temperatura ambiente (Hennart, 1985). Nel caso di semi molto duri, si rende necessaria una scarificazione preventiva per favorire l'assorbimento idrico da parte del seme.

### Fusicoccina ed altri prodotti fungali

La fusicoccina (FC), una tossina glucosidica diterpenica prodotta dal fungo *Fusicoccum amygdali* (Ballio *et al.*, 1964), induce lo sviluppo della pianta attraverso un'azione di stimolo all'allungamento cellulare. Il suo sito d'azione sembra essere rappresentato dalla membrana cellulare ove attiva il rilascio di protoni. E' stato osservato come la tossina stimoli anche la germinazione dei semi dormienti, vincendo l'azione inibente della luce rosso chiara e dell'acido abscissico (Bewley e Black, 1982). E' stato osservato, ad esempio, un'azione di stimolo della fusicoccina ( $10^{-6}$ M) sulla germinazione di semi dormienti di *Triticum durum* cv. Cappelli, attraverso un effetto simile a quello esercitato dall'acido gibberellico (Lado *et al.*, 1974).

Composti simili, quali il cotilenolo e la cotilenina E, isolati da *Cladosporium* sp., hanno manifestato un effetto di stimolo nell'interruzione della dormienza in semi di lattuga (Bewley e Black, 1982).

### 3 STUDIO DELLA DORMIENZA DEI SEMI DI FABACEAE

La famiglia delle Fabaceae comprende circa 18000 specie tra piante erbacee, arbustive, arboree e rampicanti comprese in circa 600 generi (Plant Systematics, 1999). Numerose sono le specie di importanza economica appartenenti a questa famiglia poiché molte di esse sono piante usate dall'uomo come alimento o interessanti dal punto di vista industriale o zootecnico-agronomico.

Alle Fabaceae, inoltre, appartengono molte specie impiegate come valide piante da foraggio capaci di crescere anche in suoli poveri di azoto; inoltre, mediante l'aratura, possono essere usate per il sovescio come, per esempio, varie specie dei generi *Trifolium* e *Medicago*.

Molte Fabaceae foraggere sono piante annuali a ciclo invernale-primaverile che vivono in ambiente mediterraneo, dove sono esposte a diversi stress ambientali derivanti dalle interazioni con fattori abiotici quali, la temperatura e la disponibilità di acqua e nutrienti nel terreno.

Proprio per far fronte a condizioni sfavorevoli quali siccità ed alte temperature, molte di queste piante annuali crescono e si riproducono solo durante la stagione umida e fredda mentre in tarda primavera i loro semi acquisiscono la dormienza. La dormienza, oltre alla sopravvivenza delle future piante, assicura la presenza costante delle specie nell'ambiente grazie ad una germinazione scalare della banca semi nel suolo.

Nei semi il tegumento rappresenta una porzione di fondamentale importanza poiché funge da barriera protettiva tra l'embrione e l'ambiente esterno

(Quinlivan e Nicol, 1971). Nella maggior parte delle Fabaceae foraggere, esso si presenta impermeabile all'acqua a maturità, bloccando imbibizione e germinazione (Corner, 1951; Quinlivan, 1968).

Il tipo di dormienza più diffuso tra le Fabaceae foraggere è dovuto proprio alla natura dell'involucro seminale che si presenta molto duro, abbastanza resistente alle abrasioni e ricoperto da uno strato di natura cerosa che lo rende interamente impermeabile all'acqua. In alcuni casi si è evidenziato come la durezza del tegumento possa interferire non solo con l'assunzione di acqua ma anche con lo scambio dei gas. Si è visto, per esempio, che la preincubazione di semi di *Trifolium subterraneum* in assenza di O<sub>2</sub> comporta un aumento della percentuale di germinazione una volta che i semi vengono esposti nuovamente all'aria (Ballard, 1967).

Ancora in semi di *Trifolium subterraneum*, concentrazioni di CO<sub>2</sub> comprese tra lo 0,3 ed il 4,5% determinano l'interruzione della dormienza, mentre concentrazioni al di sopra del 5% la stimolano e ciò si osserva anche in altre specie, anch'esse appartenenti al genere *Trifolium* e in alcune specie del genere *Medicago* (Grant-Lipp e Ballard, 1959).

Si tratta quindi di dormienza morfologica tegumentale, secondo lo schema formulato da Nikolaeva.

L'evidenza sperimentale di ciò è fornita dal fatto che, in seguito a trattamenti finalizzati ad interrompere l'integrità dell'involucro seminale (scarificazione), semi maturi "duri" di quasi tutte le specie testate subiscono l'interruzione della dormienza. Studi condotti sulla capacità germinativa dei semi di venti specie diverse del genere *Trifolium* della penisola Iberica, evidenziano come

questi semi, dotati di un alto grado di durezza del tegumento, passano da percentuali basse di germinazione se integri (6% alla luce in *Trifolium subterraneum*) a valori molto alti se preventivamente immersi in acido solforico concentrato al 96% (Panreac); in queste condizioni l'immersione dei semi di *Trifolium subterraneum* per 30 minuti fa raggiungere il 100% di germinazione. Il tempo di immersione ottimale naturalmente varia da specie a specie (Devesa *et al.*, 1998).

Tra i metodi proposti per la scarificazione di semi di Fabaceae, ricordiamo l'uso di acido solforico e di carta vetrata (Uzum e Aydin, 2004).

Molti sono gli Autori che si sono interrogati sulle modalità (meccaniche) del rilascio e della acquisizione della dormienza e nel caso della dormienza dovuta all'impermeabilità del tegumento, attraverso quale porzione di esso passi l'acqua necessaria all'imbibizione.

La struttura dell'involucro seminale in semi impermeabili è stata descritta da un buon numero di Autori.

In linea generale, la sua struttura base consiste delle seguenti quattro componenti, dall'interno verso l'esterno:

- lo strato citicolarizzato;
- lo strato di macroscleridi;
- lo strato di osteosclereidi;
- il parenchima interno.

Lo strato più esterno che è dato dalla cuticola cerosa non cellulare, di spessore variabile, di consistenza rilevante a livello dello strofiolo e assente in corrispondenza dell'ilo, rappresenta il primo ostacolo all'imbibizione.

Subito dopo si trova uno strato di cellule malpighiane, chiamate macrosclereidi, con l'asse più lungo orientato perpendicolarmente alla superficie; sono poco più lunghe in corrispondenza dell'ilo e visibilmente più lunghe in prossimità dello strofiolo, a livello del quale appaiono corte e sottili. Generalmente viene riscontrato un solo strato di cellule eccetto in corrispondenza dell'ilo, dove possono esserne presenti due (il più esterno è detto contropalizzata) (Peske e Pereira, 1983).

In alcune specie, lungo lo strato delle cellule malpighiane si può distinguere una "linea lucida" poco marcata e rifrangente a causa della differente composizione delle macrosclereidi. Essendo caratterizzata dalla presenza di sostanze idrofobe di natura lipidica, la "linea lucida" viene da diversi Autori considerata uno dei fattori che rendono il seme impermeabile (Serrato Valenti *et al.*, 1989).

Al di sotto delle macrosclereidi è presente un singolo strato di cellule chiamate osteosclereidi. Queste sono generalmente più corte e più larghe delle cellule degli strati adiacenti e sono separate da ampi spazi intercellulari, eccetto che a livello di ilo e strofiolo dove sono assenti.

Il quarto strato dell'involucro seminale è il parenchima interno, formato da sei a otto strati di cellule parenchimatiche allungate tangenzialmente e con sottile parete cellulare, uniformemente distribuite lungo tutto il testa, eccetto che nella regione dell'ilo, dove si distingue un minor numero di strati. Nei tegumenti di semi maturi il parenchima interno è frequentemente del tutto o parzialmente degradato (Miller *et al.*, 1999).

Due sono le componenti presenti nelle pareti delle cellule malpighiane che sembrano essere coinvolte nell'impermeabilità del seme: Callosio (Bhalla e Slattery, 1984) e una sostanza di natura lipidica (Bevilacqua *et al.*, 1989) spesso associata alla "linea lucida".

Anche pectine e fenoli che, come i lipidi, sono idrofobici, sembrano essere coinvolti nell'instaurazione della durezza del seme (Werker *et al.*, 1979; Bevilacqua *et al.*, 1987) ma queste sostanze si trovano per lo più a livello della cuticola mentre sembra che l'impermeabilità sia dovuta alla porzione subcuticolare (Ballard, 1973; Tran e Cavanagh, 1980; Russi *et al.*, 1992), presumibilmente a livello delle cellule malpighiane o delle osteosclereidi.

In alcuni casi semi maturi di leguminose presentano fratture nella cuticola che spesso penetrano nello strato di macrosclereidi (Russi *et al.*, 1992). La rimozione di ampie porzioni di cuticola con relativa esposizione delle cellule malpighiane non è sufficiente a rimuovere la dormienza (Russi *et al.*, 1992).

A questo riguardo, le opinioni dei vari Autori sono conflittuali, ma dai risultati di molti studi condotti, si ritiene che la durezza del seme sia da imputare alla cuticola (Gutterman, 1978).

Alcuni studi sembrano dimostrare che lo spessore del tegumento seminale influisca sull' "ammorbidimento" di semi duri di Fabaceae di ambiente mediterraneo.

Lush e Ivans (1980) e Russi ed altri (1992) ipotizzano si possa predire la perdita della dormienza misurando lo spessore dell'involucro seminale. Russi ed altri (1992) ritengono che lo spessore del tegumento rapportato alla taglia del seme possa indicare il futuro stato di "ammorbidimento" in tre mediche annuali (*Medicago orbicularis*, *Medicago rigidula* e *Medicago rotata*) ed in altrettanti trifogli (*Trifolium campestre*, *Trifolium stellatum* e *Trifolium tomentosum*).

In quelle specie dove lo spessore dell'involucro seminale era maggiore del 10% del raggio, la durezza del seme dopo un anno era maggiore del 95%. In specie dove lo spessore era del 5% o meno, la durezza del seme sarebbe scesa solo al 25%, relazioni confermate dal lavoro di Zeng ed altri (2005).

Zeng ed altri (2005) suggeriscono che sia lo strato subcuticolare piuttosto che la cuticola il responsabile della durezza del seme. Le pectine e le emicellulose presenti in entrambi gli strati assumono una consistenza molto dura in presenza di ossigeno. Brant ed altri (1971) riuscirono ad "ammorbidire" semi di *Vicia* usando pectinasi ed emicellulasi. Alcuni sostengono che l'area attraverso la quale passa l'acqua sia tutto il testa: una volta che il contenuto di acqua all'interno del seme scende al di sotto di un livello soglia che cambia a

secondo della specie (in *Trifolium subterraneum*, per esempio, equivale al 7%), il testa diventa irreversibilmente impermeabile.

Per Altri Autori l'ingresso dell'acqua all'interno del seme è controllato, più specificamente, da un piccola formazione situata nell'area del testa, lo strofiolo, da alcuni denominato "lens", costituita da macroscleridi a palizzata più lunghe e appressate, circondate da macroscleridi più corte che, nel loro complesso ostacolano l'entrata dell'acqua. Solo se questo strato verrà in parte disorganizzato o fessurato (formazione della fessura strofiolare) o rimosso, l'acqua potrà avere via libera; questo meccanismo è stato descritto per la prima volta da Hamly (1932).

Ci sono, alla fine, essenzialmente due scuole di pensiero sul ruolo dell'involucro seminale, la prima ritiene che esso sia dotato di aree specializzate per il passaggio dell'acqua, l'ilo, il micropilo e lo strofiolo; la seconda ritiene che l'involucro seminale sia coinvolto nella sua interezza negli scambi idrici.

Hyde (1954) per primo ipotizzò che l'ilo di semi maturi in *Trifolium repens*, *Trifolium pratense* e *Lupinus arboreus* si comportasse come una valvola igroscopica. Trovò che il testa di semi "duri" era impermeabile all'acqua eccetto che in corrispondenza dell'ilo, che si apriva e consentiva la perdita di umidità quando quella esterna era più bassa (10-15%).

McDonald ed altri (1988) affermarono che l'acqua penetrava nel seme non solo attraverso l'area attorno all'ilo ma anche in altri siti.

Lush e Ivans (1980) si accorsero che il micropilo a volte considerato come un poro traspirante, giocava un ruolo significativo nell'assunzione di acqua.

Lo strofiolo, invece, è una regione di debolezza strutturale presente non in tutti gli nvilucri seminali delle Fabaceae; solo nella sottofamiglia delle Papilionoideae l'entrata dell'acqua avviene inizialmente attraverso di esso dopo trattamenti artificiali quali percussione, uso acqua calda, alte temperature o microonde.

Risultati recenti suggeriscono che, sebbene sia la regione dello strofiolo la prima ad essere attraversata dall'acqua, in seconda battuta siano altri i siti interessati.

Le condizioni climatiche che si instaurano durante lo sviluppo del seme influenzeranno la struttura dell'involucro seminale e quindi la permeabilità stessa dei semi.

Gli effetti dell'ambiente sull'impermeabilità del seme dopo la sua dispersione e quindi la perdita della sua durezza sono stati studiati in un certo numero di specie di Fabaceae annuali dell'area mediterranea, specialmente *Trifolium subterraneum* (Taylor, 1981) e *Medicago polymorpha* (Taylor, 1996; Taylor e Ewing, 1996) ma ben poche sono le informazioni sui meccanismi fisiologici coinvolti nell'interruzione della dormienza tegumentale. Le fluttuazioni termiche giornaliere durante l'estate calda e secca sembrano essere il fattore principale coinvolto nell'interruzione della dormienza (Quinlivan, 1961, 1968).

Aitken (1939) fu il primo a riconoscere l'importanza delle fluttuazioni termiche nella rimozione della dormienza in *Trifolium subterraneum*.

Taylor (1981), inoltre, definì il processo di "ammorbidente" (softening) dei semi come un modello a due stadi, dove il primo stadio, detto di

“preconditioning”, è caratterizzato dall’influsso di temperature costanti elevate, mentre il secondo stadio, quello finale, prevede l’intervento di temperature alterne con un intervallo che varia a seconda della specie; per esempio, il regime termico di 15/60 °C è efficace sia per *Medicago truncatula* che per *M. litoralis* e *M. rugosa*, mentre è inefficace per *Medicago polymorpha* e *M. scutellata* (Taylor, 1993, 1996; Lloyd *et al.*, 1997) e per un’ampia varietà di specie del genere *Trifolium* (Norman *et al.*, 1998).

In *Trifolium subterraneum* è stato osservato come, tra i diversi fattori da cui dipende l’entità della frattura del tegumento, quello che determina un incremento della germinazione non è tanto l’ampiezza della fluttuazione termica, bensì la temperatura massima della fluttuazione presupponendo una differenza giornaliera di temperatura, fra giorno e notte, di almeno 15 °C (Quinlivan, 1966).

La perdita dell’impermeabilità è più veloce in ambienti secchi e caldi piuttosto che in ambienti umidi e più freddi (Quinlivan, 1965; Kirchner e Andrew, 1971) ed il suo andamento è influenzato dall’ampiezza delle fluttuazioni termiche giornaliere (Quinlivan, 1961; Taylor, 1981). Più lungo e caldo è il periodo secco, più veloce sarà l’andamento dell’ammorbidimento del seme e quindi più piccola sarà la porzione di semi duri rimanenti nella banca semi.

Monitorando le temperature di suoli nudi durante i mesi estivi, quando il terreno è tipicamente secco, in una serie di ambienti a clima mediterraneo nell’area sud-ovest dell’Australia occidentale, vennero registrate sulla superficie del suolo temperature medie massime vicine ai 60 °C e temperature

medie minime di 15-20 °C cioè una fluttuazione termica giornaliera di circa 45 °C (Taylor, 1996; Taylor e Ewing, 1988; Revell *et al.*, 1998, 1999).

Si è cercato quindi, di eliminare sperimentalmente la durezza dei semi inducendo cambiamenti nella loro permeabilità in seguito ad esposizioni giornaliere alla temperatura alterna di 15/60 °C (12 h/12 h), valore termico riscontrato in campo nella stagione estiva e che ha avuto un riscontro positivo nella rimozione della dormienza in *Trifolium subterraneum* (Quinlivan e Nicol, 1971).

Taylor, però, dimostrò che l'acquisizione della permeabilità è un processo a due stadi e che, mentre 15/60 °C soddisfano in pieno i requisiti termici di entrambi gli stadi in *Trifolium subterraneum*, così non è, per esempio, per *Medicago polymorpha*, in quanto il secondo stadio necessita di circa una settimana a 10/35 °C (Taylor, 1996).

In condizioni controllate, le oscillazioni giornaliere di 15/65 °C per 5 mesi sono più efficaci delle temperature costanti di 15 o 65 °C.

Fluttuazioni giornaliere sono efficaci quando la temperatura più alta del ciclo lo è di circa 45 °C (Quinlivan, 1961; Taylor, 1981).

Questi cambiamenti termici estremi si possono riscontrare comunemente sulla superficie del suolo in regioni calde, aride e semiaride.

Nel processo di perdita dell'impermeabilità dell'involucro seminale, l'importanza dell'ampiezza delle fluttuazioni termiche, massime sulla superficie del suolo e declinanti con l'incremento della profondità nel terreno o con la presenza di copertura vegetale. È stata confermata dal comportamento dei semi posti a differenti profondità nel terreno. Taylor ed

Ewing (1988, 1996) ottennero percentuali marcatamente più ridotte di semi “ammorbiditi” di *Trifolium subterraneum* anche a soli 2 cm di profondità e le percentuali si riducevano ulteriormente a profondità maggiori; lo stesso fenomeno è stato rilevato da Russi ed altri (1992) in semi interrati di diverse specie di *Trifolium* e *Medicago* in Siria.

Infatti la percentuale di semi “duri” in *Trifolium subterraneum*, *Medicago polymorpha* e *Medicago truncatula* aumenta in parallelo con la riduzione da circa 18/60 °C a circa 22/40 °C della fluttuazione termica giornaliera in estate, rispettivamente sulla superficie del suolo ed a 10 cm di profondità.

Anche Merou e Papanastasis (1998), testando il comportamento di semi maturi di alcune specie da Fabaceae (*Trifolium scabrum*, *Trifolium campestre*, *Trifolium angustifolium*, *Medicago minima* e *Medicago disciformis*) interrati a 5-10 cm di profondità in rapporto all’andamento stagionale, hanno rilevato una percentuale di germinazione quasi nulla in corrispondenza di tutte le stagioni di crescita.

Sembra che queste ampie fluttuazioni termiche provochino la frattura dello strofiolo e quindi l’assunzione dell’acqua da parte del seme (Hagon, 1971).

La rottura dello strofiolo in condizioni naturali è probabilmente dovuta all’azione simultanea di fluttuazioni termiche e di umidità, che causerebbero modifiche nell’idratazione degli strati cellulari con conseguenti movimenti di espansione-contrazione. In condizioni controllate, differenti livelli di umidità dell’aria a temperatura costante non hanno effetti sull’andamento della perdita della permeabilità, mentre se ad una percentuale alta di umidità si aggiungono

temperature alterne giornaliere, incrementa la percentuale dei semi diventati permeabili (Fairbrother, 1991).

Ampie oscillazioni nell'idratazione dello strofiolo sono prevedibili in condizioni caldo-umide quali possono essere le piogge estive, la nebbia o la rugiada notturna.

Queste possono condurre ad una perdita più veloce dell'impermeabilità, ma quasi sicuramente sono richiesti meccanismi aggiuntivi per prevenire germinazioni precoci o simultanee in condizioni climatiche di questo tipo.

Scarse conoscenze si hanno sui cambiamenti nella composizione chimica del tegumento seminale delle leguminose durante il processo di "ammorbidente". La superficie del seme è ricoperta da uno strato idrofobico che consiste di componenti strutturali polimerici insolubili e di una complessa varietà di lipidi.

I componenti di questo strato sono per lo più cutina, suberina, e cere, tutti costituiti da lipidi a loro volta formati da acidi grassi differenti.

Altre sostanze, come callosio, composti fenolici, pectine, ecc. sembrano essere coinvolte nell'impermeabilità del tegumento seminale (Morrison *et al.*, 1995).

Un'ipotesi è che la degradazione termica della componente lipidica dell'involucro seminale sia di primaria importanza per la perdita della durezza del seme e che le alte temperature indurrebbero un'alterazione nella qualità e concentrazione della suddetta componente ed eventualmente la frattura dell'involucro seminale.

Lo sviluppo delle fratture potrebbe attraversare tre tappe:

- i semi si contraggono e si espandono ripetutamente sotto l'influenza di temperature alte e non costanti; perché questo processo si completi dovrebbe essere necessario raggiungere un soglia critica di energia termica cumulativa;
- comparsa delle fratture causate dal cambiamento nella morfologia dell'involucro seminale; questo dipende da proprietà meccaniche dell'involucro stesso e varia a seconda della specie;
- alla fine, in seguito ad una lunga esposizione a temperature alterne, le fratture diventerebbero più profonde ed aperte.

Le crepe iniziali dei tessuti si formerebbero attorno all'ilo e la frattura più comune è perpendicolare al rafe (lungo l'asse di micropilo, ilo e strofiolo) (Yaklich e Barla-Szabo, 1993).

Sembrano esserci strette relazioni tra la perdita della durezza del seme e la riduzione della concentrazione lipidica in *Trifolium spumosum* e *Trifolium subterraneum* (Zeng *et al.*, 2005).

D'altronde la natura fisica dei lipidi, costituita da una miscela di acidi grassi, dovrebbe essere influenzata dalle alte temperature poiché ogni acido grasso possiede uno specifico punto di fusione (possono essere completamente solidi, liquidi o più frequentemente, una miscela di fasi diverse ad una temperatura data).

Sembrano esserci strette relazioni tra perdita della durezza dei semi e riduzione della concentrazione lipidica in *Trifolium spumosum* e *Trifolium subterraneum*: gli acidi grassi riscontrati nell'involucro seminale di queste due specie hanno punti di fusione attorno a 22-85 °C, temperature simili a

quelle registrate nei mesi estivi in Australia occidentale (Zeng et al., 2005).

Cambiamenti fisici, risultato delle alte temperature estive, sembrerebbero essere confinati al primo stadio del processo di perdita della dormienza. La struttura polimerica dei lipidi cambia in seguito all'indebolimento dei legami idrofobici. Questo stadio del processo si sviluppa lentamente con un input termico proveniente dall'ambiente che rende i lipidi più vulnerabili alla degradazione, in conformità allo stadio che Taylor chiamò di "preconditioning".

Durante il secondo stadio, con l'azione delle temperature alterne che degradano ulteriormente l'involucro seminale, sono possibili cambiamenti di natura chimica dei lipidi causati da idrolisi che può portare alla formazione di acidi grassi liberi (Gunstone, 1996). Naturalmente questo processo chimico richiederebbe acqua, presente sia nell'involucro seminale che nell'atmosfera, dove al decrescere della temperatura aumenta l'umidità. Questo potrebbe essere il motivo per cui le basse temperature (10-15 °C) sono necessarie per il secondo stadio in molte leguminose (Quinlivan, 1961; Norman *et al.*, 1998).

Il tipo di dormienza che si riscontra tra le Fabaceae foraggere non sempre è solo di tipo fisico bensì una combinazione di dormienza fisica e fisiologica (Evans e Smith, 1999).

Un esempio di specie in cui si è rinvenuta dormienza combinata è il *Trifolium subterraneum*.

In questa specie sia la dormienza fisica che quella fisiologica vengono interrotte durante i mesi estivi ed i semi germinano in autunno quando l'umidità nel suolo non è più un fattore limitante. L'embrione ha una

dormienza fisiologica non profonda che viene interrotta 1-4 mesi dopo la sua maturazione (Barrett-Lennard e Gladstone, 1964).

In semi di *Trifolium subterraneum* la dormienza fisiologica viene persa a temperature superiori ai 15 °C (Quinlivan e Nicol, 1971) e l'embrione, generalmente, esce dalla dormienza prima che i semi diventino permeabili; così, l'unico modo per monitorare la perdita della dormienza fisiologica è quello di scarificare i semi ad intervalli regolari durante l'estate e testarli per verificarne le vitalità. Semi con dormienza fisiologica, germinano con alte percentuali a basse (6/15 °C) piuttosto che ad alte (15/25 °C) temperature, come avviene nei semi di specie annuali invernali con tegumento permeabile (Nakamura, 1962), se sono stati resi permeabili negli stadi precoci della perdita della dormienza fisiologica. Con un decremento della dormienza fisiologica, semi scarificati esibiscono un incremento percentuale e nella temperatura massima di germinazione (Ballard, 1958).

La percentuale di germinazione di semi di *Trifolium subterraneum* imbibiti e con embrioni dormienti aumenta di molto se esposti a concentrazioni crescenti di CO<sub>2</sub> (da 0,30% a circa il 5%) (Ballard, 1958). Ciò implica che la dormienza embrionale dovrebbe essere persa più velocemente in semi permeabili interrati, piuttosto che in semi che rimangono sulla superficie del suolo visto che la concentrazione di CO<sub>2</sub> nel terreno è un pò più alta rispetto a quella che si ritrova nell'aria sopra la superficie del suolo.

La presenza della dormienza embrionale dovrebbe prevenire la germinazione di quei semi che diventano permeabili durante l'inizio e la mezza estate. Germinelli provenienti da semi che germinano dopo una pioggia estiva sono

con buona probabilità destinati a morire a causa della siccità.

Baskin e Baskin, (1998) ritenevano che la dormienza embrionale funzionasse da “rete di sicurezza” per prevenire germinazione di semi nella tarda primavera, prima che questi si disidratassero sino a raggiungere circa il 10% di contenuto di umidità, soglia al livello della quale gli involucri seminali diventano impermeabili all’acqua.

Buona parte dell’indagine sull’influenza dei fattori stagionali sulla germinazione dei semi duri di Fabaceae sono state effettuate mediante esposizioni in campo anche perché la riproduzione delle molteplici variabili che entrano in gioco durante l’instaurarsi e la rimozione della dormienza sono difficilmente riproducibili in laboratorio. Da questo tipo di esperimenti in campo si è giunti alla conclusione che vi sia un chiaro legame tra andamento stagionale e dormienza. In molti articoli scientifici che trattano dell’ecologia dei semi, l’ipotesi che viene spesso proposta è che i semi duri diventino permeabili all’acqua in seguito ad abrasioni meccaniche causate dalle particelle del terreno, o grazie all’azione di decomposizione del tegumento seminale esercitata dalla componente microbica. Se la dormienza venisse interrotta semplicemente attraverso queste modalità ci si aspetterebbe una bassa percentuale di germinazione, indifferente alle stagioni ma, d’altro canto, visto che la temperatura e fattori ad essa correlati rappresentano un significativo sensore ambientale per la germinazione, non dovrebbe sorprendere l’influenza del susseguirsi delle stagioni.

Van Assche ed altri (2003), sotterrarono semi dormienti appartenenti a 14 specie diverse di Fabaceae (alcune del genere *Medicago*, *Lathyrus*, *Trifolium*,

*Vicia*; *Lotus* e *Melilotus*) esponendoli, per 30 mesi a circa 7 cm di profondità, ai normali cambiamenti stagionali. Riesumati ad intervalli regolari corrispondenti alle differenti stagioni per testare la loro capacità germinativa, arrivarono alla conclusione che le varie specie si relazionavano alla stagionalità in maniera differente.

Alcune specie avevano una percentuale di germinazione molto bassa, indifferente alle stagioni; altre germinavano in modo preminente in autunno.

Cinque specie (*Melilotus albus*, *Medicago lupulina*, *Lothus corniculatus*, *Trifolium pratense* e *repens*) mostravano un'alta percentuale di germinazione in primavera e basse percentuali nelle altre stagioni.

Ciò che presumibilmente era avvenuto in campo per queste specie venne poi simulato in condizioni controllate. I semi di *T. pratense* avevano un'elevata percentuale di germinazione dopo trattamento con il freddo, mentre i semi delle altre quattro specie venivano indotte a germinare in seguito a raffreddamento per otto settimane seguito da esposizione a temperature giornaliere alterne (6/15 °C; 10/20 °C); senza "chilling" preventivo questi semi non rispondevano alle temperature alterne.

Ipotizzarono quindi che una combinazione di trattamenti termici potesse funzionare da segnale per i semi. Se tali requisiti termici che variano da specie a specie vengono disattesi, i semi restano dormienti fino alla successiva stagione favorevole. Nel processo di perdita della dormienza non si deve dimenticare, nel caso di Fabaceae con legumi indeiscenti come nella maggior parte delle mediche annuali, il ruolo isolante dei legumi stessi. I trattamenti con temperature alterne hanno effetti molto più rapidi sui semi sgusciati che

non su quelli mantenuti all'interno dei legumi (Mc Comb ed Andrews, 1974), ricordando che in natura è proprio quest'ultimo il comportamento più diffuso. Oltre a ciò bisogna tenere conto del fatto che i legumi sulla pianta madre e i semi all'interno dei legumi raggiungano la piena maturità in tempi diversi. Sembra che i semi si ammorbidiscano più velocemente se posizionati all'estremità prossimale del legume e in linea generale, si è rilevata una sequenza nel processo in accordo con la posizione nel legume. All'interno della stessa specie si è notata anche una certa relazione tra la teglia del seme e la rapidità nella perdita della dormienza, ma non è la regola per ogni specie; in *Trifolium subterraneum*, per esempio, Gladstone (1967) escluse tale correlazione.

Non si conosce tra l'altro il meccanismo che stabilisce la sequenza nel rilascio della dormienza dei semi all'interno di uno stesso legume.

L'impollinazione del fiore prevede un singolo evento di fecondazione e anche se il tubo pollinico fecondasse gli ovuli posti più in alto prima di quelli posti più in basso nell'ovario, la differenza di tempo sarebbe dell'ordine di ore, ininfluente perché possa riflettersi sulla maturazione. Nelle specie appartenenti al genere *Medicago*, i legumi sono unità di dispersione multispermi indeiscenti. La "durezza" del seme decresce dal calice alla terminazione dello stilo, così essi si ammorbidiscono in sequenza lungo la spirale del legume (Kirchner ed Andrews, 1971; Mc Comb ed Andrews, 1974).

I semi situati più in prossimità del calice, considerando la loro taglia più grande, ricevono apparentemente più metaboliti di quelli situati più lontano da

esso, ma nulla mette in relazione questo fatto con la formazione di una parete più “dura”; comunque la “ragione” di un’interruzione “in sequenza” della dormienza sta nei molteplici vantaggi che ne derivano:

elimina la possibilità che tutti i semi di una singola unità di dispersione diventano permeabili nello stesso momento con una conseguente strenua competizione dei germinelli; evita l’eventuale eliminazione di tutti i germinelli in seguito ad una tempesta estiva o a falsi intervalli nella stagione di crescita (Koller, 1972).

Il cammino per una conoscenza più approfondita dei meccanismi di instaurazione e rimozione della dormienza tra le Fabaceae e non solo tra esse è ancora lungo. Molti sono i fattori ambientali che influiscono sinergicamente sulla maturazione dei semi e sulla loro fisiologia ed è difficile ricreare questa sinergia in condizioni sperimentali. Un punto fermo sembra essere la preponderante influenza della fluttuazione termica giornaliera nei mesi estivi tra le Fabaceae foreggere annuali che vivono in ambiente mediterraneo.

#### 4. LE “COVER CROPS”

La produzione primaria su questo pianeta si realizza attraverso la conversione, dell'energia solare in biomassa vegetale che in parte viene asportata con il raccolto e in parte lasciata nel suolo ad attivare la catena di detrito che mantiene la fertilità del terreno. Ne consegue che la produzione di sistemi colturali sarà tanto più sostenibile quanta più biomassa colturale sarà accumulata nei campi coltivati. Le situazioni monoculturali dell'agroecosistema odierno non soddisfano questa basilare condizione di sostenibilità, semplicemente perché ogni singola coltura ha un suo ciclo vegetativo e produttivo limitato ad una sola stagione dell'anno, con le specie microterme che si sviluppano dall'autunno alla primavera e quelle macroterme che invece si sviluppano dalla primavera all'autunno. La condizione ideale per garantire una continua copertura di suolo può attuarsi solamente associando almeno due colture sul campo coltivato (consociazione) che abbiano cicli colturali complementari, in modo da garantire una copertura ed un accumulo di biomassa lungo tutto il corso dell'anno. Si tratta di organizzare un sistema, la cui strategia è quella di utilizzare al massimo le risorse native dello stesso, sia fisiche che biologiche (Caporali, 1991). Una più integrale utilizzazione delle risorse native del sistema (radiazione solare, acqua di precipitazione, azoto atmosferico, organismi in genere, etc.) comporta un maggiore equilibrio e una maggiore autonomia dell'agroecosistema e quindi una riduzione degli input di energia esterna e dei rischi ambientali e sanitari connessi al loro uso. Le componenti del sistema colturale che sono introdotte in modo da garantire sia una maggiore copertura

del suolo, che maggiore conversione delle risorse native in biomassa vegetale sono definite “*cover crops*” ed hanno il compito di contribuire alla sostenibilità del sistema colturale; la gestione delle “*cover crops*” viene definita “*cover cropping*”.

“*Cover cropping*” è una pratica colturale, che consiste nel far crescere, in coltura pura oppure consociata, piante erbacee annuali o perenni al fine di coprire il suolo coltivato per parte o per l’intero anno; una “*cover crop*” è una coltura non redditizia che viene coltivata in consociazione con colture sia erbacee che arboree.

Storicamente l’uso delle *cover crops* risale ad oltre 2000 anni fa, quando in Asia e nel bacino del mediterraneo erano coltivate come colture da sovescio (*green manure*) per cercare di aumentare la produttività dei suoli. Gli antichi Romani coltivavano la *Vicia faba* nei loro vigneti; nel nord Europa la coltivazione del lupino era usata per migliorare la qualità dei suoli sabbiosi. In California, l’utilizzo delle “*cover crops*” risale sin dall’inizio del XX secolo. In Italia le colture da copertura sono state utilizzate anche nel controllo dell’erosione e delle infestanti (Ferrini e Mattii, 1993; Storchi et al., 2000; Longhi et al., 2002 a, b; Gresta et al., 2008).

Negli ultimi cinque decenni, la produzione di fertilizzanti di sintesi, a costi relativamente contenuti, ha causato un forte decremento nell’impiego delle *cover crops* di leguminose per supplire alla scarsa quantità di azoto presente nel suolo (Power, 1987). Tuttavia durante gli ultimi vent’anni la pratica di gestione delle colture da copertura si è diffusa, in modo da garantire una

produzione agricola sostenibile riducendo appunto l'impiego di fertilizzanti e diserbanti (Porter, 1998; Shennan, 1992).

In generale, le *cover crops* possono essere usate come colture consociate o intercalari; le prime sono presenti nel terreno solo durante una fase o per tutta la durata del ciclo produttivo della coltura principale mentre le seconde sono presenti durante il ciclo di due colture principali successive.

L'uso delle colture da copertura è un mezzo consolidato in frutticoltura, infatti consente di apportare al terreno sostanza organica ed elementi nutritivi, ridurre i fenomeni erosivi, limitare le perdite per lisciviazione dei nutrienti lungo il profilo del terreno (colture trappola o *catch crops*), mantenendone così la fertilità (Gregorich *et al.*, 1996; Reicosky e Forecella, 1998). Un terreno inerbito artificialmente e/o naturalmente risponde pienamente agli obiettivi ambientali e a quelli di una razionalizzazione agronomica ed economica dei moderni sistemi arboricoli. Nell'allegato 1 del Regolamento CE 2092/91 sul metodo di produzione biologico, si legge che *“la fertilità e l'attività biologica del suolo devono essere mantenute o aumentate mediante la coltivazione di leguminose, di concimi verdi o di vegetali aventi un apparato radicale profondo nell'ambito di un adeguato programma di rotazione pluriennale”*.

La scelta di una *cover crop* dipende dal periodo in cui deve essere seminata e dall'obiettivo per cui viene usata; comunque, spesso l'associazione di due o più tipi di piante diverse può migliorare l'effetto della copertura finale (Bethlenfalvay *et al.*, 1991).

Per l'ambiente mediterraneo, le leguminose annuali autoriseminanti

presentano elevate potenzialità di inserimento nei sistemi agricoli (Caporali e Campiglia, 2001). Esse rispondono appieno ai principi di sostenibilità, in quanto sono riserve native dell'ambiente mediterraneo capaci di sfruttare, aggiungere, conservare e riciclare elementi nutritivi, di controllare i patogeni e le erbe infestanti e di migliorare le caratteristiche fisiche del suolo (Campiglia, 1999).

Di seguito sono elencati e descritti i numerosi vantaggi che possono derivare dalla scelta di introdurre le “cove crops” in un sistema agricolo (apporto di azoto e riduzione dell'inquinamento da nitrati, arricchimento di sostanza organica e miglioramento della qualità del terreno, controllo dell'erosione, regolazione della flora infestante, lotta biologica) nonché le principali tecniche di gestione.

#### 4.1 Apporto di azoto e riduzione dell'inquinamento da nitrati

L'introduzione nel suolo delle colture da copertura contribuisce a migliorare la disponibilità di elementi nutritivi a vantaggio delle colture principali (Haynes, 1980). In natura l'azoto si caratterizza per la scarsa disponibilità di forme direttamente assimilabili dagli organismi vegetali e per l'elevata mobilità delle forme minerali all'interno del substrato pedologico.

Le concimazioni azotate sono necessarie per mantenere adeguati livelli produttivi, ma nel contempo sono anche fonte di impatto ambientale a causa di fenomeni di denitrificazione e lisciviazione (Erisman *et al.*, 2007; cit. da Mauro *et al.*, 2009). Attraverso una mirata valutazione della specie da

copertura è possibile ridurre notevolmente l'apporto di concimi azotati di sintesi, e contenere significativamente le perdite di azoto (Ingels *et al.*, 1998; cit. da Mauro *et al.*, 2009). Per quanto concerne il primo aspetto, numerose ricerche attestano che il sovescio di *Fabaceae* può soddisfare *in toto* o in gran parte il fabbisogno di azoto della coltura in successione (Caporali e Campiglia, 1994; Bonari *et al.*, 1997). Le leguminose, utilizzate come *cover crops*, sono in grado, grazie ai batteri simbiotici del suolo di fissare l'azoto atmosferico nelle piante, mentre le non-leguminose (*catch crop*) asportano dal terreno gli elementi nutritivi come l'N (sotto forma nitrica) impedendone la lisciviazione ed il K (Tarantino e Disciglio, 2006).

Le leguminose accumulano quantità differenti di azoto in relazione alla specie, alla fase del ciclo, alle caratteristiche pedoclimatiche dell'ambiente di coltivazione e alle modalità d'utilizzo della cotica erbosa (Vigil e Kissel, 1991; Quemada e Cabrere, 1995; cit. da Mauro *et al.*, 2009). In condizioni ottimali le quantità di N fissato nel terreno variano da 50 a 200 Kg ha<sup>-1</sup> per anno nei climi temperati, con una media di 80-100 Kg ha<sup>-1</sup>, fino ad alcune centinaia di Kg ha<sup>-1</sup> nei climi tropicali (Kuo e Sanjiu, 1998; Doran e Smith, 1991). Studi condotti da Lu *et al.*, 2000, mostrano come in ambiente mediterraneo significativi apporti azotati possono essere assicurati da *Medicago scutellata* (L.) Mill., *Trifolium incarnatum* L., *Trifolium alexandrinum* L., *Vicia dasycarpa* Ten.; la frazione di azoto disponibile per le colture in successione varia fra il 40 e il 60% e può soddisfare una quota rilevante del loro fabbisogno in azoto (Sullivan, 2003; Decker *et al.*, 1994; Abdul-Baki *et al.*, 1997).

Oltre a catturare l' N atmosferico e trasferirlo al suolo, queste specie possono intervenire sulla disponibilità degli elementi nutritivi evitandone la dispersione e l'allontanamento verso comparti ambientali impropri quali l'acqua e l'atmosfera. Con riferimento alle perdite di azoto si segnala che esse di norma raggiungono valori significativi nei terreni piuttosto ricchi di azoto. Negli ambienti mediterranei, in cui le precipitazioni invernali sovente determinano fenomeni di lisciviazione, come *catch crop* un ruolo importante possono svolgere alcune *Poaceae* microterme (*Secale cereale* L., *Avena sativa* L., ecc.) le quali tendono a ridurre le perdite di azoto, anche del 60% (Evans, 1977; Wiedenfeld *et al.*, 1999).

Se a livello aziendale la coltivazione delle *cover crops* comporta un minor impiego di mezzi tecnici quali concimi e fitofarmaci, a livello sociale i vantaggi riguardano più direttamente l'intera collettività, basti pensare al problema della protezione delle acque sotterranee dai nitrati di origine agricola ed extra agricola (Mantinger, 1990). L'adozione di colture da copertura per ridurre l'inquinamento da nitrati, ha la funzione di ricoprire il terreno nel periodo dell'anno in cui esso è maggiormente sottoposto all'azione degli eventi meteorici (Bonura, 1998).

#### 4.2 Arricchimento di sostanza organica nel terreno

Le *cover crops* contribuiscono a migliorare la fertilità del suolo attraverso l'aumento del contenuto in sostanza organica la quale, come è noto, influenza positivamente, le caratteristiche fisiche, chimiche e biologiche del terreno (Campiglia, 1999).

Un terreno inerbito si può considerare autosufficiente nei riguardi degli apporti di sostanza organica (Sequi, 1986); attraverso l'interramento parziale o totale delle *cover crops* si ottiene un aumento della sostanza organica nel suolo che permette di migliorarne la stabilità di struttura nonché la fertilità potenziale, grazie all'incremento delle attività microbiche coinvolte nei cicli biogeochimici degli elementi nutritivi (Chander *et al.*, 1997; Dick, 1992; Ladd *et al.*, 1994).

I benefici attuati dalla sostanza organica apportata con il *cover cropping* sono dipendenti da una serie di fattori, come la tipologia di specie utilizzata per l'inerbimento e il tipo di cotica erbosa che si intende realizzare (Baumeister, 1964; Warner, 1999).

Le specie di copertura che meglio si prestano a tale fine sono essenze ascrivibili alla famiglia delle *Fabaceae* e sono prevalentemente rappresentate da *Lupinus angustifolius* L., *Medicago scutellata* (L.) Mill., *M. truncatula* Gaertn., *Melilotus officinalis* (L.) Pallas, *Trifolium alexandrinum* L., *T. incarnatum* L., *T. subterraneum* L., *Vicia faba* var. minor (Harz) Beck e *V. villosa* Roth, tutte in grado di fornire produzioni areiche di sostanza secca superiori a 3 t ha<sup>-1</sup> (Cherr *et al.*, 2006). Qualora si intenda, tramite le *cover crops*, raggiungere il duplice obiettivo di migliorare le caratteristiche fisiche e nutrizionali del terreno, è opportuno ricorrere a miscugli costituiti da specie con caratteristiche complementari, come leguminose-graminace. È questo il caso delle consociazioni *Trifolium incarnatum* L.-*Secale cereale* L., *Pisum sativum* L.-*Secale cereale* L., *Vicia villosa* Roth.- *Triticum aestivum* L., *Vicia sativa* L.-*Avena sativa* L. (Griffin *et al.*, 2000; Cline e Silvernail, 2001).

#### 4.3 Miglioramento della qualità del terreno

Gli effetti benefici delle colture da copertura sulla struttura del terreno, sono dovuti al rilascio di fitomassa e di polisaccaridi, nonché alla salvaguardia degli aggregati strutturali dall'azione battente delle piogge. Il rilascio di fitomassa rappresenta un aumento di sostanza organica del terreno che, in rapporto al proprio stato di evoluzione, concorre a stabilizzare i grumi; a questo fine un ruolo non trascurabile rivestono anche i polisaccaridi emessi dalle radici. La protezione degli aggregati strutturali viene assicurata dalla fitomassa epigea attraverso lo smorzamento dell'energia cinetica delle piogge. La protezione degli aggregati risulta utile al fine di ridurre il rischio di formazione della crosta superficiale del terreno, strato destrutturato che ostacola l'infiltrazione idrica, gli scambi gassosi e l'emergenza delle plantule. L'accrescimento e la successiva decomposizione dell'apparato radicale delle cover crop, contribuisce anche ad un miglioramento della porosità del terreno, in maniera da ottimizzare il rapporto tra aria ed acqua tellurica (Breland, 1995; cit. da Mauro et al., 2009).

#### 4.4 Controllo dell'erosione del terreno

L'erosione idrica è un fenomeno geologico naturale che consiste nella distruzione degli aggregati strutturali del terreno e nel successivo trasporto delle particelle terrose ad opera dell'acqua e del vento. A parità di altre condizioni gli effetti da essa provocati risultano più evidenti nei terreni con aggregati superficiali facilmente erodibili e trasportabili, caratterizzati da

elevato contenuto in limo e/o argilla, ridotta sofficità, basso contenuto in sostanza organica, ossidi e sequossidi di alluminio e ferro, accentuata pendenza e scarsa velocità d'infiltrazione dell'acqua, ((Emde, 1990; Langdale *et al.*, 1991; Etienne e Valley 1995; Shanks *et al.*, 1998; Batey, 2009; cit. da Mauro *et al.*, 2009). Le piante da copertura hanno lo scopo di ridurre l'erosione causata dall'acqua e dal vento su tutti i tipi di terreno: lo sviluppo aereo di queste piante protegge la superficie del terreno mitigando l'azione battente delle piogge, mentre il loro apparato radicale stabilizza le particelle del suolo con conseguente maggior penetrazione e minor ruscellamento dell'acqua (Hoyt e Hargrove, 1986; Munawar *et al.*, 1990).

Langdale *et al.*, (1991) hanno stimato riduzioni dell'erosione idrica fino al 96%. I migliori risultati vengono assicurati dalle specie caratterizzate da un rapido accrescimento associato ad una folta vegetazione ed a un apparato radicale molto profondo. Negli ambienti mediterranei, in cui le precipitazioni si verificano quasi esclusivamente nel semestre autunno-vernino, l'utilizzo di cover crops a ciclo autunno-vernino-primaverile può notevolmente contribuire a ridurre l'erosione idrica. Apprezzabili effetti antierosivi sono assicurati da alcune *Fabaceae*, quali ad esempio *Trifolium subterraneum* L., *T. brachycalycinum* Katzn. et Morley e *T. hirtum* All., tutti dotati di efficienti meccanismi di autorisemina, nonché alcune mediche annuali (*Medicago* spp.) caratterizzate da una maggiore produzione di fitomassa epigea rispetto ai primi (Shanks *et al.*, 1998, Caporali e Campiglia, 2001; cit. da Mauro *et al.*, 2009).

#### 4.5 Regolazione della flora infestante

Il significato negativo di “infestante” o “malerba” è legato in maniera inscindibile al concetto economico che considera la pianta utile solo se sfruttabile dall’uomo. E’ così che una specie può essere vista come una componente della vegetazione naturale, un’infestante o una pianta utile per vari scopi. *Avena fatua* L., per esempio è al tempo stesso malerba, foraggera e pianta alimentare (Harlan e De Wet, 1965).

Le infestanti sono piante adattate agli ambienti antropici, che interferiscono con le attività, la salute e i desideri degli uomini (Holzner, 1978; Fryer, 1979); esse alterano l’ambiente nel quale vivono attraverso una molteplicità di meccanismi d’interferenza che si possono riassumere in due gruppi: il primo riguarda la competizione per le risorse limitate, quali nutrienti, luce ed acqua; l’altro riguarda invece il rilascio di sostanze biochimiche (allelopatia) che emesse da una pianta vanno ad influenzare le altre piante (Molisch, 1937; Hoffman *et al.*, 1996). La presenza di specie infestanti è una grossa limitazione per la produzione agricola delle colture (Clark *et al.*, 1999; Hutchinson e McGiffen, 2000) ed il loro controllo diventa pertanto un elemento essenziale (Davies *et al.*, 1997; Organic Farming Research Foundation, 2002). Le *cover crops*, modificando la struttura degli ordinamenti e quindi l’ambiente culturale, possono avere un forte impatto sulla comunità delle erbe infestanti.

Fin dall’antichità, alcune colture soffocanti quale la segale (*Secale cereale* L.), il sorgo (*Sorghum* spp) e l’avena (*Avena sativa* L.) erano utilizzate nelle rotazioni colturali per ridurre la popolazione delle infestanti. Il principale

obiettivo, qualora vengano usate le colture da copertura per il controllo delle infestanti, sarebbe quello di sostituire la popolazione delle malerbe non controllabili con una o più specie più facilmente controllabili. Questo è normalmente realizzato adattando il ciclo biologico delle colture da copertura in modo che esse prendano possesso della nicchia occupata dalla popolazione di erbe infestanti (Teasdale, 1996). Le colture di copertura a crescita invernale ben si adattano a questa finalità essendo spesso competitive verso le malerbe tanto da controllarne efficacemente lo sviluppo (Nelson *et al.*, 1991).

Altro vantaggio dell'impiego delle *cover crops* nel controllo delle infestanti, deriva dalla permanenza dei residui colturali, presenti in quantità tali da riuscire a creare un ambiente sfavorevole alla germinazione dei semi delle colture infestanti, attraverso la competizione e l'ombreggiamento (Teasdale e Daughtry, 1993). La biomassa delle colture da copertura, se lasciata in prossimità della superficie dei terreni, esercita un effetto di riduzione nella germinabilità dei semi delle malerbe attraverso modificazioni fisiche dell'ambiente colturale (cambiamenti nella disponibilità di luce, temperatura e umidità del suolo) e altri tipi di interferenze ricondotte principalmente ad effetti allelopatici (Teasdale *et al.*, 1993; Teasdale, 1996; Creamer *et al.*, 1996 a; Smeda e Weller, 1996)

Normalmente il controllo delle erbe infestanti risulta più efficace quanto più aumenta la biomassa residua e numerosi autori segnalano un controllo selettivo sulla germinazione (Crutchfield *et al.*, 1985; Mohler e Teasdale, 1993; Wicks *et al.*, 1994; Vidal e Barman, 1996).

In genere i semi di piccole dimensioni, derivanti da colture annuali, sono

fotoblastici (Putnam e DeFrank, 1982; Hartmann e Nezadal, 1990) e quindi più sensibili rispetto a quelli più grandi alla presenza di residui colturali posti in prossimità dagli strati superficiali del terreno. E' da rilevare comunque che la propagazione della luce attraverso i residui vegetali è molto eterogenea nonostante l'apparente uniformità di copertura (Teasdale e Mohler, 1993); circa 3 t ha<sup>-1</sup> di residui di vecchia villosa o di segale possono trasmettere più del 50% della densità di radiazione fotosinteticamente attiva (P.A.R.) in arrivo e questo può contribuire a spiegare la mancanza di un completo controllo delle erbe infestanti (Teasdale, 1996).

La riduzione delle temperature massime del suolo determinata dalla presenza di residui vegetali, pur non essendo sufficiente a prevenire la germinazione dei semi delle malerbe, può essere una delle cause di ritardo nell'emergenza di molte specie infestanti soprattutto di quelle microterme (Mohler e Teasdale, 1993).

L'efficacia delle colture da copertura nel controllo delle malerbe nella coltura in successione sembra dipendere anche dalle modalità e dai tempi di realizzazione del *mulching*. Smeda e Weller (1996) hanno rilevato che un *mulch* di segale è tanto più efficiente nel controllo delle infestanti del pomodoro, quanto più sono vicini i tempi tra la realizzazione del *mulch* e l'impianto del pomodoro stesso.

Un più efficace controllo sulla germinazione e sullo sviluppo delle erbe infestanti di quello realizzato con residui colturali disseccati, potrebbe essere ottenuto con una coltura da copertura che rimane viva "*living mulch*" per parte o per l'intera stagione di crescita della coltura principale (Lanini *et al.*,

1989; Enache e Ilnicki, 1990; Ilnicki e Enache, 1992; Teasdale e Daughtry, 1993). In questo caso la germinazione dei semi fotoblastici potrebbe essere inibita da una più efficace intercettazione della luce soprattutto nello spettro del rosso che è responsabile della interruzione della dormienza dei semi (Smith e Morgan, 1983). Inoltre le plantule delle erbe infestanti che riescono a germinare sono in una condizione di forte svantaggio competitivo nei confronti delle colture di copertura vive che si sono da tempo stabilizzate.

Studi condotti da Caporali e Campiglia, 2001 sul contenimento delle infestanti negli ambienti mediterranei caratterizzati da andamento climatico poco favorevole, dimostrano come l'utilizzo di leguminose annuali autoriseminanti è di grande interesse; queste specie, infatti superano la stagione avversa sotto forma di seme nel suolo, garantendo così la loro persistenza nella suddetta area per gli anni seguenti (Baskin & Baskin, 1978; Harper, 1977)

I residui vegetali di alcune cover crops lasciati sulla superficie del suolo, hanno manifestato, oltre agli effetti fisici, effetti tossici sulla germinazione dei semi e sulla crescita di altre piante (Putnam, 1985); questi effetti allelopatici sono molto complessi ed il loro potenziale dipende da una serie di fattori ancora non ben conosciuti, ma che possono dipendere dalla specie utilizzata, dalla parte della pianta nonché dalla sua età (Guenzi *et al.*, 1964; Lovett e Jessop, 1982; Oleszek e Jurzysta, 1987).

Generalmente le sostanze concentrate rilasciate dai residui vegetali hanno un effetto inibitorio, ma le stesse possono stimolare la crescita delle piante a basse concentrazioni (Weyman *et al.*, 1991); inoltre la stessa concentrazione

può avere un effetto positivo su una specie e negativo su un'altra (Leather, 1983). In ogni caso le piante sono particolarmente sensibili alla presenza di sostanze allelopatiche nella fase di germinazione per cui dette sostanze possono essere convenientemente sfruttate per un controllo selettivo delle infestanti (Putnam e DeFrank, 1982).

Tra le specie utilizzate come *mulch*, la segale risulta particolarmente efficace nel produrre sostanze allelopatiche e ridurre l'emergenza di numerose specie infestanti. (Chou e Patrick, 1976; Putnam e DeFrank 1982; Shilling *et al.*, 1985; Barnes *et al.*, 1987; Yenish *et al.*, 1995). Numerose sono le specie utilizzate normalmente come *cover crops* che producono sostanze allelopatiche inibenti la germinazione o lo sviluppo di specie infestanti. Tra queste possiamo ricordare *Vicia villosa* (Bradow e Connick, 1990; White *et al.*, 1989), *Brassica nigra* (Bell e Muller, 1973), *Sorghum vulgare* (Weston *et al.*, 1989), *Trifolium* e *Melilotus* spp. (Rice, 1984). Facendo riferimento a quest'ultimo genere, Blackshaw ed altri (2001) hanno rilevato utilizzando *Melilotus officinalis* come *cover crops* che le infestanti costituivano dall'1 al 12% della biomassa totale delle *cover crops*; inoltre a fine ciclo della coltura da copertura i residui della stessa avevano soppresso le infestanti del 75-90% in più rispetto ad un sistema di solo maggese.

Nelle tabelle (1 e 2) vengono riportate rispettivamente, alcune *cover crops* con le relative piante infestanti sulle quali hanno manifestato effetti allelopatici, la lista di sostanze allelopatiche individuate nelle più comuni colture da copertura (Weston, 1996). Alcuni autori suggeriscono di utilizzare un miscuglio di differenti specie come colture da copertura per potenziare

l'effetto allelopatico del *mulch*, e quindi controllare con più ampio spettro le infestanti presenti (Einhelling, 1987; Creamer *et al.*, 1996).

Tab. 1 - Controllo delle infestanti esercitato da alcune colture da copertura

Cover Crops	Soppressione delle infestanti	Referenze
<i>Vicia villosa</i> L.	<i>Chenopodium album</i> L., <i>Setaria Italica</i> L., <i>Cyperus esculentum</i> L., <i>Convolvulus</i> spp.	Teasdale <i>et al.</i> , 1993 White <i>et al.</i> , 1989
<i>Trifolium incarnatum</i> L.	<i>Convolvulus</i> spp., <i>Sinapis arvensis</i> , <i>Lolium multiflorum</i> L.	Teasdale <i>et al.</i> , 1993 White <i>et al.</i> , 1989
<i>Secale cereale</i> L.	<i>Chenopodium album</i> L., <i>Amaranthus retroflexus</i> L., <i>Ambrosia artemisiifolia</i>	Barnes e Putnam 1986 Schilling <i>et al.</i> , 1985
<i>Triticum</i> spp	<i>Convolvulus</i> spp., <i>Sida spinosa</i>	Liebl e Worsham, 1983
<i>Gossypium hirsutum</i>	<i>Cyperus esculentum</i> L., <i>Sinapis arvensis</i> L.	Hepperly <i>et al.</i> , 1992 Fuji <i>et al.</i> , 1992
<i>Sorghum vulgare</i> L.	<i>Lolium multiflorum</i> L.	Forney e Foy, 1985

Tab. 2-Sostanze allelopatiche individuate in alcune colture di copertura

Cover crops	Sostanze allelopatiche rilasciate
<i>Brassica nigra</i> L. Koch	Isotiocianato di allile ed altri inibitori solubili in acqua
<i>Fagopyrum esculentum</i> Moench	Acidi grassi
<i>Trifolium</i> spp; <i>Melilotus</i> spp.	Isoflavonoidi, fenolici
<i>Avena sativa</i> L.	Acidi fenolici, scopoletine
<i>Secale cereale</i> L.	Acidi fenolici, benzoazinoni
<i>Triticum aestivum</i> L.	Acidi fenolici, acidi semplici
<i>Sorghum</i> spp.	Acidi fenolici, murrina, sorgoleone, pidrossibenzaldeide, acido p-idrossibenzoico

#### 4.6 Lotta biologica

Tra le modificazioni più rilevanti indotte dalle cover crops vanno annoverati l'arricchimento e la diversificazione delle biocenosi degli agroecosistemi, cui seguono spesso effetti significativi sulle popolazioni di organismi fitopatogeni (Sullivan, 2003). In linea generale le *cover crops* contribuiscono a preservare le barriere opposte dalle specie coltivate (cuticole, cere, microrganismi antagonisti presenti sul filloplano) all'ingresso di alcuni patogeni, proteggendole dal vento o dall'effetto debilitante di alcune pratiche agronomiche. Le *cover crops* sono in grado di attirare e migliorare il grado di biodiversità permettendo la sopravvivenza di numerosi insetti utili (coccinellidi, sirfidi, crisopidi) capaci di predare quelli nocivi; esse ad esempio offrono rifugio e alimento a molte specie predatrici di acari, afidi e aleurodidi dannosi, diffusi nelle aree agrumicole (Bugg e Waddington, 1994).

#### 4.7 Tecniche di gestione delle cover crops di leguminose autorisemianti

Le "cover crops" possono essere sovesciate (green manure), utilizzate come pacciamme (mulch) o lasciate crescere sino a conclusione del loro ciclo biologico, come "living mulch".

Il sovescio se ripetuto per più anni, determina una riduzione della resistenza superficiale del suolo alla penetrazione ed incrementa la quantità di acqua infiltrata (Folorunso *et al.*, 1992). Studi effettuati in centro Italia hanno evidenziato che già alla fine di marzo è possibile apportare al suolo con la biomassa aerea di *M. scutellata* e *M. trunculata*, oltre 150 Kg ha<sup>-1</sup> di N, per

arrivare a quantitativi superiori a 250 Kg ha<sup>-1</sup> di N alla fine di maggio con i trifogli più tardivi, quali *T. subterraneum* cv Nuba e *T. yannicum* cv Larisa.

Se utilizzate come mulch in sistemi colturali a ridotta o assente lavorazione, le cover crops lasciate ad essiccare in superficie, intercettano la radiazione solare e modificano la temperatura del suolo e gli scambi gassosi tra terreno ed atmosfera, esercitando un effetto barriera; ciò determina riduzioni dell'escursione termica sullo strato più superficiale del suolo e delle perdite di acqua per evaporazione.

Questi effetti sono tanto più marcati quanto maggiore è la quantità di residui lasciati e la loro persistenza sulla superficie del suolo (Wagner-Riddle *et al.*, 1994).

L'adozione di mulches potrebbe risultare utile in ambiente mediterraneo durante il periodo estivo, quando le temperature del suolo sono troppo elevate per un ottimale accrescimento delle piante e l'acqua rappresenta un elemento limitante la produzione di molte colture primaverili-estive. Teasdale e Abdul-Baki, nel 1995, saggiando differenti mulches su una coltura di pomodoro, hanno osservato che 5 t ha<sup>-1</sup> di residui di veccia villosa (*Vicia villosa* Roth.), disposti in uno strato dello spessore di circa 5 cm sulla superficie del terreno, riducono la temperatura massima del suolo a 15 cm di profondità di 5° e 7° C rispetto al suolo nudo e a quello pacciamato con film di polietilene nero. La pacciamatura con *cover crops* (*Vicia villosa* Roth., *M. scutellata* Mill, *T. subterraneum* L. e *Lolium multiflorum* L.), ha esercitato un forte effetto di controllo sulle infestanti in pomodoro, come rilevato da Campiglia *et al.* (2003)

Nel caso in cui la *cover crop* non sia completamente devitalizzata ma convertita in un “living mulch” essa continua ad utilizzare l’acqua presente nel suolo e, se la disponibilità idrica risulta limitata, la coltura principale può mostrare riduzione di produzione riconducibile alla competizione per l’acqua. Quando usata come living mulch, la *cover crop* viene a costituire un sistema di consociazione con la coltura principale che può essere un’ortiva (Brandsaeter *et al.*, 1998), una coltura erbacea di pieno campo (Caporali, 1990) o una coltura arborea (Caporali *et al.*, 1987).

Comunque vengano utilizzate le colture di copertura hanno una marcata influenza sul contenuto idrico del suolo che risulta modificato a causa di:

- perdita d’acqua per traspirazione della copertura vegetale della *cover crop*;
- maggiore quantità di acqua di precipitazione infiltrata e trattenuta dal suolo;
- riduzione dell’evaporazione della superficie del terreno in presenza di un mulch;
- differente uso dell’acqua da parte della coltura che segue se la sua crescita è condizionata da limitate disponibilità idriche (Smith *et al.*, 1987).

Generalmente l’umidità del suolo al momento della soppressione di una coltura di copertura è inferiore rispetto a quella rilevata in un suolo nudo (Campbell *et al.*, 1984) e questo è uno dei maggiori svantaggi riscontrati nell’uso delle *cover crops* nei sistemi colturali in asciutto di tipo mediterraneo in quanto si possono ridurre le disponibilità di acqua per la coltura che segue (Utomo *et al.*, 1990; Townley-Smith *et al.*, 1993). Per evitare questo inconveniente alcuni autori (Munawar *et al.*, 1990; Ewing *et al.*, 1991)

suggeriscono che, in presenza di stagioni particolarmente siccitose, è preferibile sopprimere la coltura di copertura alcune settimane prima dell'impianto della coltura che segue (1-3 settimane) per ridurre il rischio di stress idrico.

## 5. UTILIZZO DELLE COVER CROPS NEGLI INERBIMENTI PILOTATI

### 5.1 Tipologie di inerbimento

Le tipologie di inerbimento che è possibile adottare differiscono in base alla specie utilizzata, alla durata dell'inerbimento, alla superficie destinata alla coltura erbacea o arborea, all'ambiente in cui si opera ed dall'agrotecnica adottata. Se la pratica agricola ha come obiettivo la crescita di flora spontanea come *cover crops*, si parla di inerbimento naturale, permanente oppure temporaneo. Nel caso di inerbimento permanente, la flora spontanea viene fatta sviluppare liberamente e in un secondo momento, mediante l'ausilio di mezzi agronomici, vengono favorite le specie meno esigenti nei confronti della competizione idrica e nutrizionale.

Con l'inerbimento naturale temporaneo, la crescita della flora spontanea è limitata a quei periodi dell'anno in cui la disponibilità d'acqua è sufficiente a soddisfare il fabbisogno delle specie vegetali, procedendo successivamente alla loro eliminazione agli inizi della stagione estiva mediante lavorazioni superficiali o l'impiego di erbicidi; questa modalità di inerbimento trova ampia diffusione negli ambienti caldo-aridi (Fontana *et al.*, 1999).

Se l'obiettivo è quello di mettere a dimora essenze coltivate, si parla allora di inerbimento artificiale o pilotato, che può essere anch'esso come la prima tipologia di inerbimento, permanente o temporaneo.

L'inerbimento pilotato permanente permette di avere una rapida e soddisfacente copertura del suolo mediante l'impiego di una o più specie.

Rappresenta una scelta idonea nei terreni a frazione argillosa prevalente, strutturati e molto costipabili, tanto più se la piovosità o la possibilità di irrigare risultano essere fattori limitanti. Fondamentale è la scelta dell'essenza o del miscuglio, per avere un cotico con durata più lunga possibile; la scelta deve indirizzarsi verso specie e varietà a taglia bassa, che non necessitino di continui sfalci, con una quantità contenuta di biomassa che permetta di agevolare il ricaccio. Le specie graminacee, che trovano un largo impiego in questo contesto, quali *Lolium perenne*, *Poa pratensis*, *Festuca rubra*, *Festuca ovina*, possiedono caratteri di rusticità, moderate esigenze nutrizionali, resistenza al calpestamento e buona competitività nei confronti delle specie infestanti. L'introduzione di una leguminosa nel miscuglio quale *T. repens* o *L. corniculatus*, permette al cotico autonomia nutrizionale, ma determina una minore durata nel tempo, una maggiore competizione idrica e una diminuzione della portanza del suolo (Fontana *et al.*, 1999).

Pertanto se l'obiettivo da perseguire fosse quello di limitare al massimo la competizione idrica e nutrizionale nei confronti della coltura arborea, sarebbe preferibile utilizzare essenze come *Festuca ovina*, *Festuca rubra*, *Poa pratensis* o *Agrostis tenuis*.

L'inerbimento artificiale temporaneo, viene adottato soprattutto per limitare i danni derivanti dal processo erosivo ma anche per incrementare la frazione organica del terreno, migliorandone di conseguenza struttura ed attività microbica. Vengono utilizzate specie che presentano un breve ciclo biologico, una rapida crescita e che producano un'elevata quantità di biomassa.

L'inerbimento artificiale temporaneo può essere autunnale o primaverile. Il

primo è adottato principalmente per ridurre l'erosione nei periodi in cui si ha un'elevata concentrazione di precipitazioni piovose; il secondo trova diffusione nei terreni umidi, con scarsa portanza in primavera, ma soggetti alla siccità estiva.

Relativamente alla superficie destinata alle *cover crops*, si possono delineare diverse soluzioni:

- inerbimento totale che si attua in zone con elevate disponibilità idriche e nutritive;
- Inerbimento parziale a strisce che trova impiego nelle aree più siccitose e consiste nell'inerbire l'interfilare lasciando pulito il sottofila;
- Inerbimento parziale a filari alterni che è utilizzato in aree collinari con scarsa disponibilità idrica e soggette a processi erosivi.

## 5.2 Impiego di leguminose annuali autoriseminanti come cover crops nei sistemi erbacei

L'impiego più conosciuto delle leguminose annuali autoriseminanti come cover crops all'interno di sistemi di colture erbacei è il "ley-farming-system", adottato sin dagli anni 30 del secolo scorso come sistema agropastorale nelle regioni mediterranee dell'Australia del sud, dove la piovosità annua varia da 250 a 500 mm, e che fa affidamento principalmente all'uso delle mediche e del trifoglio sotterraneo. (Cocks, 1988; Weber *et al.*, 1976). La tecnica consiste nel seminare assieme il cereale e la leguminosa autoriseminante. L'attitudine all'autorisemina, che deriva dalla dormienza di quest'ultima, darà luogo ad un'immediata coltura di cereale, seguita per uno o due anni dalle

leguminose. Le leguminose vengono avvicendate a cereali autunno-vernini da granella quali il frumento, l'orzo e l'avena in sequenze colturali di durata variabile da 2 a 6 anni, in relazione all' ambiente pedoclimatico e alla specie leguminosa impiegata.

Questo sistema ha costituito una notevole innovazione agronomica, facendo evolvere il tradizionale avvicendamento colturale discontinuo, basato sul cereale autunno-vernino e maggese in un sistema colturale continuo, dove le leguminose da copertura hanno sostituito quest'ultimo, dando un favorevole impulso alla produttività e sostenibilità degli agroecosistemi in ambiente mediterraneo.

I vantaggi di questa tecnica sono molteplici e riguardano: una maggiore produzione e una migliore qualità del cereale grazie alla fissazione dell'azoto atmosferico da parte delle leguminose ed al conseguente arricchimento del terreno; il miglioramento della struttura del suolo; la diminuzione dell'erosione rispetto al maggese nudo; la diversificazione dei redditi aziendali mediante l'introduzione delle produzioni animali con riduzione dei rischi connessi all'andamento di mercato.

Attualmente il Ley-farming in sud Australia è in declino per il basso numero di specie annuali autorisemanti adatte a questo sistema e per una serie di cause ambientali (salinizzazione dei suoli), economiche (declino dei prezzi agricoli soprattutto delle produzioni animali), biologiche (sviluppo di erbe infestanti resistenti agli erbicidi e presenza di nuovi insetti e patogeni). Negli ultimi decenni sono stati fatti alcuni tentativi di introduzione del ley-farming in zone aride del bacino del mediterraneo, soprattutto in Medio Oriente e

Africa del Nord o nelle praterie Nordamericane. Tuttavia, questo sistema agrario è risultato generalmente insoddisfacente, soprattutto in termini di persistenza della foraggera, a causa dell'inadeguatezza delle specie o varietà diffuse commercialmente, per le scarse conoscenze sull'ecologia, la fisiologia e la adattabilità delle stesse. Anche in Italia, il ley-farming non ha riscosso successo probabilmente a causa del difficile adattamento dei genotipi di leguminose autoriseminanti selezionati esclusivamente per l'ambiente australiano (Piano e Annichiarico, 1995). Per l'Italia centro-meridionale è stato proposto l'uso delle leguminose autoriseminanti in sistemi erbacei più intensivi del ley-farming, caratterizzati dalla successione di un cereale autunno-vernino con una coltura primaverile-estiva (Caporali e Campiglia, 1993). In questo caso la leguminosa funge da "living mulch" nel cereale autunno-vernino, da cover crops dopo la raccolta di quest'ultimo e la successiva autorisemina, da "green manure" o "death mulch" a favore della coltura primaverile che segue. La prima fase del sistema si realizza con la semina contemporanea del cereale e della leguminosa; (caratterizzata da una bassa quota di semi duri), alternando file binate di cereale con bande di leguminose. Dopo la raccolta del cereale rimangono sul campo le stoppie, il paccame e i semi di leguminose che, con le prime piogge autunnali germinano e danno vita ad una cover crop in grado di svilupparsi durante il periodo piovoso dell'anno.

Nei sistemi colturali che fanno ricorso a tecniche di "conservation tillage" e quindi di minima o nessuna lavorazione del terreno, la biomassa di leguminose viene utilizzata come paccame organico sul quale impiantare la

coltura primaverile-estiva in irriguo. Risultati soddisfacenti sono stati ottenuti su mais, pomodoro e peperone, con forte riduzione dei fabbisogni azotati e degli interventi per il controllo delle erbe infestanti ed incrementi di produzione della coltura impiantata sul mulch rispetto a quella convenzionale.

### 5.3 Impiego di leguminose autoriseminanti come cover crops nei sistemi arborei

Nella gestione delle *cover crops* con le colture arboree diventa fondamentale ridurre al minimo la competizione per l'acqua e nutrienti tra specie erbacea e specie arborea; il primo requisito è quindi la complementarità del ciclo biologico. Nell'ambiente mediterraneo, la maggior parte delle specie arboree si sviluppano e fruttificano in estate, periodo in cui le leguminose sono presenti nel terreno come seme in uno stato di vita latente. In questo modo si realizza una spiccata complementarità che riduce al minimo i fenomeni di competizione e permette una maggiore efficienza d'uso delle risorse ambientali. L'uso delle leguminose da copertura associate alle colture arboree, se condotto in regime di agricoltura biologica, risponde a pieno ad alcune delle caratteristiche chiave richieste ai sistemi biologici stessi (Stockdale *et al.*, 2001) quali:

- mantenimento della fertilità del suolo attraverso il continuo apporto di sostanza organica con lo sfalcio della specie erbacea, la riduzione o l'eliminazione delle lavorazioni e il miglioramento dell'attività biologica;
- incremento di azoto, attraverso l'azotofissazione biologica dell'azoto atmosferico e il riciclo degli elementi nutritivi;
- controllo delle specie infestanti, in virtù della spiccata competizione della maggior parte delle leguminose autoriseminanti;
- minore incidenza di patogeni in virtù di una maggiore biodiversità;

- riduzione dell'impatto del sistema agricolo sull'ambiente circostante, grazie alla conservazione delle specie native, a cui molte leguminose autoriseminanti appartengono.

Nell'ambito delle leguminose annuali disponibili, *T. subterraneum* e mediche annuali sono apparse particolarmente adatte ad essere utilizzate come specie da inerbimento per i sistemi arborei in ambiente mediterraneo. Esperienze in atto da un ventennio al centro Italia su vigneti, nocciolati, pescheti, hanno permesso di individuare genotipi di *T. subterraneum* capaci di adattarsi alle più differenti condizioni climatiche (sino a temperature di -7° C) e pedologiche (da terreni tendenzialmente sabbiosi a quelli argillosi con pH compreso tra 5,2 e 7,5) (Caporali *et al.*, 1987). Le produzioni di vite, nocciolo e pesco utilizzando idonee cultivar di trifoglio sotterraneo sono risultate pari o superiori a quelle ottenute con la tradizionale tecnica di gestione del suolo.

In generale le specie arboree manifestano delle flessioni nelle produzioni nell'anno d'impianto delle *cover crops*, ma successivamente le rese tendono a crescere per poi stabilizzarsi a livelli anche superiori a quelli ottenuti con la gestione convenzionale del suolo.

Facendo un'oculata scelta delle cultivar di *T. subterraneum* è inoltre possibile avere riflessi positivi sulla qualità del prodotto. Miller *et al.*, 1998, suggeriscono inoltre che maggiori vantaggi sia qualitativi che quantitativi possono raggiungersi associando all'inerbimento anche la gestione in irriguo degli arboreti come già accade in molti ambienti del mediterraneo.

### 5.3.1 Inerbimento e infestazione in agrumeti

In agrumicoltura il controllo delle erbe infestanti è un grave problema sia per gli effetti che queste hanno sull'accrescimento delle piante, sia per l'impegno di lavoro e di energia richiesti.

L'ambiente delle infestanti negli agrumeti oltre che dal suolo e dal microclima è influenzato dalla copertura delle chiome degli alberi e dal costante ripetersi negli anni delle operazioni colturali; tutto ciò contribuisce a selezionare le tra le essenze della flora di una regione, le infestanti che potenzialmente potrebbero insediarsi in una coltura. La vegetazione infestante degli agrumeti è caratterizzata dalla presenza di alcune entità maggiormente diffuse a cui si associano un numero più o meno elevato di entità poco frequenti, come ad esempio *Oxalis pescaprae* che si può osservare negli agrumeti nei mesi invernali. Da ricerche condotte sulle infestanti degli agrumeti siciliani (Luciani e Maugeri, 1984; Maugeri, 1979; Pratt *et al.*, 1959; Gresta *et al.*, 2008), emerge chiaramente la differenziazione tra due tipi di vegetazione, invernale-primaverile ed estivo-autunnale, che si alternano nel corso dell'anno raggiungendo la fase ottimale il primo nel mese più freddo e il secondo nel mese più caldo dell'anno.

Di seguito si riportano le essenze rilevate da Luciani e Maugeri, 1984 in agrumeto, distinte in tre gruppi:

essenze presenti nel periodo invernale- primaverile

*Bromus spp.*  
*Calendula arvensis*  
*Chrysanthemum coronarium*  
*Chrysanthemum segetum*  
*Lolium rigidum*  
*Oxalis pes-caprae*  
*Poa annua*  
*Stellaria media*  
*Stellaria neglecta*  
*Arum italicum*

essenze presenti nel periodo estivo-autunnale

*Amarantus*  
*Chenopodium album*  
*Cyperus rotundus*  
*Digitaria sanguinalis*  
*Echinochloa crus-galli*  
*Portulaca oleracea*  
*Setaria*

essenze presenti per buona parte dell'anno

*Convolvulus arvensis*  
*Cynodon dactylon*  
*Urtica urens*  
*Solanum nigrum*  
*Parietaria diffusa*  
*Sonchus oleraceus*

La presenza di differenti essenze in determinati periodi dell'anno è legata alla germinabilità dei loro semi e alle esigenze termiche e fotoperiodiche ai fini della fioritura (Luciani e Maugeri, 1984).

Le essenze a ciclo invernale-primaverile presentano elevati valori di germinabilità a temperature relativamente basse, non mostrano esigenze di basse temperature e sono longidiurne.

Le essenze a ciclo estivo-autunnale presentano massimi valori di germinabilità a temperature comprese tra 30 e 40° C, accelerano la fioritura in presenza di basse temperature e sono brevidiurne.

Le entità presenti per buona parte dell'anno non manifestano marcate esigenze sia per la germinazione dei loro semi, che per l'induzione florigena.

## 6 SPECIE LEGUMINOSE AUTORISEMINANTI OGGETTO DI STUDIO

### 6.1 Principali caratteristiche di *Medicago*

Le mediche annuali si distinguono dall'erba medica per avere un ciclo produttivo annuale e a differenza delle poliennali sono autogame. Questa caratteristica le indica tra le più recenti in ordine di evoluzione del genere *Medicago* e ne consente la sopravvivenza nelle regioni mediterranee in cui, a causa delle scarse precipitazioni poche piante arrivano allo stadio di fruttificazione.

Presentano radice fittonante, molto robusta lunga 4-5 metri (può raggiungere anche i 10 metri). Il fusto è strisciante o eretto, ricco di numerosi germogli laterali. Le foglie sono alterne, trifogliate e picciolate; la fogliolina centrale presenta un picciolo più lungo delle foglioline laterali.

Le infiorescenze sono racemi con in media una decina di fiori che presentano brevi peduncoli. Il fiore è quello tipico delle leguminose, composto da 5 petali: i due inferiori sono più o meno saldati fra loro e formano la carena, ai lati di questa si trovano altri due petali od ali e superiormente vi è il vessillo composto dal quinto petalo. Gli stami sono in numero di dieci; il pistillo è costituito da un ovario composto da 2-7 ovuli, da uno stilo corto e da stigma

bilobato. Il nettario è formato da un rigonfiamento del tessuto nettarifero situato all'interno del tubo formato dagli stami e circostante l'ovario. I granuli pollinici sono quasi triangolari visti dall'alto ed ovulari visti frontalmente; presentano tre solchi muniti di pori.

Il frutto è un legume spiralato destro o sinistro giro, con superficie reticolata e pubescente. La sutura dorsale del legume, posta all'esterno, presenta una costolonatura che al momento della deiscenza dei semi origina un filamento ritorto su se stesso. I semi sono molto piccoli, lunghi circa 2 mm e larghi 1 mm.

In commercio si trovano soprattutto varietà australiane, in genere selezionate da germoplasma collezionato nel bacino del mediterraneo e caratterizzate da notevole precocità di sviluppo. Le varietà australiane sono per lo più adatte a situazioni di aridità e alte temperature, ma sono quasi tutte caratterizzate da alternanza di produzione, dovuta al fatto che la rottura della durezza del seme richiede tempi molto lunghi rispetto al trifoglio sotterraneo. Questo aspetto può essere ulteriormente accentuato dalla loro coltivazione nell'interfilare dell'agrumeto dove, a causa, dell'ombreggiamento, l'escursione termica che favorisce la rottura del tegumento dei semi duri, è nettamente inferiore rispetto a quella di un campo aperto. Ciò spiega l'aleatorietà produttiva e la saltuarietà della copertura con mediche annuali rilevata praticamente in tutte le sperimentazioni nelle quali sono state utilizzate. In Sicilia, nell'ambito di una collezione di germoplasma effettuata dalla Sez. di Scienze Agronomiche sull'altopiano Ibleo, sono state rinvenute 9 specie (*Medicago ciliaris*, *M.*

*rugosa*, *M. aculeata*, *M. hispida*, *M. minima*, *M. murex*, *M. orbicularis*, *M. tornata*, *M. truncatula*) con diversi ecotipi afferenti a ciascuna di esse

*Medicago scutellata* L.

#### Caratteri botanici e biologia

È una specie annuale a ciclo autunno-vernino, con portamento semiprostrato, di notevoli dimensioni (70-130 cm). Le foglie di dimensioni pari a 30-35 mm di lunghezza e 25-30 mm di larghezza (Salsano G., 1996), si presentano obovate, ovate o romboidali con lieve dentellatura, superiormente glabre, tomentose sotto. Le stipole sono intere, con dentellature mediamente profonde rivolte leggermente all'indietro. I racemi sono di lunghezza pari al peduncolo della foglia ascellare, con mucrone apicale. I legumi sono emisferici, con quattro sei spire antiorarie, privi di spine, avvolti all'interno di una semisfera e a maturità si distaccano con facilità. I semi di notevoli dimensioni, presentano un'elevata percentuale di semi duri (75-80%) (Chaia Clara Hein, 1963).

#### Esigenze ed adattamento ambientale

Si adatta bene ai suoli argillosi, calcarei e di medio impasto, con pH compreso tra 6,5 e 9 dove è diffusa come specie spontanea; è molto sensibile al freddo e per esaltare le notevoli capacità produttive necessita almeno di 450-500 mm di piogge, ben distribuite nel corso del ciclo colturale; si sviluppa e cresce bene sia in clima mediterraneo che sub tropicale. Generalmente non soffre di

malattie fogliari ed ha una buona tolleranza e resistenza ad una vasta gamma di insetti durante la fase vegetativa di sviluppo. Fornisce livelli eccellenti di produzione foraggera tardiva in inverno e in primavera..

### Varietà

In commercio si trovano diverse varietà di origine australiana quali Kelson, Sava, Sair, e Robinson.

La cv. Kelson utilizzata nelle nostre prove, fu selezionata da E.J. Lehane a partire da 50 varietà di *Medicago scutellata*, valutate a Toowoomba e nell'entroterra meridionale del Queensland. Kelson è il nome dell'azienda situata nella regione del Darling Downs dove la pianta fu selezionata.

Le piante madri sono mantenute dal Queensland Department of Primary Industry del South Australian Seedgrowers Cooperative Limited (S. E. E. D. C. O.).

La cv. Kelson ha semi e baccelli più grandi rispetto alle altre varietà commerciali e risponde bene alla coltivazione in assenza di competizione. È una specie a fioritura tardiva, seminata in maggio-giugno fiorisce dopo circa 100 giorni, contro i 79 e 73 rispettivamente di Robinson e Sava. Diversamente dalle cultivars precoci che sono insensibili alla vernalizzazione ed al fotoperiodo, la Kelson non fiorisce né prima né durante l'inverno e di conseguenza produce seme di scarso valore nutrizionale, anche se questo ha poca importanza nei sistemi di copertura.

Produce sino a 300 Kg ha<sup>-1</sup> di seme pulito e cioè la metà rispetto alle varietà a fioritura precoce nelle stesse condizioni di coltivazione.

La percentuale di seme duro è quasi del 90% contro il 73-74% della Robinson.

### Utilizzazioni

La *Medicago scutellata* coltivata da sola o in consociazione con le graminacee si può utilizzare oltre che per cover crops, per pascolo, fieno e fieno-silo.

Si utilizza per il pascolo nelle prime fasi vegetative della pianta e in seguito, verso la fine del mese di febbraio, si destina la produzione a fieno.

Per fieno, si effettua un unico sfalcio nel periodo di aprile-maggio. La produzione in fieno della *Medicago scutellata* in consociazione con le graminacee varia dai 40-50 q ha<sup>-1</sup> ai 100 q ha<sup>-1</sup>, consentendo rispetto alle altre essenze foragere, un aumento di produzione stimabile intorno al 15-20%.

Per l'ottenimento del fieno-silo si effettua lo sfalcio del foraggio quando le piante si trovano allo stadio della fioritura, con una falcia-condizionatrice, lasciando l'erba sfalciata sul campo per alcuni giorni, fino a portare il valore della sostanza secca intorno al 28-30%. Successivamente si procede ad insilare il foraggio effettuando la raccolta con una macchina trincia-caricatrice. La produzione in fieno silo varia dai 250 ai 350 q ha<sup>-1</sup>.

*Medicago ciliaris* L. (All.)

#### Caratteri botanici e biologia

E' una specie annuale, a portamento prostrato, culmo pieno a sezione quadrata. Il fusto si presenta angoloso, striato, subglabro, di colore rossiccio. Le foglie, di forma obovata trapezoidale e rotondeggiante con mucrone apicale presentano talvolta una macchia centrale; esse possiedono stipole ben sviluppate (9-10 mm), con denti lineari. Con lo stropicciamento delle foglie si ha emissione di odore di cumarina. I fiori, di colore giallo intenso, si presentano isolati o riuniti in gruppi di 2-3 su peduncoli comuni, con calice tomentoso con mucroncino apicale.

Il legume globoso, grande 1-3 cm, risultando il più grosso legume fra le specie di *Medicago* conosciute in Italia, presenta 5-7 spire con doppia fila di denti pungenti ricoperti di densa peluria e divergenti, presenta al suo interno 6-8 semi di colore rossiccio scuro e nero allo stato secco.

### Esigenze ed adattamento ambientale

Diffusa prevalentemente su suoli argilloso-calcarei con pH alcalino; buone le capacità produttive nel periodo primaverile.

### Varietà

Non esistono varietà commerciali ma solo ecotipi.

### Utilizzazioni

Ha un ottimo rigoglio vegetativo, una buona capacità di ricaccio ed una discreta persistenza; sulla base di queste caratteristiche la specie è ritenuta indicata per la composizione di miscugli per prati-pascolo polifitici e di erbai autunno vernini.

*Medicago rugosa* Desr.

### Caratteri botanici e biologia

E' una specie annuale a portamento semiortotropo, tendenzialmente assurgente, raggiungente anche i 50-60 cm di altezza. Il fusto si presenta angoloso, di colore verde striato, semiglabro. Le foglie trifogliate, appaiono affusolate, a margine lievemente seghettato, forma obovata e romboidale più o meno allungata, con dentellature superiori. Stipole intere di 8-12 mm di lunghezza, con 10-12 dentellature evidenti ma non profonde sul bordo di ogni stipola.

I fiori, all'ascella della foglia, sono di colore giallo e molto piccoli; essi sono singoli o portati in racemi di 2-3 fiori. Frutto a forma di chiocciola, senza

spine e glabrescente, con diametro di 6-10 mm, 2-3 spire prive di setti divisorii con 15-30 nervi radiali ingrossati; nel suo interno presenta 1-3 semi reniformi. I legumi cadono facilmente anche prima della maturità.

#### Esigenze ed adattamento ambientale

E' una specie presente su terreni a reazione neutra ed alcalina.

#### Varietà

Specie non molto diffusa; il seme è disponibile in commercio e le cv. di maggior utilizzo, sono Paraponto e Paragona. (Reg. of Austr. Herb. Plant Cultivars, 1978).

#### Utilizzazioni

Non persiste a lungo sotto pascolamento presentando steli teneri particolarmente apprezzati dagli animali. Per il suo ottimo rigoglio vegetativo è utilizzata per erbai autunno-vernini di elevata produttività.

#### 6.2 Principali caratteristiche di *Trifolium*

Il termine *Trifolium* mette insieme due radici latine, "*tres*" e "*folium*", indicando la caratteristica più appariscente di queste piante, ovvero, foglie composte da "tre foglioline" in disposizione digitata. Il genere fu istituito da Linneo e ad esso, attualmente, si attribuiscono circa 300 specie distribuite essenzialmente nelle regioni temperate e subtropicali dell'emisfero nord; poche specie vivono spontanee sulle Ande e nell'Africa meridionale. La flora

spontanea dell'Italia è ricca di specie di *Trifolium*, il Fiori ne indica una sessantina, mentre, il Fenaroli nella descrizione della flora delle Alpi, ne riporta una dozzina, alcune delle quali endemiche delle zone più alte delle Alpi e degli Appennini. In Sicilia, sull'altopiano Ibleo sono state reperite 11 specie (*Trifolium angustifolium*, *T. cherleri*, *T. fragiferum*, *T. incarnatum*, *T. michelianum*, *T. campestre*, *T. resupinatum*, *T. scabrum*, *T. spumosum*, *T. stellatum*, *T. tomentosum*).

Si tratta di piante erbacee, annuali o perenni con foglie composte, raramente cinque-sette. I fiori sono riuniti in infiorescenze a capolino, o spiga, raramente in ombrelle o solitari, sessili o pedunculati. Il calice è persistente, campanulato o gibboso. La corolla è a petali che avvizziscono senza cadere. Il frutto è un legume di forma ovale e compressa.

*Trifolium subterraneum* L.

#### Caratteri botanici e biologia

È annuale di bassa taglia (15-30 cm), a radice fittonante, stelo tomentoso che tende ad indurirsi alla fine della fioritura. Presenta foglie trifogliate scarsamente tomentose e marcature fogliari in estensione crescente per i  $\frac{3}{4}$  della base trasversale fogliare. L'infiorescenza è a capolino, composta da fiori sessili con calice persistente e campanulato, corolla a petali di colore bianco con bande rossastre. Il falso frutto definito glomerulo, è formato da 3-5 legumi ciascuno con un solo seme. Dopo l'impollinazione cleistogama, il peduncolo dell'infiorescenza (composto da 3-7 fiori), si allunga verso il basso spingendo la struttura florale nel terreno, questa caratteristica ne permette la

definizione di specie “autoriseminante” per eccellenza. I semi sono obovati e ovali, glabri e di colore nerastro.

### Esigenze ed adattamento ambientale

E' una leguminosa vernina che facilmente si adatta alle diverse condizioni ambientali ma che soffre le temperature troppo rigide nel periodo invernale. Cresce bene in terreni acidi e su suoli ben drenati. In primavera, i getti stoloniferi si allungano sul terreno in modo da costituire a fine maggio un tappeto erboso assai fitto, assicurando una buona copertura del suolo e mostrando un'elevata capacità di competizione con le infestanti (Enanche e Ilnicki, 1988). È caratterizzato da una spiccata sciafilia per cui si sviluppa bene anche nelle condizioni di ombreggiamento come negli agrumeti (Caporali *et al.*, 1994).

Il trifoglio produce gran parte dei suoi semi sotto la superficie del suolo e prima del periodo estivo autorisemina senza necessitare di alcuna lavorazione del terreno; lo strato di materiale secco che ne risulta da luogo ad una strato pacciamante che limita l'evaporazione e lo sviluppo delle malerbe.

Il trifoglio sotterraneo è caratterizzato da buona produzione primaverile di seme con una scarsa percentuale di semi duri, che tra l'altro diminuisce con il passare dei mesi verso l'autunno, quando le escursioni termiche tra giorno e notte accelerano il processo di interruzione della dormienza tegumentale (Salsano, 1993).

### Varietà

Negli ultimi decenni il trifoglio sotterraneo considerato risorsa strategica ed equilibratrice dell'ambiente mediterraneo è stato sottoposto ad una intensa attività di miglioramento genetico. Infatti, sono state costituite oltre 50 varietà commerciali, originarie quasi esclusivamente del bacino del Mediterraneo, anche se sul mercato sono presenti in prevalenza cv. australiane.

Si ricordano la cv. Mount Barker (tardiva) utilizzata nelle prove oggetto della tesi, Geraldton (precoce), Seaton Park (semi-precoce), Woogenellup (media) e Laure (tardiva). Oggi si stanno diffondendo anche cultivar di origine spagnola quali Orellana (precoce) e Areces (media).

### Utilizzazioni

Il *Trifolium subterraneum* è la specie più nota tra le autoriseminanti per il gran numero di studi condotti prima in Australia e poi in Nuova Zelanda (Cocks *et al.*, 1979; Taylor *et al.*, 1979), successivamente in Europa (Crespo e Romano, 1978; Talamucci e Pazzi, 1982 ;Piano *et al.*, Masson, 1987; Pardini, 1992). La sua versatilità nell'Europa mediterranea è comprovata dal successo che ha ottenuto per le sue possibili destinazioni produttive ed extraprodotte, e cioè:

– costituzione di pascoli artificiali a lunga persistenza (per l'alta produttività, l'abbondante quantità di semi nel suolo e durata del ciclo)

(Bullitta *et al.*, 1991; Gomez Pitera, 1985; Gonzales Lopez, 1990 Masson e Gooby, 1989; Pardini, 1992; Piemontese, 1994);

– rinfittimento dei pascoli naturali (per la rapidità nell’insediamento, il basso contenuto di semi duri) (Olea *et al.*, 1985; Sulas *et al.*, 1995);

– costituzione di cotiche pascolabili sotto copertura forestale (per la tolleranza all’ombreggiamento, la bassa quantità di necromassa residua e brevità del ciclo) (Armand, 1995; Masson, 1995; Ovalle e Del Pozo, 1995; Pardini *et al.*, 1994);

– inerbimento di bande parafuoco con funzione antincendio e antierosiva (per la bassa quantità di necromassa, l’altezza contenuta e la banca semi nel suolo) (Etienne, 1989; Etienne e Valley, 1985; Pardini *et al.*, 1993, 1995);

– utilizzazione come “*cover crops*” (inerbimenti realizzati con questa leguminosa sono stati segnalati soprattutto in vigneti (Masson e Ginzburger, 1986; Masson, 1991; Moulis, 1992; Campiglia e Caporali, 1995; Piemontese *et al.*, 1995 a e b) e nocioleti (Caporali *et al.*, 1987; Caporali *et al.*, 1998; Caporali *et al.*, 1991; Campiglia e Caporali, 1995; Caporali *et al.*, 1994).

### 6.3 Principali caratteristiche di *Scorpiurus*

Le specie di *Scorpiurus* sono leguminose spontanee che si dividono in due specie *Scorpiurus vermiculatus* L. , che ha il legume con tubercoli fungiformi, capitati e infiorescenze ridotte a 1-2 fiori (specie del bacino inferiore del Mediterraneo, in Italia assai rara e localizzata) *Scorpiurus muricatus* L., che ha il legume con tubercoli o spine uncinato e che comprende due Sottospecie: ssp. *sulcatus* con legume con spine semplici e sottili ed ssp. *subvillosus* con spine uncinato o bifide, la più frequente nel nostro territorio.

*Scorpiurus muricatus* L. ssp. *subvillosus*

#### Caratteri botanici e biologia

Pianta erbacea annuale finemente pubescente di 5-15 cm (40 cm), fusto generalmente strisciante o raramente allungato, ascendente. Foglie alterne, semplici con nervature parallele, spatolate od ovali, attenuate in un lungo picciolo con il lembo sparsamente tomentoso; stipole triangolari-lanceolate. Fiori ermafroditi, zigomorfi, pentameri, portati da lunghi peduncoli (maggiori delle foglie), e riuniti (2 o massimo 5) in infiorescenze ascellari. Calice glabro o pubescente, con denti lineari più o meno patenti, maggiori o minori del tubo. Corolla gialla o purpurea con vessillo venato di bruno. Il frutto è un legume indeiscente irregolarmente contorto e arrotolato, contornato da spine.

### Esigenze ed adattamento ambientale

Si adatta in suoli ben esposti, incolti, aridi, bordo strade, macchie, garighe fino a 1.200 m.

### Varietà

Non esistono varietà in quanto lo *Scorpiurus*, data la capacità di autorisemina, risulta essere un'essenza spontanea del bacino del Mediterraneo (Beale *et al.*, 1991).

### Utilizzazioni

Produce una cospicua biomassa con elevato contenuto proteico (Abbate e Maugeri, 2006; Licitra *et al.*, 1997); per cui può dare un contributo essenziale nel soddisfacimento alimentare del bestiame, ottenendo produzioni zootecniche di pregio (Carpino *et al.*, 2004a; 2004b). E' caratterizzato da una elevata percentuale di semi duri, peculiarità che ne assicura una persistenza nella banca semi nei pascoli naturali, ma allo stesso tempo rappresenta un limite per la coltivazione come coltura pura (Gresta *et al.*, 2007).

# **PARTE SPERIMENTALE**

## 1. SCOPO DEL LAVORO

Fra i possibili impieghi delle leguminose annuali autoriseminanti quello come colture di copertura può rappresentare un valido contributo per aumentare la sostenibilità dei sistemi colturali in ambiente mediterraneo; infatti un terreno inerbito artificialmente e/o naturalmente risponde pienamente agli obiettivi di salvaguardia dell'ambiente ed a quelli di razionalizzazione agronomica ed economica dei moderni sistemi arboricoli. Come già ampiamente illustrato in premessa, numerosi sono i vantaggi che derivano dalla scelta di introdurre queste colture in un sistema agricolo come quello agrumicolo. Gli inerbimenti pilotati svolgono importanti funzioni di arricchimento di sostanza organica, fissazione di azoto e miglioramento della calpestabilità del terreno, controllo delle infestanti (Gresta *et al.*, 2008).

Il successo di questa tecnica è in gran parte legato alla persistenza delle specie che, a sua volta, è strettamente connessa alle fluttuazioni della banca semi del suolo la quale spesso porta a cambiamenti nella composizione delle comunità vegetali (Keith 1996) con marcate influenze sul percorso della vegetazione futura. Tutte le banche semi del suolo sono dinamiche, con fluttuazioni stagionali nella composizione derivanti da variazioni nella produzione di sementi, mortalità del seme e rilascio della dormienza (Thompson & Grime 1979) sotto l'influenza di fattori diversi sia naturali che attinenti alla tecnica colturale.

Lo studio della banca semi del suolo assume pertanto un significato strategico in quanto rappresenta uno dei presupposti necessari per garantire una tecnica efficace.

L'attività svolta nell'ambito del dottorato di ricerca ha avuto lo scopo di studiare su inerbimenti pilotati in agrumeto con specie scelte di leguminose annuali autoriseminanti la dinamica della banca semi, la capacità di controllare le infestanti e di produrre biomassa, in relazione a differenti interventi di tecnica agronomica.

L'impiego di ecotipi locali al posto delle cv commerciali, a prescindere dalla tipologia di impiego (coltura di copertura o foraggio) trova una grave limitazione nella durezza dei semi per la cui interruzione esistono anche meccanismi in natura.

Pertanto una specifica ricerca ha avuto lo scopo di studiare la possibilità di interrompere la dormienza mediante il fuoco in ecotipi di leguminose autoriseminanti facenti parte di una collezione di germoplasma effettuata nei riposi pascolativi dell'altopiano Ibleo dalla Sezione di Scienze Agronomiche del DACPA che si è occupata di queste specie sia come foraggere che come "cover crops".

## 2. MATERIALI E METODI

Le tematiche di ricerca sopra descritte sono state sviluppate attraverso la realizzazione delle seguenti prove sperimentali di campo:

- Prova A: Inerbimento pilotato in agrumeto con leguminose annuali autoriseminanti: studio della dinamica della banca semi, del controllo delle infestanti e della produzione della fitomassa in relazione a diversi interventi di tecnica colturale adottati per il contenimento delle infestanti;
- Prova B: “Inerbimento pilotato in agrumeto con leguminose annuali autoriseminanti: studio del controllo delle infestanti e della produzione di fitomassa in relazione alla densità di semina;
- Prova C: Effetto dell’incendio simulato sulla interruzione della dormienza del seme di leguminose annuali autoriseminanti.

Le due prove di inerbimento pilotato sono state realizzate a Scordia (150 m s.l.m.; latitudine  $37^{\circ} 17^{\text{I}} 43^{\text{II}}$  N; longitudine  $14^{\circ} 50^{\text{I}} 34^{\text{II}}$ ) presso l’azienda “Palazzelli” dell’Istituto Sperimentale per l’Agrumicoltura di Acireale (CT), in un agrumeto di cv. Tarocco con sesto rettangolare (12,0 x 8,0 m). La terza prova è stata svolta su un appezzamento prospiciente la Facoltà di Agraria di Catania (80 m s.l.m.).

Di seguito vengono descritte le metodologie adottate per ciascuna prova

### **Prova A**

Scopo della prova è stato di valutare la dinamica della banca semi, la produzione di fitomassa ed il controllo delle infestanti, in relazione alla specie leguminosa adottata ed a diverse operazioni colturali effettuate per il contenimento delle infestanti stesse.

La prova, svolta a Scordia su terreno tendenzialmente sabbioso, è iniziata nell'autunno del 2005 ed in questa sede vengono presentati e discussi i risultati delle annate 2006/07 e 2007/2008.

Su parcelle di 96 m<sup>2</sup> (12 x 8) distribuite su in un disegno sperimentale a blocco randomizzato con tre repliche, sono stati posti allo studio:

- 3 tipologie di copertura del suolo (*Medicago scutellata* cv. Kelson, *Trifolium subterraneum* cv. Mount Barker, testimone con vegetazione spontanea);
- 2 operazioni colturali per il contenimento delle infestanti consistenti in sfalci di rinettamento effettuati in tre date (10/09/2005, 08/09/2006, 15/02/2007) e lavorazione presemina.

Le semine realizzate a spaglio sono state eseguite nell'autunno del 2005 (1500 semi germinabili m<sup>-2</sup>) e del 2006 (3000 semi germinabili m<sup>-2</sup>), mentre nel 2007/08 è stata valutata solo la capacità di autorisemina.

Durante il periodo di sperimentazione sono stati effettuati rilievi fenologici, biometrici e agronomici sulla copertura vegetale e rilievi della banca semi nel suolo secondo le modalità di seguito descritte:

#### Rilievi fenologici

Date di emergenza, fioritura e fruttificazione, considerando come inizio di queste due ultime, la comparsa del primo fiore e una lunghezza di 0,1-0,2 cm dei primi baccelli.

#### Rilievi biometrici

Percentuale di copertura della cover crop e delle infestanti, determinata mediante stima a vista sull'intera parcella a diverse date nell'intervallo compreso tra gennaio ed aprile nel 2007 e tra marzo e giugno nel 2008.

#### Rilievi produttivi

Biomassa secca della cover crop e delle infestanti; lo sfalcio è stato effettuato in piena fioritura su tre campioni identificati mediante il lancio casuale sull'area di studio di un quadrato metallico di 0,01 m<sup>2</sup>; la biomassa è stata pesata e successivamente essiccata in stufa a 105°C fino a peso costante.

### Rilievi della banca semi del suolo

La banca semi del suolo è stata determinata mediante l'esecuzione di cinque prelievi durante l'intera durata della sperimentazione (Ottobre 2006, Marzo e Ottobre 2007 e 2008) nello strato superficiale del suolo (0-10 cm), dove si localizza la quasi totalità dei semi germinabili (Macchia *et al.*, 1990). I prelievi sono stati effettuati lungo le diagonali delle parcelle con l'ausilio di scatole metalliche e di una sonda. I semi sono stati estratti mediante lavaggio dei campioni previo inserimento in un tubo metallico forato dal quale la matrice terrosa è stata allontanata con l'ausilio di un'idropulitrice (Benvenuti, 2001). I campioni di semi ottenuti sono stati posti in capsule Petri e lasciati asciugare a temperatura ambiente; successivamente con l'ausilio di una lente di ingrandimento, si è proceduto al conteggio ed all'identificazione dei semi.

I dati relativi alla produzione di fitomassa ed alla banca semi sono stati sottoposti all'analisi della varianza a due vie (specie x trattamento) per singolo prelievo ed in presenza di significatività è stato adottato il test LSD. I dati relativi al grado di copertura delle cover crops e delle infestanti (espressi in percentuale) non sono stati sottoposti ad ANOVA per la mancanza di variabilità tra le repliche.

## **Prova B**

### *Metodologia*

Scopo del lavoro è stato quello di valutare la produzione di fitomassa ed il contenimento delle infestanti in relazione alla specie leguminosa adottata ed alla densità di semina.

La prova è stata condotta a Scordia nell'annata 2008-2009.

Su parcelle di 96 m<sup>2</sup> (12 x 8) distribuite in un disegno sperimentale a blocco randomizzato con tre repliche sono state poste allo studio:

- 2 tipologie di copertura del suolo (*Medicago scutellata* cv. Kelson, *Trifolium subterraneum* cv. Mount Barker in confronto ad un testimone con vegetazione spontanea);
- 3 densità di semina pari a 2500, 5000 e 10000 semi germinabili m<sup>-2</sup>.

La semina realizzata a spaglio é stata effettuata nell'autunno del 2008 (11/11/2008).

Durante il periodo di sperimentazione sono stati effettuati rilievi fenologici, biometrici e agronomici sulla copertura vegetale secondo le modalità di seguito descritte:

### Rilievi fenologici

Date di emergenza, fioritura e fruttificazione, considerando come inizio di queste due ultime la comparsa del primo fiore e una lunghezza di 0,1-0,2 cm dei primi baccelli.

### Rilievi biometrici

- Numero di piante  $m^{-2}$  determinato mediante conteggio all'interno di una superficie campione scelta a caso mediante il lancio di un quadrato metallico di  $0,01 m^2$ .
  
- Statura della cover crop e della flora infestante misurata come distanza tra la superficie del terreno e la sommità delle piante all'interno di un'area campione individuata come precedentemente detto.
  
- Percentuale di copertura della cover crop e delle infestanti, determinata mediante stima a vista sull'intera parcella a cinque date.

### Rilievi produttivi

Biomassa secca della cover crop e delle infestanti; lo sfalcio è stato effettuato in piena fioritura su tre campioni identificati mediante il lancio casuale sull'area di studio di un quadrato metallico di  $0,01 m^2$ ; la biomassa è stata pesata e successivamente essiccata in stufa a  $105^{\circ}C$  fino a peso costante.

I dati relativi alla statura ed alla produzione di fitomassa secca sono stati sottoposti all'analisi della varianza a due vie (specie x trattamento) per singolo prelievo e in presenza di significatività è stato adottato il test LSD.

## Prova C

### *Metodologia*

Scopo della ricerca è stato di valutare l'effetto dell'incendio simulato sulla interruzione della dormienza di semi duri di tre specie di leguminose annuali nel suolo.

Semi maturi di 3 ecotipi afferenti a *Medicago ciliaris*, *Medicago rugosa* e *Scorpiurus muricatus* ssp. *subvillosus* provenienti dalla collezione della Sez. di Scienze Agronomiche, sono stati posti in un terreno tendenzialmente argilloso entro bustine di rete metallica chiuse in parcelle sperimentali di 4 m<sup>2</sup> (2 × 2m). I semi sono stati posti a profondità di 0, 2 e 5 cm circa, al fine di simulare la naturale stratificazione dei semi nel suolo nei pascoli e nei seminativi per effetto delle lavorazioni. In due distinte parcelle è stato appiccato un fuoco controllato bruciando 2 diverse quantità di paglia di frumento (2 e 4 Kg) in modo da riprodurre condizioni di alta (AI) e bassa intensità (BI) di fuoco.

Per ciascuna specie e modalità di trattamento (intensità di fuoco e profondità di interrimento) sono state poste nel suolo quattro buste, ognuna delle quali contenente 25 semi. Come controllo, per ogni specie una partita di semi, avvolti nello stesso modo, è stata posta sulla superficie del suolo per la durata del processo (circa 160 minuti), in parcelle non sottoposte al fuoco. Le temperature sono state registrate a mezzo di sonde interrante alle diverse profondità collegate con un *data logger*. Subito dopo il trattamento, le buste metalliche sono state prelevate dal terreno, i semi bruciati sono stati contati ed eliminati e quelli integri

sono stati posti a germinare in scatole Petri in germinatoio (MCT 200, Angelantoni Scientifica – Perugia) a temperatura costante di 20°C per un periodo di 15 giorni.

Per ciascuna specie e capsula Petri, la germinabilità (%) è stata calcolata come il numero totale di semi germinati diviso per il numero totale di semi messi a germinare x 100.

L'energia di germinazione è stata valutata sulla base del Tempo Medio di Germinazione (TMG), calcolato usando la relazione:  $TMG = \frac{\sum (fx)}{\sum x}$ , dove x è il numero di semi germinati ogni giorno, e f è il numero di giorni dall'inizio della germinazione (Ellis e Roberts, 1980).

I dati di germinabilità e TMG sono stati confrontati utilizzando un ANOVA non fattoriale ma gerarchica poiché il disegno sperimentale adottato è appunto gerarchico, così definito perché esiste una gerarchia tra i due fattori sperimentali (fuoco e profondità); c'è un effetto principale (in questo caso il fuoco) ed un effetto secondario entro il principale ("la profondità entro fuoco") e non ha quindi nessun senso parlare di effetti principali e di interazione.

Poiché l'analisi grafica dei residui ha permesso di confermare l'ipotesi di linearità, non si è reso necessario effettuare la trasformazione angolare dei dati. In caso di significatività le medie sono state confrontate utilizzando la procedura basata sulla simulazione di Edward e Berry (1987), che è praticamente equivalente al test di Tukey utilizzato invece per gli esperimenti bilanciati. I trattamenti in cui nessuna delle repliche ha mostrato germinazione sono stati esclusi dall'analisi.

## **RISULTATI E DISCUSSIONE**

### **PROVA A**

#### **Decorso termo pluviometrico**

Nella fig.1 sono riportati i decorsi termopluviometrici registrati nell'ambiente di prova nelle due annate tra settembre e giugno. Le due annate differenziandosi per pluviometria; (508 mm di pioggia nel 2006/07 e solo 355 mm nel 2007/08), rappresentano un esempio della aleatorietà delle piogge tipica dell'ambiente mediterraneo. Anche la distribuzione delle precipitazioni è "tipica" essendo queste risultate concentrate per oltre l'80% nel periodo autunno-vernino (21/09-21/03). Il decorso termico è stato caratterizzato da inverni miti ed estati calde: le temperature minime medie sono scese solo fino a 13 °C nel primo anno (prima decade di gennaio) ed a 9 °C nel secondo (seconda decade di febbraio); le temperature massime medie sono state registrate a settembre (36° e 35° nei due anni) ed a giugno (43° e 37°).

#### **Ciclo biologico, copertura e produzione di fitomassa**

Nel 2006 (fig.2) l'emergenza si è verificata nei trifogli a circa 5 giorni dalla semina (01/10/2006) senza differenze fra i trattamenti; nelle mediche, invece, lo sfalcio delle infestanti, effettuato circa un mese prima dell'emergenza, ha determinato un ritardo della stessa di circa una settimana rispetto alla lavorazione presemina (19 contro 12 giorni dalla semina); il suddetto ritardo si è ridotto sino ad annullarsi nei due successivi stadi fenologici.

Nel 2007 l'emergenza si è verificata alla fine della prima decade di ottobre (10/10/2007) nei trifogli; nelle mediche con sfalcio delle infestanti (effettuato il 15/02/2007) l'emergenza si è verificata tra il 19 ed il 25 ottobre con un ritardo

della tesi sfalciata rispetto a quella lavorata; anche in quest'annata il ritardo si è annullato nelle successive fasi di fioritura ed allegagione.

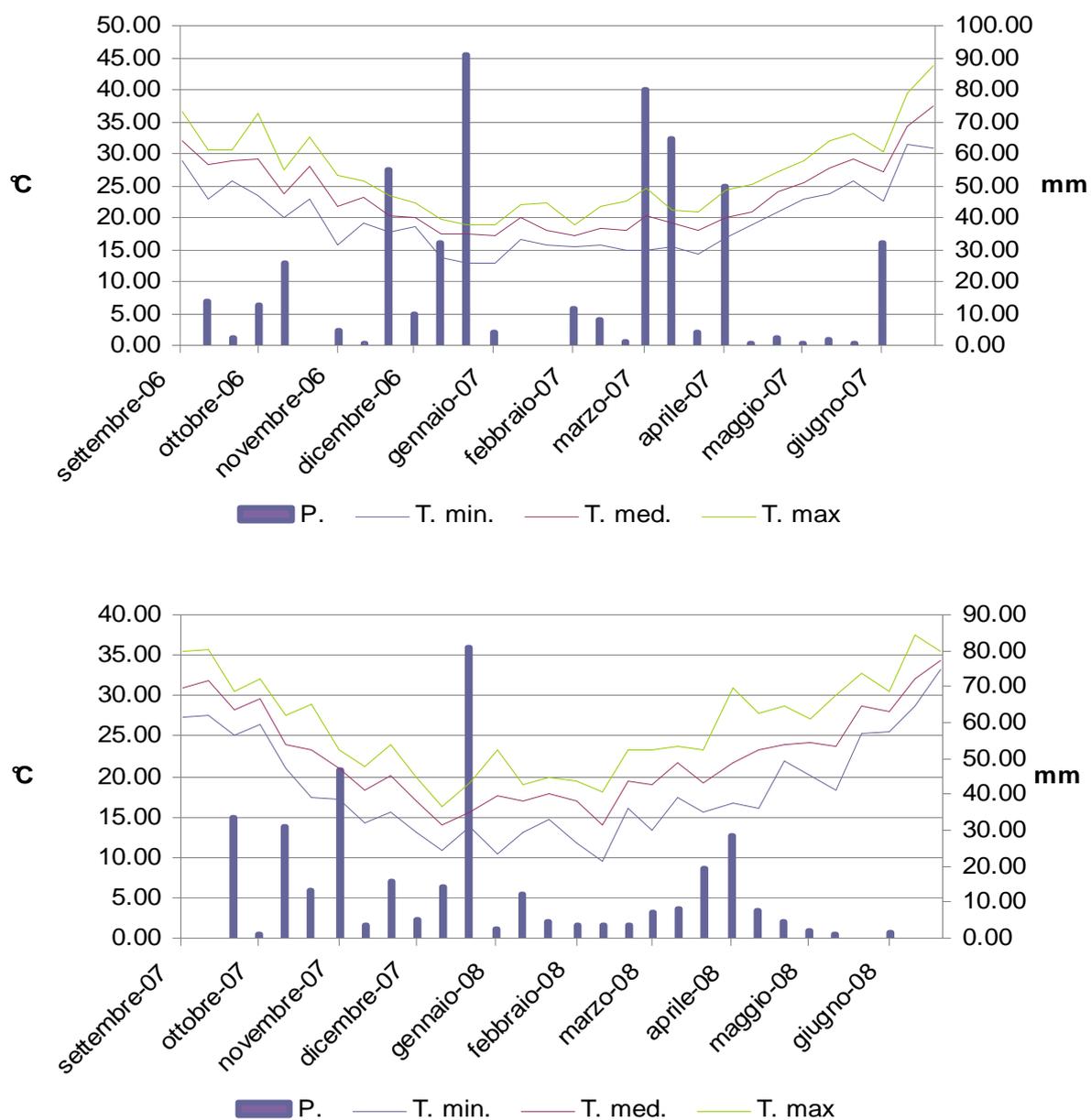


Fig. 1. Medie decadiche delle temperature minime, medie e massime e somme decadiche delle precipitazioni registrate nelle annate 2006/2007 (in alto) e 2007/2008 (in basso).

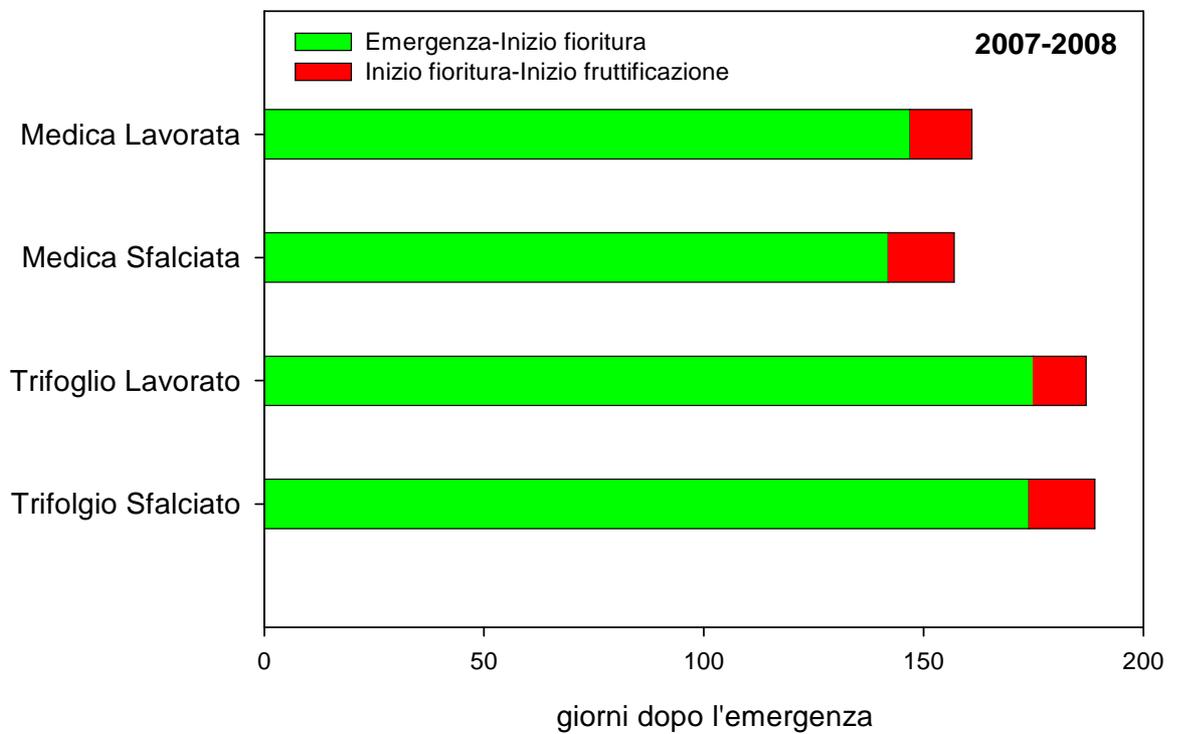
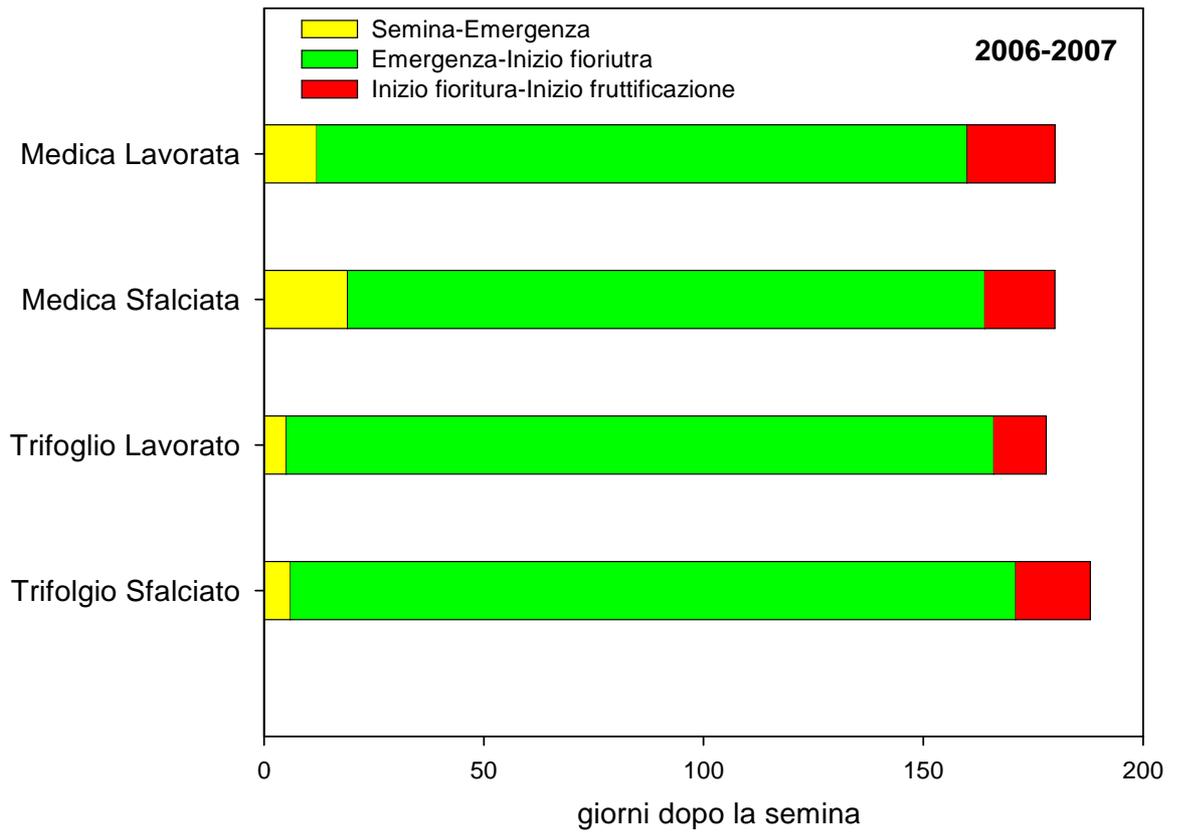


Fig. 2. Durata delle principali fenofasi

La discussione dei risultati relativi sia alla copertura vegetale che alla banca semi viene effettuata in ordine cronologico in corrispondenza di successive epoche di rilevamento.

I valori più elevati di copertura delle cover crops (fig.3) sono stati ottenuti al primo anno dal momento che la banca semi presente nel suolo è ancora per la maggior parte composta da seme commerciale prontamente germinabile perché scarificato. Durante il corso della prova sono stati osservati valori costantemente più elevati nella tesi sfalciata per il trifoglio, nella tesi lavorata per la medica, raggiungendo un massimo grado di copertura pari al 88% per la prima specie ed al 53% per la seconda.

L'andamento del grado di copertura delle infestanti (fig.4) è ovviamente speculare a quello descritto per le cover crops; i valori minimi di copertura delle infestanti sono stati pari al 11% in "trifoglio sfalciato" ed al 47% in "medica lavorata".

Il differente effetto esercitato sul grado di copertura dagli interventi colturali adottati come tecnica di controllo delle infestanti, potrebbe dipendere dalle modalità con cui questi influenzerebbero la dispersione e la germinabilità dei semi delle colture di copertura, in particolare di quelli provenienti da autorisemina che si sono andati accumulando nella banca semi.

In trifoglio lo sfalcio potrebbe favorire la frammentazione dei capolini che portano legumi meno resistenti e semi meno duri rispetto alla medica; nella medica, che presenta legumi coriacei e semi più duri rispetto al trifoglio, la

lavorazione presemina potrebbe aver contribuito ad intaccare legumi e semi, riportandoli in superficie.

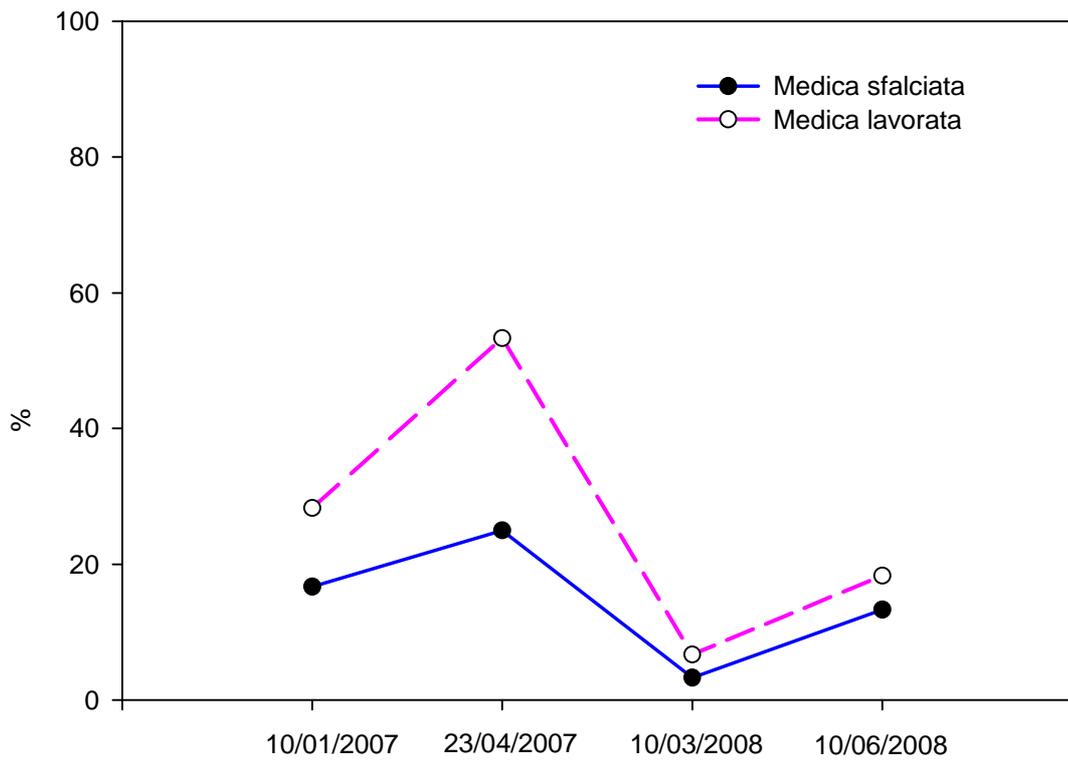
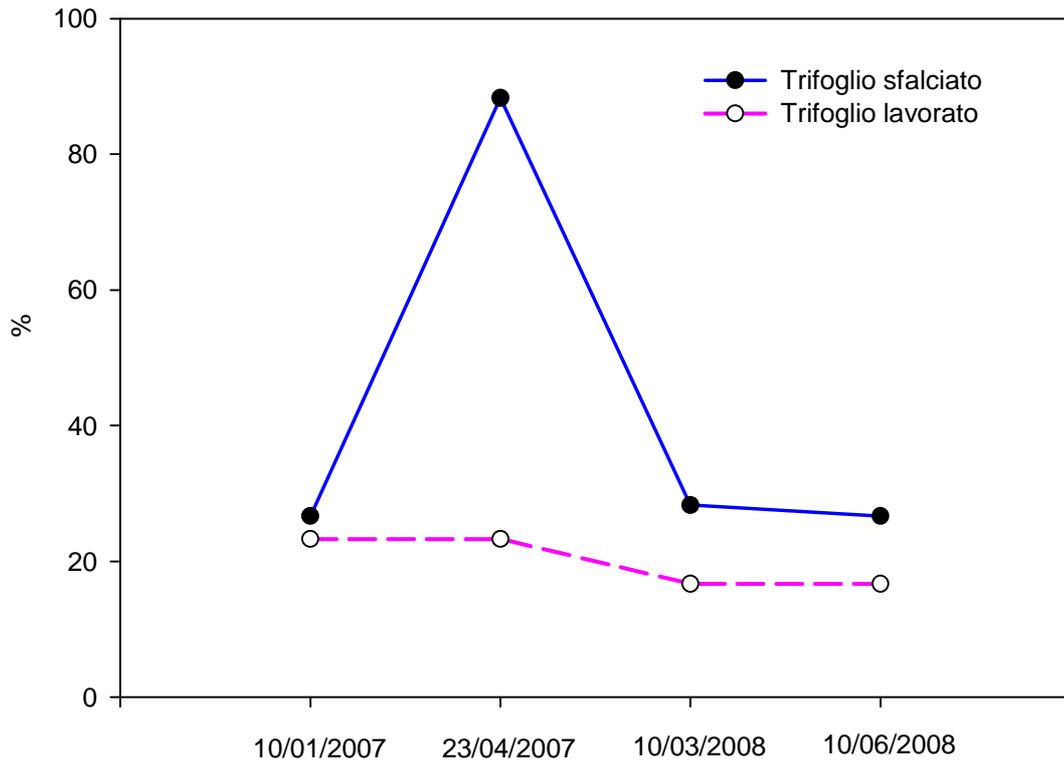


Fig. 3. Grado di copertura delle cover crops in relazione alla specie ed agli interventi culturali

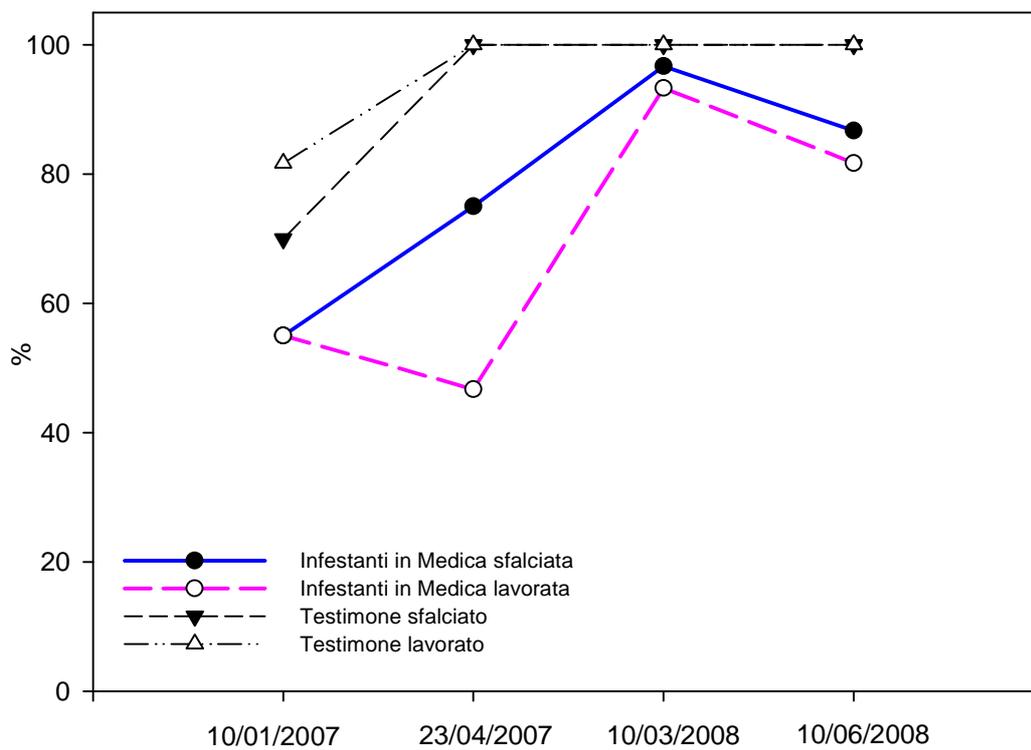
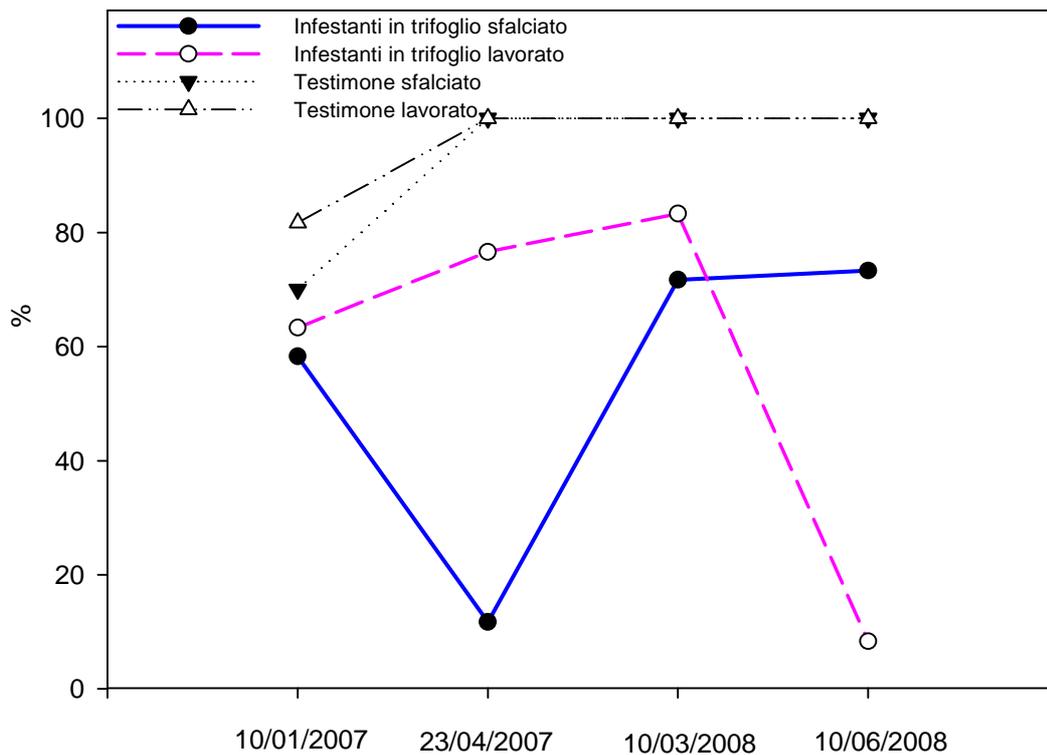


Fig. 4. Grado di copertura delle infestanti in relazione alla specie ed agli interventi culturali

Con riferimento alla fitomassa delle cover crops e delle infestanti, l'analisi della varianza ha mostrato la significatività dell'interazione (fig.5).

Per le colture di copertura, nel primo anno è stata raggiunta una produzione massima di  $1,23 \text{ t ha}^{-1}$  nella tesi "medica sfalciata", significativamente superiore rispetto a quella osservata nella tesi "medica lavorata" ( $0,69 \text{ t ha}^{-1}$ ); pertanto risulta evidente la superiorità produttiva della medica rispetto al trifoglio e l'effetto positivo dello sfalcio delle infestanti.

Nel secondo anno, caratterizzato tra l'altro da un decorso pluviometrico meno favorevole, la produzione di fitomassa si è notevolmente ridotta in media anche perché la vegetazione è il risultato della persistenza delle essenze seminate (ultima semina nell'autunno 2006), a sua volta influenzata dalla bassa germinabilità del seme proveniente da autorisemina; la produzione massima ( $0,55 \text{ t ha}^{-1}$ ), registrata per la tesi "trifoglio sfalciato", è stata significativamente più elevata rispetto a quelle osservate in medica sia sfalciata ( $0,37 \text{ t ha}^{-1}$ ) che lavorata ( $0,27 \text{ t ha}^{-1}$ ). La superiorità produttiva del trifoglio è stata determinata dal minore grado di durezza dei suoi semi rispetto alla medica mentre si conferma l'effetto positivo dello sfalcio di rinettamento.

Le produzioni più elevate di fitomassa delle infestanti sono state osservate in entrambi gli anni nel "testimone sfalciato" con valori ( $2,97$  e  $2,67 \text{ t ha}^{-1}$  rispettivamente nel primo e secondo anno) significativamente superiori rispetto a tutte le altre tesi; pertanto appare evidente che entrambe le colture di copertura hanno esercitato un'azione di contenimento della flora infestante.

Valori più bassi di fitomassa delle infestanti sono stati osservati in entrambi gli anni in medica rispetto al trifoglio dimostrando che la prima si è rivelata più efficace nel controllo delle infestanti.

Non altrettanto evidente è apparso l'effetto delle operazioni colturali: nel primo anno non sono state osservate differenze tra i due tipi di intervento ( $1,49 \text{ t ha}^{-1}$  in medica e  $1,96 \text{ t ha}^{-1}$  in trifoglio) mentre nel secondo anno lo sfalcio in medica è risultato il trattamento più efficace ( $1,53 \text{ t ha}^{-1}$ ).

La massima efficacia dei trattamenti nel contenimento della flora infestante, espressa dalla riduzione determinata rispetto al testimone, è stata pari al 50% nel primo anno ed al 42% nel secondo.

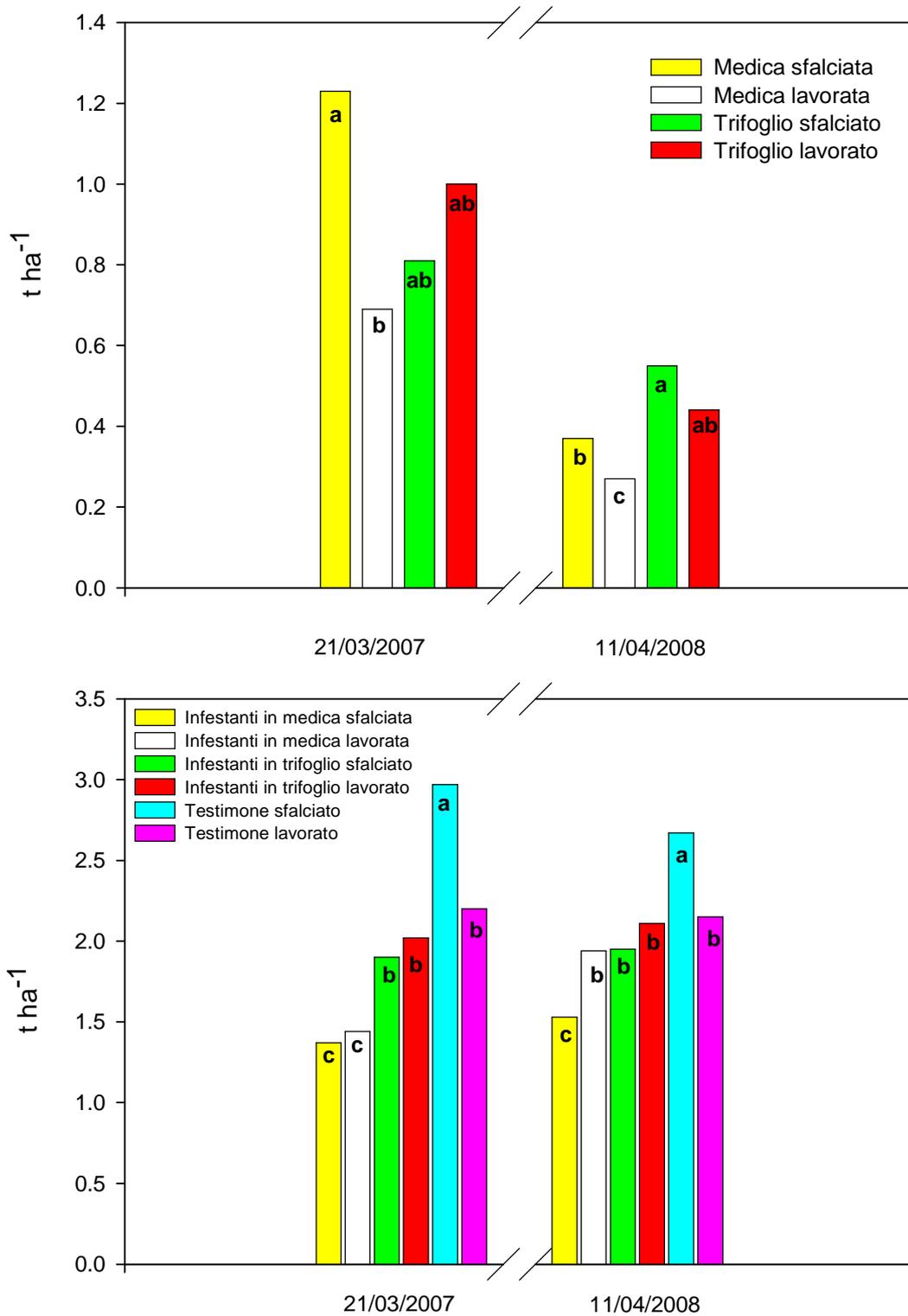


Fig. 5. Fitomassa secca delle cover crops (in alto) e delle infestanti (in basso) rilevata in fase di piena fioritura, in relazione alle specie ed agli interventi culturali. Lettere diverse indicano per ciascuna data differenze significative per  $p > 0.05$

## **Banca semi del suolo**

Anche per il numero di semi rilevati nel suolo ( $n^{\circ} m^{-2}$ ) l'analisi della varianza ha mostrato la significatività dell'interazione per tutti i prelievi effettuati.

Considerando la cronologia dei campionamenti e delle operazioni colturali, il prelievo effettuato ad un anno dalla semina (ottobre 2006), consente di raccogliere seme proveniente prevalentemente da autorisemina; i prelievi del 2007 reperiscono in maggior misura, presumibilmente, seme non germinato proveniente dalla semina effettuata nell'annata, anche a seguito dello sfalcio eseguito il 15/02/07; i campionamenti dell'ultimo anno, quando i trattamenti sono stati interrotti, consentono una valutazione finale della capacità di autorisemina.

In particolare, ad ottobre del primo anno, la medica ha presentato, nella media delle tecniche utilizzate, un numero di semi più elevato rispetto al trifoglio (250 contro 25); lo sfalcio della vegetazione, effettuato circa un mese prima del campionamento, ha fatto rilevare, nella media della specie, un incremento del numero di semi nel suolo (175 contro 100).

In entrambi i prelievi effettuati nel secondo anno, solo la medica ha presentato una carica di semi limitatamente alla tesi con sfalcio (66.7); ciò è imputabile alla pronta germinabilità dei semi di trifoglio rispetto a quelli di medica, la cui durezza permane per un tempo maggiore (Taylor, 2005), ed all'effetto della lavorazione che può aver determinato l'interramento dei semi presenti in superficie al di sotto del livello di campionamento (0-10 cm).

Tab. 1. Numero di semi m<sup>-2</sup> in relazione alle specie ed agli interventi colturali allo studio

Specie	Trattamento	Ottobre 2006	Marzo 2007	Ottobre 2007	<b>Marzo 2008</b>	<b>Ottobre 2008</b>
Trifoglio	Lavorato	0 c	0 b	0 b	<b>0 c</b>	<b>100 c</b>
Trifoglio	Sfalciato	50 b	0 b	0 b	<b>0 c</b>	<b>133 c</b>
Medica	Lavorato	200 a	0 b	0 b	<b>566.7 a</b>	<b>966.7 a</b>
Medica	Sfalciato	300 a	66.7 a	66.7 a	<b>233.3 b</b>	<b>566.7 b</b>

Nei due prelievi effettuati nell'ultimo anno, si conferma la maggiore capacità di persistenza della medica rispetto al trifoglio per entrambi i trattamenti. In questi campionamenti, dove sono stati interrotti i trattamenti e conseguentemente il seme presente nel suolo deriva dalla sola autorisemina, il maggior numero di semi rilevato nella tesi 'lavorato' è presumibilmente attribuibile a fenomeni di predazione che hanno riportato i semi nello strato superficiale del suolo. Ad ottobre 2008, la massima carica di seme rilevata per le due specie, rispetto al quantitativo di seme impiegato nel corso del triennio, è stata pari al 21% per medica ed al 3% per trifoglio.

## Conclusioni

- Le colture da copertura hanno raggiunto una produzione massima di biomassa pari a  $1,23 \text{ t ha}^{-1}$  (tesi “medica sfalciata”) nel primo anno ed a  $0,55 \text{ t ha}^{-1}$  (tesi “trifoglio sfalciato”) nel secondo anno; questa riduzione del livello produttivo è da imputare alla bassa germinabilità del seme proveniente principalmente da autorisemina ed in parte anche al decorso pluviometrico meno favorevole
- La superiore potenzialità produttiva della medica rispetto al trifoglio si manifesta al primo anno quando il seme è prontamente germinabile in quanto in gran parte non proviene da autorisemina ma è commerciale; viceversa al secondo anno quando il seme proviene ormai quasi esclusivamente da autorisemina, il trifoglio è risultato più produttivo a causa del minore grado di durezza rispetto alla medica dei suoi semi
- In entrambe le specie lo sfalcio di rinettamento ha avuto una significativa e positiva influenza sulla produzione di biomassa.
- Entrambe le specie hanno esercitato un’azione di contenimento della flora infestante ma la medica si è rivelata più efficace; non altrettanto evidente è apparso l’effetto delle operazioni colturali
- Con riferimento alla banca semi nel complesso è possibile osservare come dopo due anni di prova nel terreno si è accumulato un considerevole quantitativo di semi anche a seguito dell’autorisemina e dell’effetto della lavorazione; la medica presenta, a causa della maggiore durezza dei suoi

semi, una più elevata persistenza degli stessi rispetto a quelli di trifoglio più pronti a germinare; la carica di semi della coltura non è stata influenzata in trifoglio dalle tecniche adottate, mentre nella medica è stata favorita dalla lavorazione.

## PROVA B

### Decorso termo pluviometrico

Nella fig.6 é riportato il decorso termopluviometrico registrato nell'ambiente di prova tra settembre 2008 e giugno 2009; nel periodo interessato dalla prova sono caduti 561 mm di pioggia, distribuiti per oltre l'80 % nel periodo autunno-vernino (21/09-21/03).

Le temperature minime medie sono scese fino a 11 °C nella prima decade di gennaio mentre le temperature massime medie hanno raggiunto 40 ° a settembre e 35° a giugno.

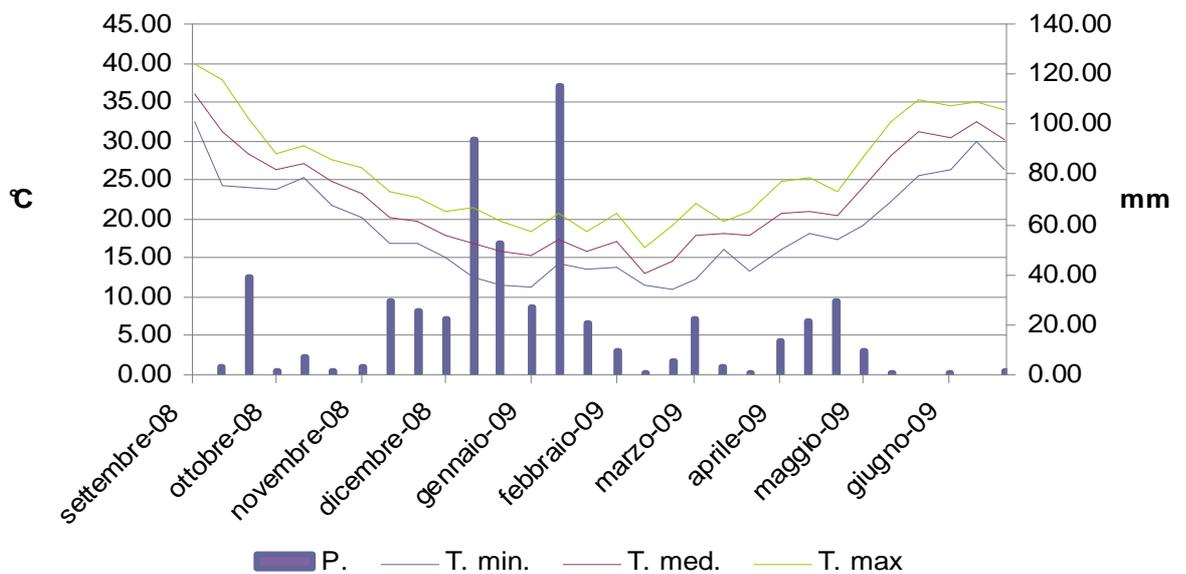


Fig. 6. Medie decadiche delle temperature minime, medie e massime e somme decadiche delle precipitazioni registrate nell'annata 2008/2009

## Ciclo biologico, copertura e produzione di fitomassa

Con riferimento al ciclo biologico (fig.7) in entrambe le specie non sono state osservate differenze in rapporto alle densità di semina; in trifoglio, l'emergenza si è verificata a 11 giorni dalla semina, la fioritura ha avuto inizio a 144 giorni (11/04/2009) e l'allegagione 20 giorni dopo; in medica l'emergenza è avvenuta a 9 giorni dalla semina, la fioritura 8 giorni prima rispetto al trifoglio e la durata dell'intervallo fioritura-allegagione è stata di 20 giorni come nell'altra specie.

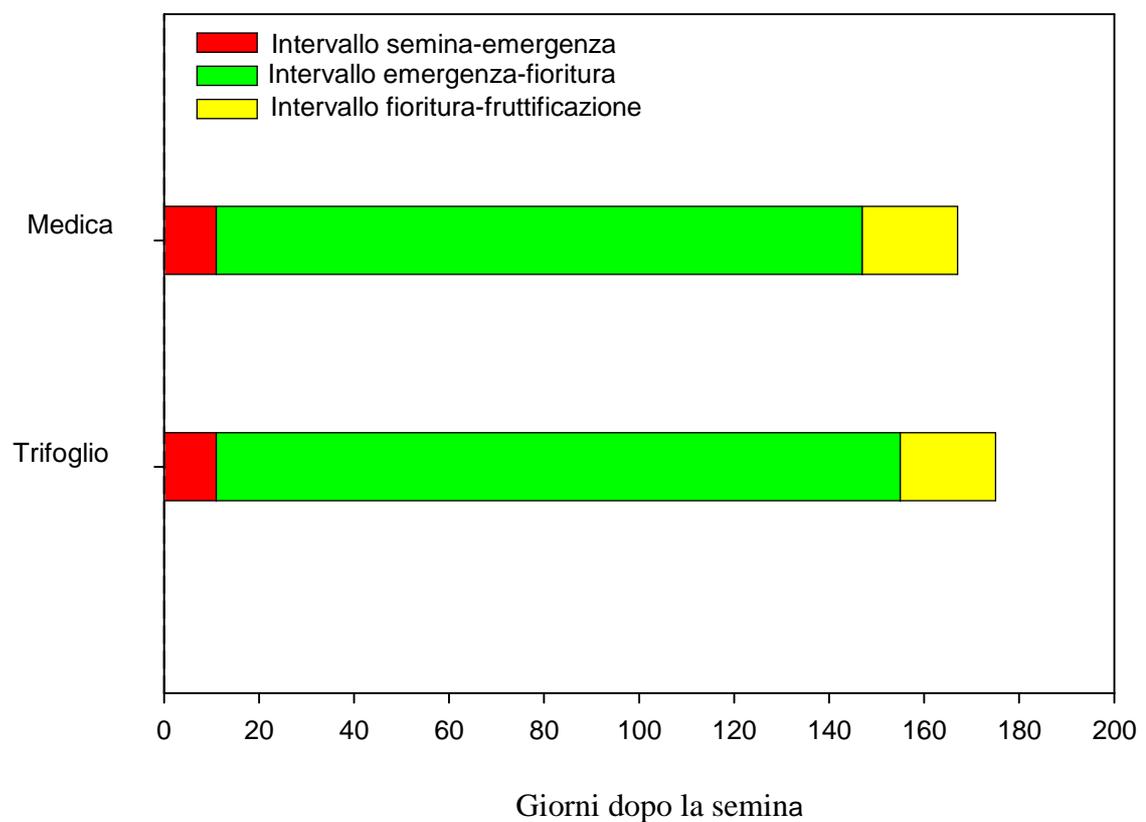


Fig. 7. Durata delle principali fenofasi nelle specie allo studio

L'andamento nel tempo durante il periodo autunno vernino della densità di popolazione (tab.2) rilevata a tre date ha consentito di valutare gli effetti nelle due specie della competizione interpianta al crescere della densità di semina.

In trifoglio il numero di individui sull'unità di superficie è aumentato del 25,5% nella media delle tre densità studiate da fine novembre alla prima decade di febbraio; tra la fine dell'inverno e l'inizio della primavera, quando la copertura vegetale raggiunge il massimo sviluppo, gli effetti della competizione divengono evidenti manifestandosi in una diminuzione del numero di piante pari al 6% con la densità minima ed al 14% nella media delle altre due densità.

In medica il numero di piante sull'unità di superficie è aumentato nel primo dei due succitati periodi, del 23% con la densità minima e del 4% nella media delle altre due densità; nel successivo periodo si è verificato un aumento della densità di popolazione (+ 17%) per la densità minima e una diminuzione pari al 6% nella media delle altre due densità.

A parità di data il numero di individui  $m^{-2}$  è risultato superiore nel trifoglio rispetto alla medica alla densità minima e viceversa alla densità massima.

Tab.2 Densità di popolazione (numero piante  $m^{-2}$ ) in relazione alle tesi allo studio

Coltura	Densità di semina	28/11/2008	11/02/2009	01/04/2009
Trifoglio	2500 semi $m^{-2}$	350	442	417
	5000 semi $m^{-2}$	600	750	642
	10000 semi $m^{-2}$	742	925	792
Medica	2500 semi $m^{-2}$	400	492	575
	5000 semi $m^{-2}$	692	717	642
	10000 semi $m^{-2}$	725	767	718

Il grado di copertura delle cover crops (fig.8) ha mostrato un andamento crescente sino alla fine della prima decade di febbraio in trifoglio, a metà gennaio in medica per tutte le densità studiate con valori massimi crescenti al crescere della densità in trifoglio (78, 90 e 95%), sostanzialmente indifferenziati in medica (91% in media). In ogni caso, dopo il raggiungimento dei valori massimi, le differenze tra le densità si sono attenuate sino ad annullarsi; medica ha mostrato valori più elevati rispetto al trifoglio e pari a 82 contro 73% (01/04/2009) ed a 79 contro 63% (04/05/2009).

L'andamento del grado di copertura delle infestanti (fig.9) è apparso speculare a quello descritto per le cover crops. Fino a quando gli effetti della competizione non sono ancora molto evidenti, il trifoglio contiene lo sviluppo delle malerbe meglio della medica soprattutto alle densità più elevate; infatti a fine inverno la copertura delle infestanti è stata pari al 10 e 15 % nell'ordine per trifoglio e medica con 5000 semi m<sup>-2</sup> ed a 5 e 15% con 10000 semi m<sup>-2</sup>.

A partire dalla primavera il grado di copertura delle infestanti è stato costantemente più basso in medica rispetto a trifoglio con valori pari nell'ordine a 18,5 e 27% (01/04), 20 e 37% (04/05).

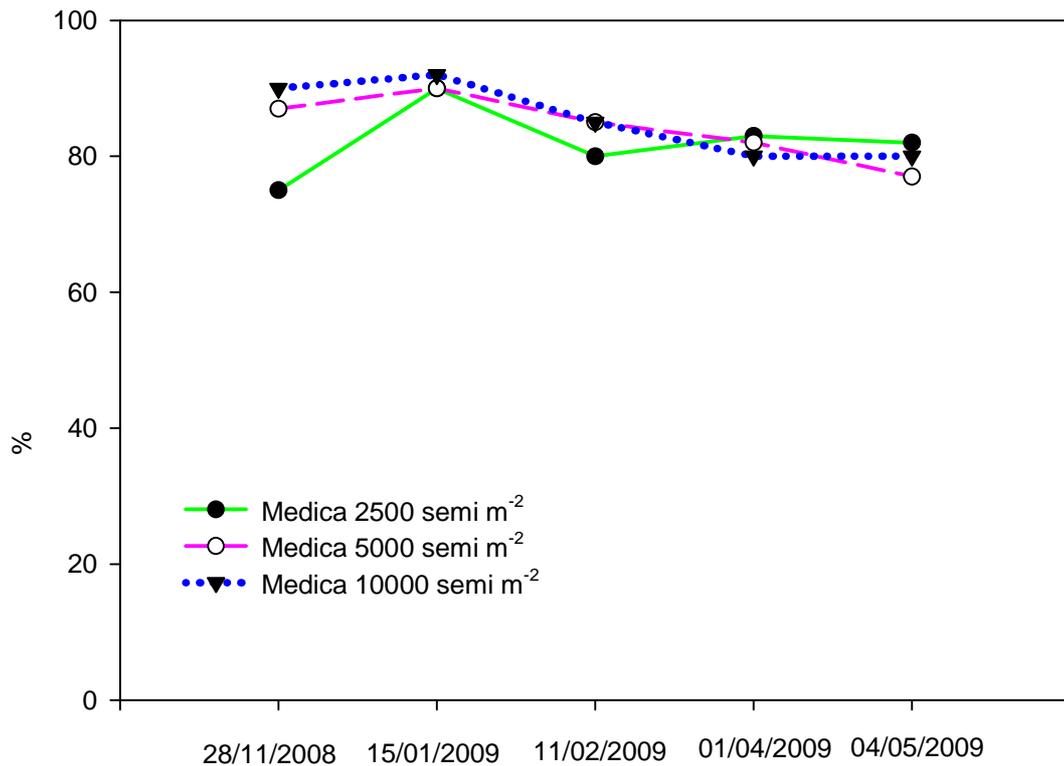
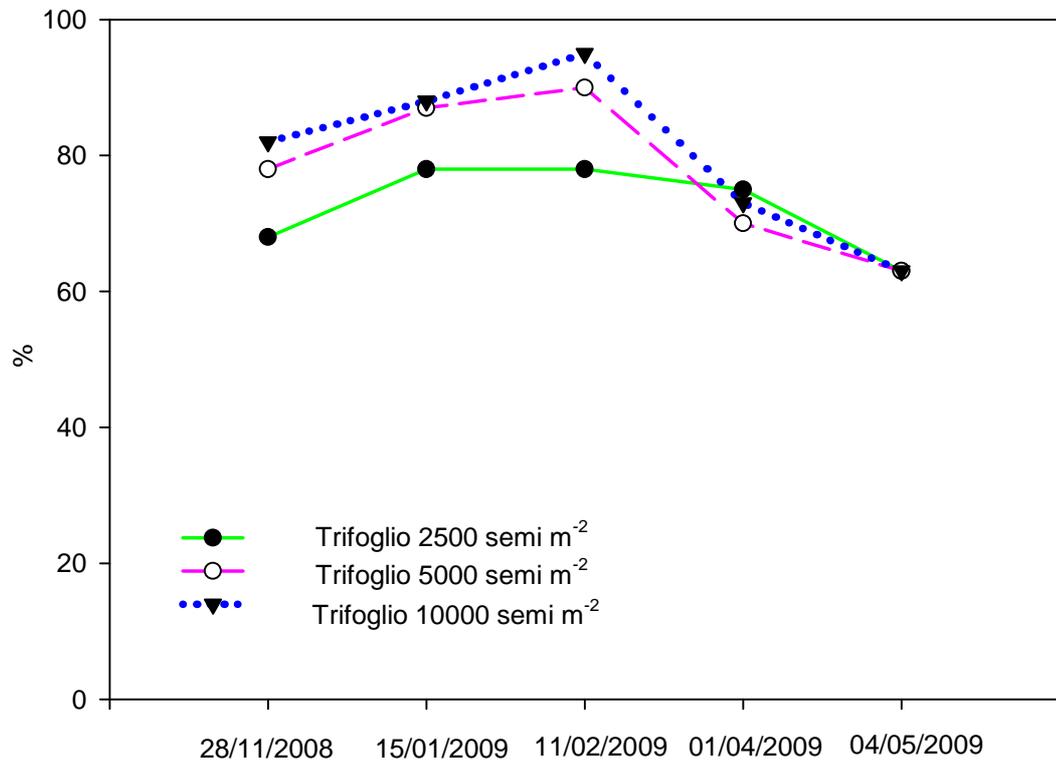


Fig. 8. Grado di copertura delle cover crops in relazione alle specie ed alla densità di semina

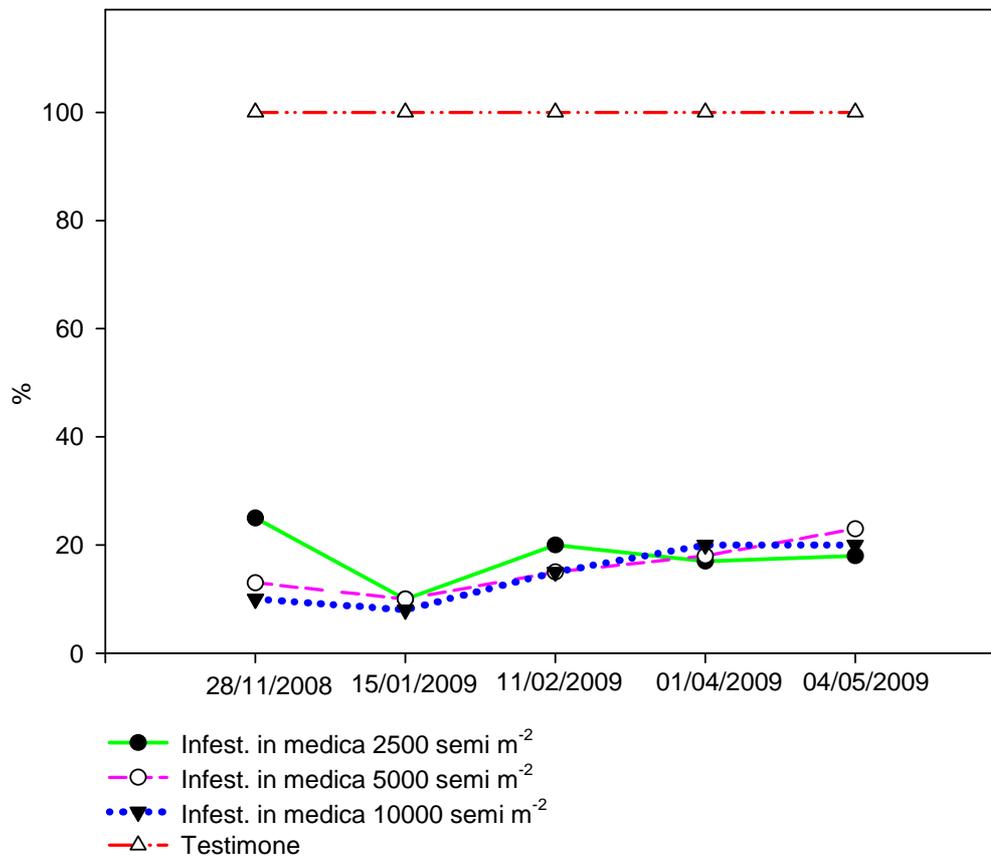
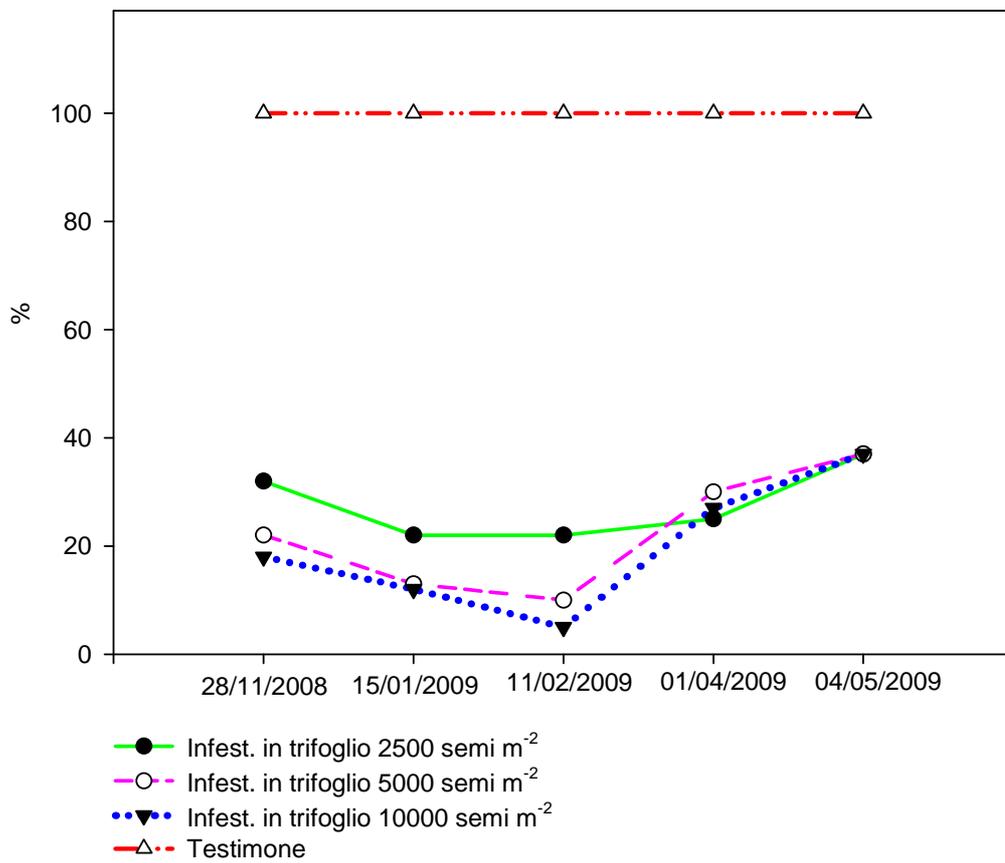


Fig.9. Grado di copertura delle infestanti in relazione alla specie ed alla densità di semina

L'altezza della vegetazione delle cover crops (fig 10) non è stata influenzata dalla densità di semina, essendo risultata pari in media a 64,5 e 38,4 cm rispettivamente in medica e trifoglio; quella delle infestanti è variata in rapporto alle tesi per effetto della differente capacità manifestata dalle specie nel contenerne lo sviluppo al crescere della densità di semina.

La statura della vegetazione infestante si è ridotta significativamente nelle tesi con colture di copertura rispetto al testimone (59,5 cm); in trifoglio è stato rilevato un valore pari a 38,7 cm nella media delle tre densità, in medica un valore significativamente inferiore con la densità intermedia rispetto alle restanti.

Per effetto dell'impiego delle colture di copertura la fitomassa delle infestanti (fig 11) si è notevolmente ridotta rispetto al testimone, costituendo, nella media delle tesi studiate appena  $\frac{1}{4}$  di quella osservata nello stesso ( $5,11 \text{ t ha}^{-1}$ ).

La produzione di fitomassa delle cover crops non è stata significativamente influenzata dalla densità di semina in trifoglio ( $2,37 \text{ t ha}^{-1}$ ), mentre è stata superiore del 24% con le due densità più elevate ( $5,47 \text{ t ha}^{-1}$ ) rispetto a quella minima ( $4,4 \text{ t ha}^{-1}$ ) in medica. L'analisi della produzione di fitomassa, della flora infestante mostra che questa reagisce al variare della densità di semina adottata in maniera concorde alla coltura di copertura; sono stati rilevati infatti valori crescenti al crescere della densità in entrambe le specie anche se le differenze raggiungono il limite della significatività solo in medica dove la fitomassa delle infestanti è stata superiore nelle due densità più elevate ( $1,55 \text{ t ha}^{-1}$ ) rispetto a quella minima ( $0,95 \text{ t ha}^{-1}$ ); in trifoglio è stato registrato un valore medio di  $1,11 \text{ t ha}^{-1}$ . Presumibilmente la flora infestante beneficerebbe dell'azoto fissato dalle leguminose che, a sua volta aumenta col numero di piante.

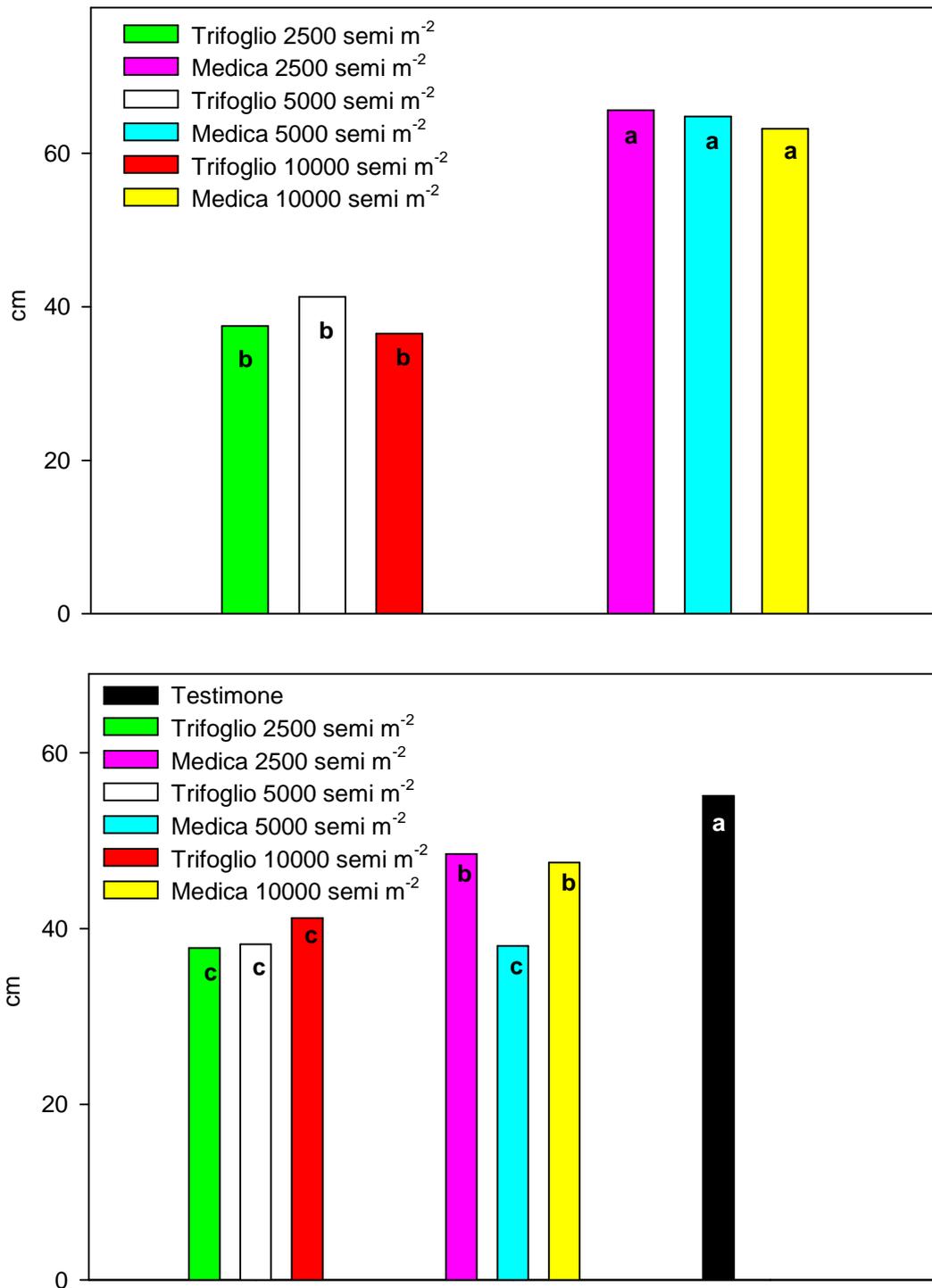


Fig. 10. Statura massima delle cover crops (in alto) e delle infestanti (in basso), in relazione alle specie ed alle densità di semina.  
Lettere diverse indicano differenze significative per  $p > 0.05$

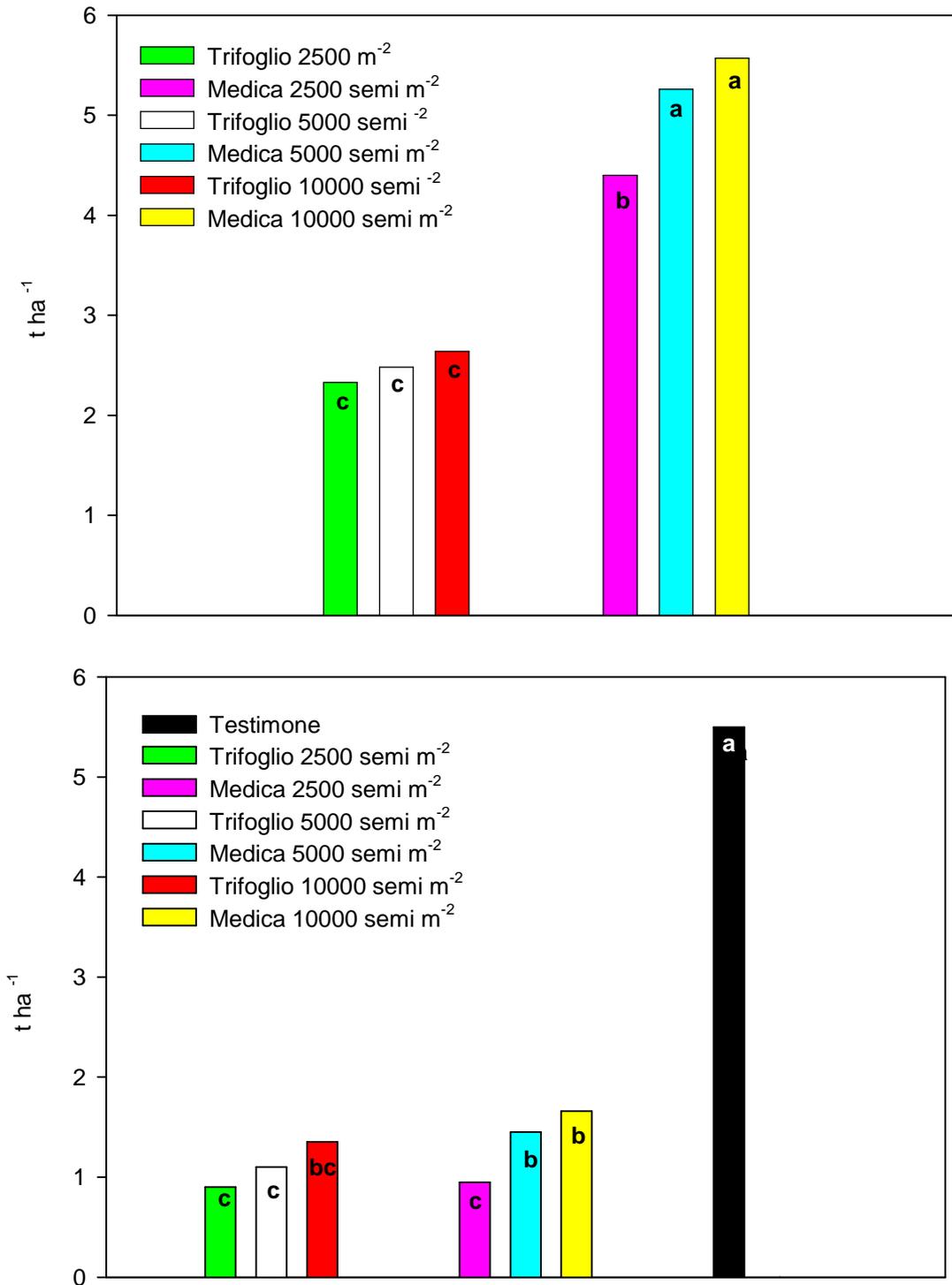


Fig. 11. Fitomassa secca delle cover crops (in alto) e delle infestanti (in basso) in relazione alle specie ed alle densità di semina. Lettere diverse indicano differenze significative per  $p > 0.05$

## Conclusioni

- Con riferimento alla produzione di fitomassa il trifoglio è risultata specie più sensibile rispetto alla medica agli effetti della competizione scatenata dall'aumento della densità di piante; infatti la sua produzione non è variata significativamente mentre in medica è aumentata sino a 5000 semi m<sup>-2</sup>.
- L'esame del grado di copertura delle infestanti mostra che fino a quando gli effetti della competizione non sono ancora molto evidenti, è il trifoglio a contenere meglio lo sviluppo delle malerbe soprattutto alle densità più elevate, mentre a partire dalla primavera è la medica.
- Per effetto dell'impiego delle colture di copertura la fitomassa delle infestanti si è notevolmente ridotta, costituendo appena ¼ di quella osservata nel testimone.
- L'analisi della produzione di fitomassa della flora infestante mostra che questa reagisce al variare della densità di semina adottata in maniera concorde alla coltura di copertura in entrambe le specie e ciò presumibilmente perché la flora infestante beneficerebbe dell'azoto fissato dalle leguminose che, a sua volta aumenta col numero di piante.
- La minima produzione di fitomassa delle infestanti è stata rilevata in entrambe le specie con la densità di semina minima.

## PROVA C

Le temperature registrate nel suolo hanno mostrato variazioni nel tempo per effetto dell'intensità del fuoco e della profondità del suolo (fig. 12.). Come prevedibile le temperature hanno raggiunto i valori più elevati sulla superficie del terreno facendo registrare tuttavia valori massimi non molto differenti tra loro e pari a 95,3 e 91,3 °C rispettivamente per l'alta e la bassa intensità. L'effetto dell'intensità del fuoco non è consistito nel determinare una differente temperatura massima quanto piuttosto una differente durata di un certo regime termico, infatti sulla superficie del suolo una temperatura di oltre 70°C si è mantenute per 20 minuti con AI e per soli 5 con BI, a 25 mm un temperatura di oltre 50 °C si è mantenuta per 40 minuti solo con AI.

All'aumentare della profondità la temperatura è diminuita, riducendosi di 1/3 in AI (60°C) e di 2/3 in BI (31°C) a 25 mm, di poco meno di 2/3 (37°C) in AI e di 2/3 (30°C) in BI a 50 mm dove la differenza tra le temperature si è ovviamente molto attenuata

La risposta della temperatura del suolo durante in incendio è direttamente correlata con la quantità di paglia bruciata e inversamente correlata con la profondità; alcuni studi confermano che per effetto dell'incendio delle stoppie la temperatura del suolo aumenta in superficie e diminuisce con la profondità (Patten e Cave, 1984; Bradstock *et al.*, 1992; Bradstock e Auld, 1995)

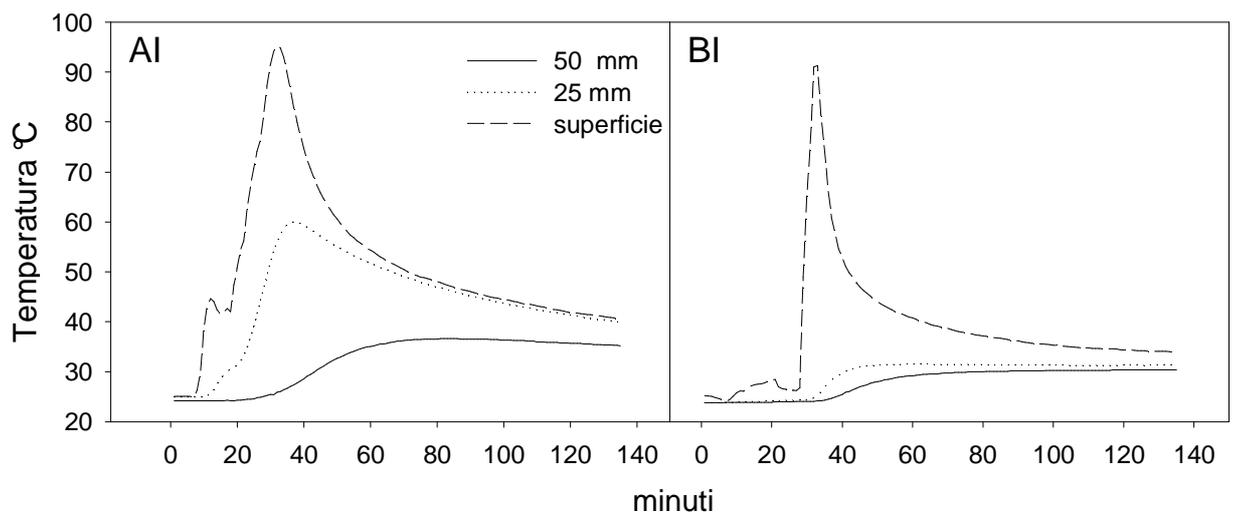


Fig. 12. Temperature registrate durante l'esperienza, in relazione all'intensità del fuoco ed alla profondità del suolo

Nella fig.13 sono illustrati i risultati di germinabilità osservati nelle due *Medicago*, dal momento che i semi di *Scorpiurus* non sono mai germinati; la bassa germinabilità dei semi del testimone, pari a 38 e 25% in *M ciliaris* ed *M. rugosa* rispettivamente, testimonia l'alto livello di durezza riscontrato in queste specie.

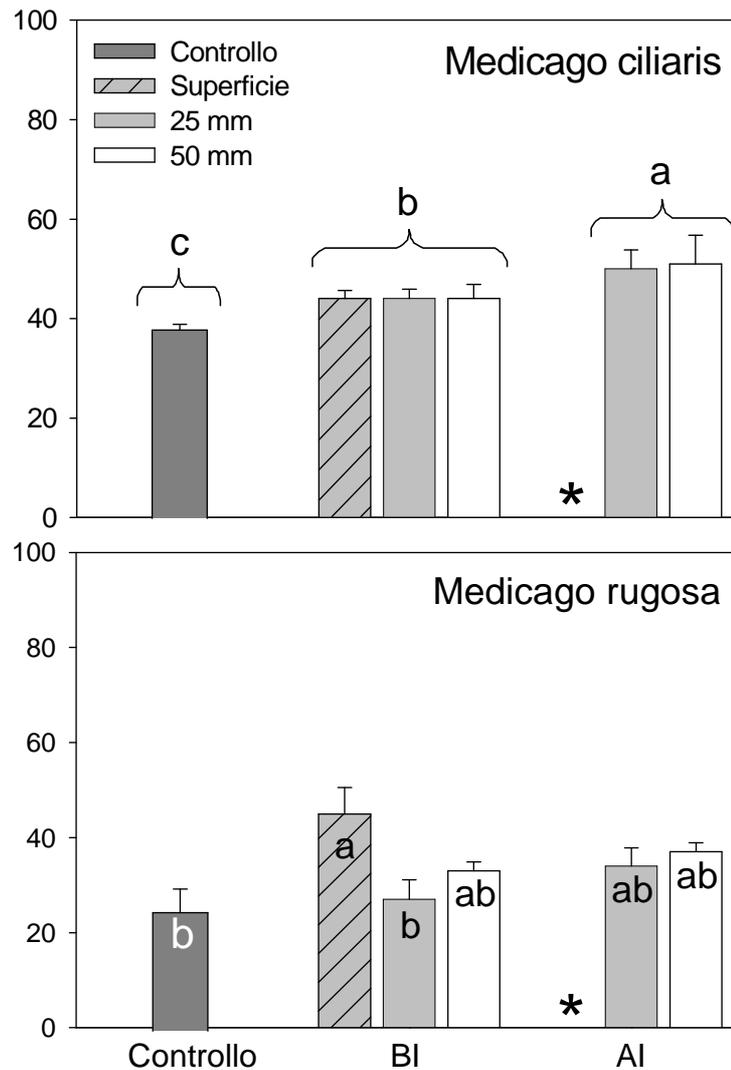


Fig. 13. Germinabilità totale (%) in *M. ciliaris* e *M. rugosa*.

\* Non avviene germinazione a causa della totale bruciatura dei semi.

Lettere differenti indicano differenze significative per  $p > 0.05$

In entrambe le specie i semi posti sulla superficie si sono bruciati quando esposti all'alta intensità di fuoco e di conseguenza, dopo essere stati comunque sottoposti alle prove di germinazione, sono stati classificati come non vitali.

In *M. ciliaris* l'alta intensità di fuoco ha determinato un significativo aumento della germinabilità nei semi interrati senza differenze tra le profondità: nella media delle due profondità di 25 e 50 mm l'alta intensità di fuoco ha fatta

registrare un valore del 51% contro 44% della bassa intensità e 38% del controllo.

In *M rugosa* anche la profondità alla quale i semi erano posti ha esercitato una influenza sulla loro germinabilità : la bassa intensità di fuoco ha determinato un significativo incremento della germinabilità dei semi posti in superficie (45%) rispetto al controllo (25%) ed ai semi posti a 25 mm (27%).

L'esame dei valori del Tempo medio di germinazione (fig.14) mostra che i valori più bassi sono stati registrati quando i semi erano posti a 50 mm, senza differenze in rapporto all'intensità di fuoco in *M ciliaris* ed a 50 mm con bassa intensità di fuoco *M. rugosa*; si potrebbe pensare che il fuoco, tanto più se ad alta intensità potrebbe interrompere la durezza tegumentale ma anche compromettere in parte la funzionalità dell'embrione.

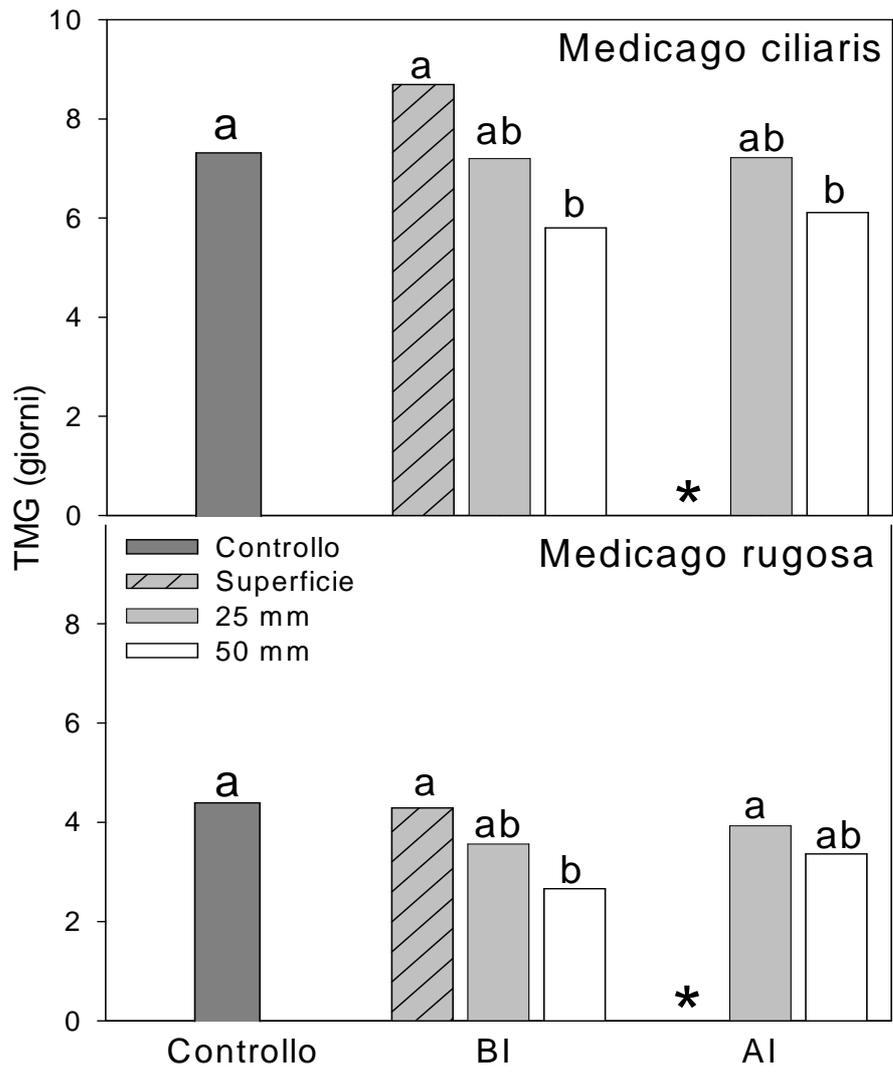


Fig. 14. Tempo Medio di Germinazione delle specie allo studio.  
 \* Non avviene germinazione a causa della totale bruciatura dei semi.  
 Lettere differenti indicano differenze significative per  $p > 0.05$ .

## Conclusioni

Sulla base dei risultati conseguiti è possibile concludere che:

- il fuoco ha determinato l'interruzione della dormienza nelle due *medicago* studiate ma non in *Scorpiurus*.
- sono stati osservati incrementi della germinabilità del 90% in *M. rugosa* e del 26% in *M. ciliaris* dopo esposizioni a temperature comprese tra 70 e 90 °C.
- i semi distribuiti sulla superficie del suolo sono stati interamente danneggiati dalle alte temperature determinate dal passaggio del fuoco ad alta intensità e, pertanto, il loro contributo alla affermazione della nuova copertura vegetale è pari a zero (germinabilità 0%).
- una bassa intensità di fuoco ha determinato l'interruzione della dormienza dei semi duri delle due *Medicago*, mentre una alta intensità di fuoco, determinata dall'incendio di una maggiore quantità di biomassa combustibile, ha determinato la mortalità dei semi posti in superficie, e una maggiore germinabilità negli strati più profondi, concordemente a quanto osservato da vari autori (Auld e O'Connell, 1991 Jhurree *et al.* 1998).
- la fessurazione del tegumento dei semi interrati nel suolo, indotta dal calore emanato dal fuoco, ha consentito l'imbibizione del seme e l'avvio del processo di germinazione.

- in *Scorpiurus* il mancato effetto del fuoco é probabilmente dovuto alla elevata durezza del del seme (Gresta *et al.*, 2007; Abbate *et al.*, 2010), il cui tegumento non viene intaccato dall'alta intensità di fuoco quando il seme é interrato e che viene bruciato quando si trova in superficie.

#### 4. BIBLIOGRAFIA

- A-AS-SAQUI M., CORLETO A. 1978. Effect of seed presowing hardening on seedling emergence of four forage species. *Seed Science and Technology*, Zürich. v.6, n.2. 701-709.
- ABBATE V., CRISTAUDO A., MAUGERI G., GRESTA F. 2010. *Scorpiurus muricatus* L. subsp. *subvillosus* L. Thell., a potential forage legume species for the Mediterranean environment: a review. *Grass and Forage Science*, 65, 2-10.
- ABBATE V., MAUGERI G. 2006 *Scorpiurus subvillosus* L.: da specie spontanea a specie coltivata. In: Accademia Gioenia (eds) Bulletin of Accademia Gioenia, Catania (in press).
- ABDUL-BAKI A.A., TEASDALE J. 1993. A no-tillage tomato production system using hairy vetch and subterranean clover mulches. *HortScience*;28:85-95
- ABDUL-BAKI A.A., TEASDALE J.R., KORCAK R.F. 1997. Nitrogen requirements of fresh-market tomatoes on hairy vetch and black polyethylene mulch. *HortScience*, 32: 217-221.
- ADKINS S.W., ROSS J.D. Studies in wild oat seed dormancy. I. The role of ethylene in dormancy breakage and germination of wild oat seeds (*Avena fatua* L.). *Plant Physiol.*, 67: 358-362.
- AITKEN Y. 1939. The problem of hard seeds in subterranean clover . *Proc. of Royal Soc. of Victoria*, 51: 187-213.
- AMEN R.D. 1967. The effects of gibberellic acid and scarification on Seed dormancy in germination in *Luzula spicata* L., *Physiol. Plant*, 20: 6-12.
- AULD T.D., O'CONNELL M.A. 1991. Predicting patterns of post-fire germination in 35 eastern Australian Fabaceae. *Aust. J. Ecol.*, 16, 53-70.
- BALLARD L.A.T. 1958. Studies of dormancy in the seeds of subterranean clover. *Aust. J. Biol. Sci.* 11: 246-260
- BALLARD L.A.T. 1967. Fisiologie, omologie und biochemie der keimung. Ed. H. Borris, Ernst-Moritz-Arndt-Universitat : Greifswald, pag. 209.

- BALLARD L.A.T. 1973. Physical barriers to germination. *Seed Science and Tecnology* 1: 285-303.
- BALLARD L.A.T., LIPP A.E.G. 1965. Germination of subterranean clover seed in relation to some softening procedures. *Proceedings of the International Seed Testing Ass.*, 30: 893-903.
- BALLIO A., CHAIN E.B., DE LEO P., ERLANGER B.F., MAURI M., TOMOLO, A. 1964 Fusicoccin: a new wilting toxin produced by *Fusicoccum amygdali* Del. *Nature*, 203: 279.
- BARNES J.P., PUTNAM A.R. 1987. Role of benzoxaziones in allelophaty by rye (*Secale cereale* L.). *Journal of Chemical Ecology*, Springer Netherlands (13), 4: 889-906.
- BARRETT-LENNARD R.A., GLADSTONES J.S. 1964. Dormancy and hardseededness in Western Australian serradella (*Ornithopus compressus*). *Australian Journal of Agricultural Research* 15: 895–904.
- BARTON L.V. 1947. Special studies on seed coat impermeability. *Contrib. Boyce Thompson Inst.*, 14: 355-362.
- BASKIN C.C., BASKIN J.M. 1998. *Seeds: Ecology, biogeography, and evolution of dormancy and germination*. Academic Press, San Diego.
- BASKIN J.M., BASKIN C.C. 1978. The seed bank in a population of an endemic plant species and its ecological significance. *Biol. Conserv.*, 14: 125-130.
- BATEY T. 2009. Soil compaction and soil management. *Soil Use and Management*, 25: 335-345.
- BAUMEISTER J. 1964. Zur Wasserversorgung der Boden in grassgemullchter Obstalngen. *Der Erwebsotbau*, 4: 73-76.
- BEALE P.E., LAHLOU A., BOUNEJMATE M. 1991. Distribution of wild annual legume species in Morocco and relationship with soil and climatic factor. *Aust J Agric Res* 42:1217–1230.
- BELL D.T., KING L.A., PLUMMER J.A. TAYLOR S.K. 1999. Ecophysiological effects of light quality and nitrate on seed germination in species from western Australia. *Aust. J. Ecol.*, 24, 2-10.

- BELL D.T., MULLER C.H. 1973. Dominance of California annual grassland by *Brassica nigra*. *Am. Midl. Nat.*, 90: 277-299.
- BENVENUTI S. 2001. Determinazione del contenuto dei semi infestanti nel suolo. *Atti del XII convegno S.I.R.F.I.*, 225-251.
- BERRIE A.M.M., DRENNAN D.S.H. 1971. The effect of hydration-dehydration on seed germination. *New Phytol.* 70,135-42.
- BETHLENFALVAY G.J., SVEJCAR A.J. 1991 Mycorrhizae in plant productivity and soil conservation. *Actes du Quatrième Congrès International des Terres de Parcours, Association Francaise de Pastoralism, Montpellier*, 251-254.
- BEVILACQUA L.R., FOSSATI F., DONDERO G. 1987. "Callose" in the impermeable seed coat of *Sesbania punicea*. *Ann of Bot.*, 59: 335-341.
- BEVILACQUA L.R., ROTI-MICHELOZZI G., MODENESI P. 1989. The watertight dormancy of *Melilotus alba* seeds: Further observations on the palisade cell wall. *Canad. Jour.of Bot.*, 67: 3453-3456.
- BEWLEY J.D., BLACK M. 1982. *Physiology and Biochemistry of Seeds in relation to Germination. Viability, Dormancy and Environmental Control.* (Berlin).
- BEWLEY J.D., BLACK M. 1994. *Seeds – Physiology of development and germination.* II Ed., Plenum Press, New York.
- BHALLA P.L., SLATTERY H.D. 1984. Callose deposits make clover seeds impermeable to water. *Annals of Botany*, 53: 125-128.
- BLACKSHAW R.E., MOYER J.R., DORAM R.C., BOSWELL A.L., SMITH E.G. 2001. Merits of biennial sweetclover (*Melilotus officinalis*) as a fallow replacement in semi-arid cropping systems. *Agron. J.* In press.
- BONARI E., MAZZONCINI M., MENINI S., MOSCHETTA D. 1997. Effetti delle "cover crops" nella monosuccessione del mais (*Zea mays* L.) da granella in terreni limosi. *Agricoltura Ricerca*, 169: 39-52.
- BONNET J., VARNER J.E. 1965. *Plant biochemistry.* Academic Press, NewYork, pp.1054

- BONNET J., VARNER J.E. 1965. Seed development and germination. Acad. Press New York-London; Plant Biochemistry, 763-792.
- BONORA R. 1998. La risposta agronomica all'inquinamento da nitrati. *Terra e Vita* 2: 34-36.
- BOTTINI O. 1954. Novità sul sovescio. *L'Italia Agric.*, 91: 507-514.
- BRADBEER J.W. 1968. Studies in seed dormancy. IV. The role of endogenous inhibitors and gibberellin in the dormancy and germination of *Corylus avellana* L. seeds. *Planta* 78: 266-276
- BRADFORD K.J. (1986). Manipulation of seed water relations via osmotic priming to improve germination under stress conditions. *HortScience* **21**: 1105-1112.
- BRADOW JUDITH M., WILLIAM J., CONNICK JR. 1990. Volatile seed germination inhibitors from plant residues. *J. Chem. Ecol.*, 16: 645-666.
- BRADSTOCK R.A., AULD T.D. 1995. Soil temperatures during experimental bushfires in relation to fire intensity: consequences for legume germination and fire management in south-eastern Australia. *J. Appl. Ecol.*, 32, 76-84.
- BRADSTOCK R.A., AULD T.D., ELLIS M.E., COHN J.S. 1992. Soil temperatures during bushfires in semi-arid, mallee shrublands, *Australian Journal of Ecology*, 17, 4, 433-440.
- BRANDSEATER L.O., NETLAND J., MAEADOW R. 1998. Yields weeds, pest and soil nitrogen in a white cabbage-living mulch system. *Biological Agriculture and Horticulture*, 16: 291-309.
- BRANT R.E., MCKEE G.W., CLEVELAND R.W. 1971. Effect of chemical and physical treatment on hard seed of Penngift crown vetch. *Crop Science*, 11, 1-6
- BRELAND T.A. 1995. Green manuring with clover and ryegrass catch crops under sown in spring wheat: effects on soil structure. *Soil Use Management*, 11: 163-167.
- BROWN. N.A.C. 1993. Promotion of germination of fynbos seeds by plant-derived smoke. *New Phytologist*, 123, 575-583.

- BUGG R.L., WADDINGTON C. 1994. Using cover crops to manage arthropods pest orchard: A review. *Agriculture, Ecosystem and Environment*, 50: 11-28.
- BURNS R.E. 1959. Effect of acid scarification on lupine seed impermeability. *Plant Physiol.* 34: 107-108.
- BUSSE W.F. 1930. Effect of low temperatures on germination of impermeable seeds. *Botanical Gazette* 89: 169–178.
- CAMPBELL R.B., KARLEN D.J., SOJKA R.E. 1984. Conservation tillage for maize production in the U.S. southeastern Coastal Plain. *Soil tillage Res.*, 4: 511-529.
- CAMPIGLIA E., 1999. Coltura da copertura utilizzate in agroecosistemi mediterranei. Nota I: Modificazioni dell'ambiente colturale. *Rivista di Agronomia*, 33: 90-103.
- CAMPIGLIA E., CAPORALI F. 1995. Confronto tra diverse tecniche d'inerbimento in arborei specializzati nell'alto Lazio. *Riv. di Frutticoltura*, 3: 90-103.
- CAMPIGLIA E., CAPORALI F., PAOLINI R., DE SANTIS D. 1991. Yield, quality aspects of the hazel-grove (*Corylus avellana* L.) agro-ecosystem in Central Italy *Agric.Medit.*, 121: 123-129.
- CAMPIGLIA E., MANCINELLI R., GHINI G., CIRIONI P. 2003. Caratteristiche fisico chimiche del terreno e produzione di uva nei vigneti ineriti. *Riv. di Frutticoltura*, 3: 57-61.
- CAPORALI F. 1990. Annual self regenerating legumes for low input intensive cropping systems. Screening for living mulching in winter Barley (*Hordeum vulgare* L.). Proc. First. Intern. Symp. on Natural Resources Management for a sustainable Agriculture, New Delhi.
- CAPORALI F. 1991. *Ecologia per l'agricoltura*. Utet-libreria, Torino, pag. 230.

- CAPORALI F., CAMPIGLIA E. 1994. Innovazioni nella ricerca di sistemi colturali a bassi input: L'impiego del trifoglio sotterraneo (*Trifolium subterraneum* L.) come *living mulch* e sovescio nella rotazione con il frumento (*Triticum aestivum* L.)-girasole (*Helianthus annuus* L.). Nota I. Rivista di Agronomia, 27 (3): 183-190.
- CAPORALI F., CAMPIGLIA E. 1994. Innovazioni nella ricerca di sistemi colturali a bassi input: L'impiego del trifoglio sotterraneo (*Trifolium subterraneum* L.) come *living mulch* e sovescio nella rotazione con il frumento (*Triticum aestivum* L.)-girasole (*Helianthus annuus* L.) Nota II. Rivista di Agronomia, 28 (1): 50-56.
- CAPORALI F., CAMPIGLIA E. 2001. Leguminose come cover crops in ambiente mediterraneo. "Leguminose e agricoltura sostenibile" Ed. Calderoni, Edagricole, 7: 149-177.
- CAPORALI F., CAMPIGLIA E., ANSELMO V. 1994. Prospettive per l'uso di *Trifolium subterraneum* L. come cover crop in un nocciolo dell'Italia centrale. Riv. di Agron., 28(4): 331-335.
- CAPORALI F., CAMPIGLIA E., E PAOLINI, R., 1990. Annual self - regenerating legumes for low input intensive cropping systems. Atti Proc. First Intern. Symp. on Natural Resources Management for a Sustainable Agriculture, February 6-10, 1990, New Delhi, India, 3-14.
- CAPORALI F., CAMPIGLIA E., PAOLINI R. 1987. L'inerbimento del nocciolo con Trifoglio sotterraneo (*Trifolium Subterraneum* L.) nel territorio Viterbese. Informatore Agrario, 43(1): 57-60.
- CARPINO S., HORNE J., MELILLI C., LICITRA G., BARBANO D.M., VAN SOEST P.J. 2004a. Contribution of native pasture to the sensory properties of Ragusano cheese. J Dairy Sci 87:308–315.
- CARPINO S., MALLIA S., LA TERRA S., MELILLI C., LICITRA G., ACREE T.E., BARBANO D.M., VAN SOEST P.J. 2004b. Composition and aroma compounds of Ragusano cheese: native pasture and total mixed rations. J Dairy Sci 87:816– 830.

- CHANDER K., GOYAL S., MUNDRA C., KAPOOR K.K. 1997. Organic matter, microbial biomass and enzyme activity of soil under different crop rotation in the tropics. *Biol. Fert. Soil*, 24: 306-310.
- CHERR C.M., SCHOLBERG J.M.S., MCSORLEY R. 2006. Green manure approaches to crop production: a synthesis. *Agronomy Jour.*, 98: 302-319.
- CHOU C.H., PATRICK Z.A. 1976. Identification and phytotoxic activity of compounds produced during decomposition of corn and rye residues in soil. *J. Chem. Ecol.*, 2: 369-387.
- CLARK M.S., HORWATH W.R., SHENNAN C., SCOW K.M., LANTINI W.T., FERRIS H. 1999. Nitrogen, weeds and water as yield limiting factors in conventional, low-input and organic tomato systems. *Agric. Ecosyst. Environ.* 73: 257-270.
- CLINE G.R., SILVERNAIL A.F. 2001. Residual nitrogen and kill date effects on winter cover crop growth and nitrogen content in a vegetable production system. *HortTechnology*, 11: 219-225.
- COCKS P.S. 1988. The role of pasture and forage legumes in livestock based farming systems. In Beck D.P., Materon L.A. (Ed.), Nitrogen fixation by legumes in mediterranean agriculture. Martinus Nijhoff Publishers, Dordrecht, 3-10.
- COCKS P.S., PHILLIPS J.R. 1979. Evolution of subterranean clover in South Australia. I. The strains and their distribution. *Aust. J. Agric. Res.*, 30: 1035-1052.
- COME D., THEVENOT C. 1982. Environmental control of embryo dormancy and germination. In: AA Khan, ed. *The Physiology and Biochemistry of Seed Dormancy and Germination*, Elsevier Biomed. Press., New York, 271-298.
- CORNER E.J.H. 1951. The leguminous seed. *Phytomorphology*, 1: 117-150.
- COX J.R., ALBA-AVILA A., RICE R.W., COX J.N. 1993. Biological and physical factors influencing *Acacia constricta* and *Prosopis velutina* establishment in the Sonoran Desert. *J. Range Manage*, 46, 43-48.

- CREAMER N.G., BENNETT M.A., STINNER B.R., CARDINA J., REGNIER E.E. 1996. Mechanisms of weed suppression in cover crop-based production systems. *HortScience*, 31: 410-413.
- CREAMER N.G., BENNETT M.A., STINNER B.R., CARDINA J., REGNIER E.E. 1996a. A comparison of four processing tomato production system differing in cover crop and chemical inputs. *J. Amer. Soc. Hort. Science*, 121: 559-568.
- CROCKER, W. 1916. Mechanics of dormancy in seeds. *American Journal of Botany*, 3: 99-120.
- CRUTCHFIELD D.A., WHICKS G.A., BURNSIDE O.C. 1985. Effect of winter wheat (*Triticum durum L.*) straw mulch level on weed control. *Weed Sci.*, 34: 110-114.
- DAVIES D.W. 1997. Personal communication. Univ. Of Minnesota. St Paul.
- DECKER A.M., CLARK A.J., MEISINGER J.J. MULFORD F.R. MCINTOSH M.S. 1994. Legume cover crop contributions to no-tillage corn production. *Agronomy Journal*, 86: 126-135.
- DEVESA J.A., RUIZ T., RODRÍGUEZ P. 1998. Seed germination in wild clovers (*Trifolium*, Leguminosae) from Southwestern Europe (Spain). *Plant Biosyst.* 132: 225-232.
- DORAN J.W., SMITH M.S. 1991. Role of cover crops in nitrogen cycling. Hargrove Ed., *Cover crops for clean water. Soil and Water conservation Society Ankey, Iowa*, 85-90.
- EDWARDS D., BERRY, J.J. 1987. The efficiency of simulation-based multiple comparisons. *Biometrics*, 43, 913–928.
- EDWARDS D.G.W. 1986. Special prechilling techniques for tree seeds. *Journal of Seed Technology* 10: 151-171.
- EGLEY G.H. 1995. Seed germination in soil: dormancy cycles. In J Kigel, G Galili, ed., *Seed Development and Germination*. Marcel Dekker, New York, 529-544.

- EHLERS W., KOPKE U., HESSE F., BOHM W. 1983. Penetration resistance and root growth of oats in tilled and untilled loess soil. *Soil and Tillage Research*, 3: 261-275.
- EINHELLING F.A. 1987. Interaction among allelochemicals and other stress factors of the plant environment. In Waller G.R. Ed., *Allelochemicals: Role in agriculture and forestry*. Amer. Chem. Soc., Washington, D.C., 4: 534-538.
- EINHELLING F.A. 1996. Interaction involving Allelopathy in cropping systems. *Agronomy Journal*, 88: 886.
- ELLIS R.H., ROBERTS E.H. 1980. Improved Equations for the Prediction of Seed Longevity. *Annals of Botany*, 45: 13-30.
- EMDE K. 1990. Oberflaechenabfluss and Bodenerosionsmessungen auf Weinbergst an dorten im Rheingau (Deutschland). VIII Internationales Kolloquium ueber bergruenung im weinbau, Keszthely/Ungarn, 163-169.
- ENACHE A.J., ILNICKI R.D. 1990. Weed control by subterranean clover used as a living mulch. *Weed technol.*, 4: 534-538.
- ENACHE. A., ILNICKI R.D. 1988. Subterranean clover: A new approach to weed control. *Proc. N.E. Weed Sci. Soc.*, 34-42.
- ERISMAN J.W. BLEEKER A., GALLOWAY J., SUTTON M.S. 2007. Reduced nitrogen in ecology and environment. *Environmental pollution*, 150: 140-149.
- ERWING R.P., WAGGER M.G., DENTON H.P. 1991. tillage and cover crops management effects on soil water and corn yield. *Soil Sci. Soc. Am. J.*, 55: 1081-1085.
- ESAHY Y., LEOPOLD A.C. 1969. Dormancy regulation in subterranean clover seeds by ethylene. *Plant Physiology* 44: 1470-1472.
- ETIENNE M., VALLEY J. 1995. Installation d'élevages ovins sur grandes coupures. *FAO, Sylvopastoral Systems*, Avignone (F).
- EVANS P.M., SMITH F.A. 1999. Patterns of seed softening in subterranean clover in a cool, temperate environment. *Agronomy Journal* 91:122-127.

- EVANS P.S. 1977. Comparative root morphology of some pasture grasses and clovers. *New Zealand Journal of Science*, 20: 331-335.
- EYNARD I. 1958. Effect of very low temperature on germination of hard seeds. *Sementi Elette*, 2: 52-61.
- FAIRBROTHER T.E. 1991. Effect of fluctuating temperatures and humidity on the softening rate of hard seed of subterranean clover (*Trifolium subteraneum* L.). *Seed Science and Technology* 19, 93-105.
- FERRINI F., MATTII G.B. 1993. Possibilità e problemi per l'inerbimento in viticoltura. *Atti Acc. Ital. Vite e Vino*, vol. XLV.
- FLEMION F., PROBER P.L. 1960. Production of peach seedlings from unchilled seeds. *Contrib Boyce Thompson Inst. Plant. Res.*, 20(7): 409-420.
- FOLORUNSO O.A., RALSTON D.E., PRICHARD T., LOUIE D.T. 1992. Cover crops lower soil surface strength, may improve soil permeability. *California Agriculture*, 46 (6): 26-27.
- FOLORUNSO O.A., ROLSTON D.E., PRICHARD T., LOUIE D.T. 1992. Cover crops lower soil surface strength, may improve soil permeability. *Calif. Agric., Division of agriculture and natural resources, Univ. of California*, 46: 26-27.
- FONTANA M., VENTURI A. 1999. Le tecniche di conduzione. *Agricoltura*, 27(3): 44-48.
- FRANKLAND B. 1961. Effect of gibberellic acid, kinetin and other substances on seed dormancy. *Nature* 192: 678-79. 7.
- FRYER J.D. 1979. Key factors affecting important weed problems and their control. *Proc. E.W.R.S. Symp., Mainz (Deutschland)* 13-23.
- FULBRIGHT, T.E. 1987. Natural and artificial scarification of seeds with hard coats. In: GW Frasier and RA Evans (Ed.) *Proc. of Symp. "Seed and Seedbed Ecology of Rangel and Plants"*. Tucson, Ariz., 40-47.
- GLADSTONE 1967. Naturalized subterranean clover strains in Western Australia. *Austr. Jour. of Agric. Res.*, 18: 713.
- GOMEZ PITERA C. 1985. New subterranean clover varieties. A recent approach in Spain. *Proc. 4<sup>th</sup> FAO Meeting on Mediter. pastures*, 23-25.

- GRANT LIPP A.L.; BALLARD I.A.T. 1959. The breaking of seed dormancy of some legumes by carbon dioxide. *Austr. Jour. of Agric. Res.*, 10: 495-499.
- GRAY D., STECKEL J.R.A. 1977. Effects of pre-sowing treatments on the germination and establishment of parsnips (*Pastinaca sativa* L.). *J. Hort. Sci.*, 52: 525–534.
- GRAY S.G. 1962. Hot water seed treatment for *Leucaena glauca* (L) Benth. *Australian Journal of Experimental Agriculture and Animal Husbandry*, 2: 178-80.
- GREGORICH E.G., ELLBERT B.H., DURY C.F., LIANG B.C. 1996. Fertilization effects on soil organic matter turnover and corn residue storage. *Soil Sci. Soc. Amer. Journ.* 60: 472-476.
- GRESTA F., AVOLA G., ABBATE V. 2007. Germination ecology of *Scorpiurus subvillosus* L. seeds: the role of temperature and storage time. *Plant Ecol* 190:123–130.
- GRESTA F., AVOLA G., ABBATE V. 2007. Germination ecology of *Scorpiurus subvillosus* L. seeds: the role of temperature and storage time. *Plant Ecology*, 190, 1, 123-130.
- GRESTA F., AVOLA G., OCCHIPINTI A., **BARRILE V.**, ABBATE V. 2008. Sustainable use of legume “cover crops” in citrus orchards. *Atti X convegno ESA (European Soc. of Agron.)*, Multifunctional Agriculture, Bologna, Settembre 2008.
- GRESTA F., AVOLA G., ONOFRI A., **BARRILE V.**, CRISTAUDO A., TUTTOBENE R., ABBATE V. 2010. The effect of fire on the dormancy break of annual legume seeds. *Ital. Jour. of Agron.*, In press.
- GRIFFIN T., LIEBMAN M., JEMISON J.jr. 2000. Cover crops for sweet corn production in a short-season environment. *Agronomy Jour.*, 92: 144-151.
- GROODY K. 1990. Implication for cover crop residue incorporation and mineral fertilizer applications upon crust strought and seedling emergence. MS Thesis, Univ. of California, Davis.

- GUENZI W.D., KEHR W.D., McCALLA T.M. 1964. Water soluble phytotoxic substances in alfalfa forage: Variation with variety, cutting, year and stage of growth. *Agr. Jour.*, 56: 499-50.
- GUNSTONE F.D. 1996. *Fatty Acid and Lipid Chemistry*. London, Academic Professional.
- GUTTERMAN Y. 1978. Seed coat permeability as a function of photoperiodical treatments of the mother plants during seed maturation in the desert annual plant: *Trigonella arabica* Del. *J. Arid Environ.* 1: 141-144.
- HAGON M.W. 1971. The action of temperature fluctuations on hard seeds of subterranean clover. *Aust. J. Exp. Agric. Anim. Husb.* 11: 440-443.
- HAMBLIN J., GLADSTONES J.S., ATKINS C.A. 1998. *Lupines as a crop plants biology, production and utilization*, CAB International, South Perth, pp. 437-454.
- HAMID A., HASHEM A., HAMID A., AHAD MIAH M.A., NAG B.L. 1995. Seed development, quality, maturity, synchrony and yield of selected mungbean genotypes. *Seed Science and Technology*, 23, 761-770.
- HAMLY D.H. 1932. Softening of the seeds of *Melilotus alba*. *Bot Gazette* 93: 345-375.
- HARLAN J.R., DE WET J.M.J. 1965. Some thoughts about weeds. *Economics Bot.*, 19: 10-24.
- HARPER J.L. 1977. *Population biology of plants*. Academic Press, New Yorke.
- HARTMANN K.M., NEZADAL W. 1990. Photo control of weeds without herbicides. *Naturwissenschaften*, 77: 158-163.
- HAYNES R.J., GHO K.M. 1980. Seasonal levels of available nutrients under grass-down, cultivated and zero tilled orchard soil management practices. *Austr. Jour. Of Soil Res.*, 18: 363-373.
- HENCKEL P.A. 1964. Physiology of plants under drought. *Ann. Rev. Plant Physiol.*, 15: 363-386.

- HENIG-SEVER N. 1997. Regulation of germination by ash and its ecological significance in post-fire germination of Mediterranean vegetation. PhD Thesis. Tel Aviv University, Tel Aviv, Israel.
- HENNART J.W. 1985 trattamenti pregerminativi dei semi ortivi. L'informatore agrario, 9: 109-118.
- HEYDECKER W.; COOLBEAR P. 1977. Seed treatments for improved performance: survey and attempted prognosis. Seed Science and Technology, Zurique, v. 5, p. 353-425.
- HEYN C.C. 1963. The annual species of *Medicago*. Magnes Press, Hebrew University Jerusalem, 38-41.
- HOFFMAN M.L., WESTON L.A., SNYDER J.C., REGNIER E.E. 1996. Allelopathic influence of germinating seeds and seedlings of cover crops on weed species. Weed Science, 44: 479-584.
- HOLM A.M. 1973. The effect of high temperature pretreatments on germination of Townsville stylo seed material. Aust. Jou. Exp. Agric. Anim. Husb., 13: 190-192.
- HOLZNER P. 1978. Weed species and weet communities. Vegetation, 38: 13-20.
- HOROWITA M., TAYLORSON R.B. 1984. Hardseededness and germinabilty of velvetleaf (*Abutilon theophrasti*) as affected by temperature and moisture. Weed Sci., 32: 111-115.
- HOWIESON J.G., O'HARA G.W., CARR S.J. 2000. Changing roles for legumes in Mediterranean agriculture: developments from an Australian perspective. *Field Crops Res.*, 65: 107-122
- HOYT G.D., HARGROVE W.L. 1986. Legumes cover crops for improving crop and soil management in the Southern United States. HortSc. 21(3): 397-402.
- HUTCHINSON C.M., MCGIFFEN M.E. 2000. Cowpea cover crop mulch for weed control in desert pepper production. HortScience, 35: 196-198.

- HYDE E.O.C., 1954. The function of the hilum in some Papilionaceae in relation to the ripening of the seed and the permeability of the testa. *Ann. Bot.*, 18: 241-56.
- ILNICKI R.D., ENACHE A.J. 1992. Subterranean clover living mulch: An alternative method of weed control. *Agric. Econ. And Environ.*, 40: 249-264.
- INGELS C.A., BUGG R.L., THOMAS F.L. 1998. Cover crop species and descriptions. In: Ingels C.A. Bugg R.L., McGourty G.T., Christensen L.P. (Eds), *Cover cropping in vineyards. A grower's handbook*. University of California. Agriculture and Natural Resources Communication Service, Oakland (USA), 8-42.
- JAYNES R.A. 1971. Seed germination of six *Kalmia* species. *Journal of the American Society for Horticultural Science* 96: 668B672.
- JHA W.S., PAL A. 1992. Seed structure in *Medicago* L. *Flora*, 187: 209-218.
- JHURREE B., BELLAIRS S.M., HETHERINGTON S.E. 1998. Germination and dormancy release of seeds of Australian native understorey species used for minesite rehabilitation. *Seed Sci. Technol.*, 26, 587-601.
- JUNTILLA O. 1977. Dormancy in dispersal units of various *Dactylis glomerata* L. populations. *Seed Science and Technology* 5: 463-471.
- KARIUKI E.M., POWELL G.R. 1988. Pretreatment and germination of seeds of three leguminous tree species indigenous to Kenya. *Seed Sci. and Technol.*, 16: 477-487.
- KEELEY J.E. FOTHERINGHAM C.J. 1998. Mechanism of smoke-induced seed germination in a post-fire chaparral annual. *Journal Ecol.*, 86, 27-36.
- KEELEY J.E., 1994. Seed-germination patterns in fire-prone Mediterranean climate regions. In: Arroyo M.T.K., Zedler P.H., Fox M.D. (eds). *Ecology and Biogeography of Mediterranean ecosystems in Chile, California and Australia*. Springer-Verlag, New York, 239-273.
- KEITH D.A. 1996. Fire-driven extinction of plant populations: a synthesis of theory and review of evidence from Australian vegetation. *Proceedings of the Linnean Society of NSW* 116: 37-78.

- KETRING D.L. 1977. Ethylene and seed germination. In *The Physiology and biochemistry of seed dormancy and germination*, ed. AA Khan, North-Holland-Amsterdam, 157-178.
- KETRING D.L., MORGAN P.W. 1969. The germination and ethylene production by a dormant Virginia-type peanut seeds. *Plant Physiol*, 44: 326-330.
- KHAN A.A. 1971. Cytokinins: permissive role in seed germination. *Science* 171: 353-359
- KIRCHNER R, ANDREW WD 1971. Effect of various treatments on hardening and softening of seeds in pods of barrel medic (*Medicago truncatula*). *Australian Journal of Experimental Agriculture and Animal Husbandry*, 11:536-54
- KIRCHNER R., ANDREW W.D. 1971. Effect of various treatments on hardening and softening of seeds in pods of barrel medic (*Medicago truncatula*). *Australian Journal of Experimental Agriculture and Animal Husbandry*;11:536-540.
- KOLLER D. 1972. Environmental control of seed germination. In: Kozlowski TT (ed) *Seed Biology*, Academic Press, New York, pp 1-101
- KUO S., SANJIU M. 1998. Nitrogen mineralization and availability of mixed leguminous and non-leguminous cover crop residues in soil. *Biology and Fertility of Soils*, 26: 346-353.
- LADD J.N., AMATO M., LI-KAI Z., SCHUKTZ J.E. 1994. Differential effects of rotation, plant residue and nitrogen fertilizer on microbial biomass and organic matter in Australian alfisol. *Soil Biol. Biochem.*, 26: 821-831.
- LADO P., RASI-CALDONGO F., COLOMBO R. 1974. Promoting Effect of *Fusicoccin* on seed germination. *Physiologia Plantarum*, 2: 149-152.

- LANGDALE G.W., BLEWINS R.L., KARLEN D.L., MCCOLL D.K., NEARING M.A., SKIDMORE E.L., THOMAS A.W., TYLER D.D., WILLIAMS J.R. 1991. Cover crops effects on soil erosion by wind and water. In Hargrove (Ed.): Cover crops for clean water. Soil and water conservation Soc. of Am., Ankey, Iowa, 15-22.
- LANINI W.T., PITTENGER D.R., GRAVES W.L., MUNOZ F., AGAMALIAN H.S. 1989. Subclovers as living mulches for managing weeds in vegetables. *Calf. Agric.*, 43: 25-27.
- LEATHER G.R. 1983. Weed control using allelopathic crop plants. *J. of Chem. Ecol.*, 9: 983-989.
- LICITRA G., CARPINO S., SCHADT I., AVONDO M., BARRESI S. 1997. Forage quality of native pastures in a Mediterranean area. *Anim Feed Sci Technol* 69:315–328.
- LLOYD D.L., TAYLOR G.B., JOHNSON B., TEASDALE K.C. 1997. Patterns of seed softening and seedling emergence of nineteen annual medics during three years after a single seed crop in southern Queensland. *Aust. J. Exp. Agric.*, 37: 767-778.
- LODGE G.M. 1996. Seedling emergence and survival of annual pasture legumes in northern New South Wales. *Austr. Jour. Agric. Res.*, 47: 559-574.
- LODGE G.M., WHALLEY R.D.B. 2002. Fate of annual pasture legumes seeds on a two-way thermogradient plate. *Rangeland journal*, 24: 227-241.
- LONGHI F., PARDINI A., MATTII G.B., SNOWBALL R. 2002 a. Cultivar choice for cover cropping and soil erosion control in Tuscan vineyards. Proc. V International IFSA (International Farming Systems Association) Symp., Florence (ITA) April, 2002.
- LOVETT J.V., JESSOP R.C. 1982. Effects of residues of crop plant on germination and early growth of weath. *Australian Jour. of Agricultural Research*, 33: 909-916.

- LU Y.C., BRADLEY WATKINS K., TEASDALE J.R., ABDUL-BAKI A.A. 2000. Cover crops in a sustainable food production. *Food Review International*, 16 (2), 121-157.
- LUCIANI F., MAUGERI G. 1984. Recherches sur la périodicité des mauvaises herbes des cultures siciliennes. *Proc. EWRS 3, Symp. On Weed Problem in the Mediterranean area*, 437-446.
- LUSH W.M., EVANS L.T. 1980. The seed coats of cowpeas and other grain legumes: structure in relation to function. *Field Crop Research*, 3: 267-286.
- LUTE A.M. 1927. Alfalfa seed made permeable by heat. *Science* 65:166.
- MACCHIA M. 1990. Studio delle caratteristiche germinative e sull'emergenza di alcune specie infestanti. *Riv. di Agr.*, 24: 291-298.
- MANTINGER H. 1990. Pratiche colturali rispettose dell'ambiente in frutticoltura. *L'informatore Agrario* 19/90: 51-60.
- MARTIN R.E., CUSHWA C.T. 1966. Effects of heat and moisture on leguminous seed. *Proceedings of the Annual Tall Timbers Fire Ecology Conference*, 5: 159-175.
- MARTIN R.E., MILLER R.L., CUSHWA C.T. 1975. Germination response of legume seeds subjected to moist and dryheat. *Ecology*, 56: 1441-1445.
- MAUGERI G. 1979. La vegetazione antropogena della Sicilia. Primo quadro sintetico. *Boll. Acc. Gioenia Sci. Nat. Catania*, 4(13): 137-159.
- MAURO R.P.M., RESTUCCIA A., OCCHIPINTI A., MAUROMICALE G. 2009. Il ruolo delle *cover crops* nella gestione degli agroecosistemi. *Tecnica Agricola*, ISSN 0371-5124, Anno LXI – n. 3/4 Luglio – Dicembre 2009.
- MAYER A.M., POLJAKOFF-MAYBER A. 1975. *The germination of seeds*. 2<sup>d</sup> ed. Pergamon, Oxford. Real, L.A. 1980.
- MBALO B.A., WITKOWSKI E.T.F. 1997. Tolerance to soil temperatures experienced during and after the passage of fire in seeds of *Acacia karroo*, *A. nilotica* and *Chromolaena odorata*: a laboratory study. *S. Afr. J. Bot.*, 63, 421-425.

- MCADOO J.K., EVANS C.C., ROUNDY B.A., YOUNG J.A, EVANS R.A. 1983. Influence of heteromyid rodents on *Oryzopsis hymenoides* germination. Jour. Range Manage., 36:61-64.
- MCCOMB J.A., ANDREWS R. 1974. Sequential softening of hard seeds in burrs of annual medics. Aust. Jour. of Exp. Agr. and Anim. Husb., 14: 68-75.
- McDONALD M.B., VERTUCCI C.W., ROOS E.E. 1988. Soybean seed imbibition: water absorption by seed parts. Crop Sci., 28: 993-997.
- MEROU T., PAPANASTASIS V.P. 2000. Germination pattern of certain annual legumes in a sub-humid Mediterranean environment of Macedonia, Greece. CICHEAM-Options Mediteraneennes, 343-347.
- MIDGLEY A.R. 1926. Effect of alternate freezing and thawing on the impermeability of alfalfa and dodder seed. J. Am. Soc. Agron. 18:1096-1098
- MIKLAS P.N., TOWNSEND C.E., LADD S.I. 1987. Seed coat anatomy and the scarification of cicer milkvetch (*Astragalus cicer* L.). Crop Sci. 27: 766-772.
- MILES D.F., TEKRONY D.M. EGLI D.B. 1998. Change in variability germination and respiration of freshly harvested soybean seed during development. Crop Science, 28: 700-704.
- MILLER J.M., HIPPS N.A., PRINJA J., BLAKE P.S., ALLEN J.G., TAYLOR D.R., COSTA J., WICKENDEN M.F., SPENCER J.E., WEBSTER A.D., JOHNSON D.S., JACKSON J. E., BROWNING G., MACKENZIE K.A.D., QUINLAN J.D., FAIRALL G.B.N., MARCHESE A.J. 1987. Improvement of the performance and productivity of fruit plants. Ann. Rep. East Malling Res. Sta., 113-115.
- MILLER S.S., BOWMAN L.A., GIJZEN M., MIKI B.L.A. 1999. Early development of the testa of soybean (*Glycine max*). Ann. of Bot., 84: 297-304.
- MOLISCH H. 1937. Der einfluss einer Pflanze auf die andere-allelopathie. Fisher, Jena, Deutschland, 106.

- MORLEY F.H.W. 1961. Subterranean clover. *Adv. in Agron.*, 13: 57-123.
- MORRISON R.M., ASIEDU E.A., STUCHBURY T., POWELL A.A. 1995. Determination of lignin and tannin content of cowpea seeds coats. *Annals of Botany*, 76: 287-290.
- MOTT J.J., MCKEON G.M. 1979. Effect of heat treatments on breaking hardseededness in four species of *Stylosanthes*. *Seed Science and Tech.*, 7: 87-98.
- MUNAWAR A., BLEVINS R.L., FRYE W.W., SAUL M.R. 1990. Tillage and cover crop management for soil water conservation. *Agron. J.* 82:773-777.
- NAKAMURA, S., 1962. Germination of legume seeds. *Proceedings of the International Seed Testing Association* 27, 694-709
- NELSON W.A., KHAN B.A., ROBERT B.W. 1991. Screening cover crops for use in conservation tillage systems for vegetables following spring plowing. *HortScience*, 26: 860-862.
- NIKOLAEVA M.G. (1967 [1969]) *Fiziologiya glubokogo pokoya semyan* (Physiology of deep dormancy in seeds). Izdatel'stvo "Nauka," Leningrad. English translation in 1969, *Nat. Sci. Found.*, Washigton D.C., USA: 219.
- NORMAN H.C., COCKS P.S., SMITH F.P., NUTT B.J. 1998. Reproductive strategies in Mediterranean annual clovers: germination and hardseededness. *Aust. J. Agric. Res.*, 49: 973- 982.
- NÚÑEZ M. R., CALVO L. 2000. Effect of high temperatures on seed germination of *Pinussylvestris* and *Pinus halepensis*. *Forest Ecology and Management* 131, 183-190
- OBA G. 1990. Effects of wildfire on semi-desert riparian woodland along the Turkwel River, Kenya, and management implications for Turkana pastoralists. *Land Degradat. Rehabilit.*, 2, 247-259.
- OLESZEK W., JURZYSTA M. 1987. The allelopathic potential alfalfa root medicagetic acid glycosides and their fate in soil environments. *Plant and Soil*, 98: 67-80.

- ORGANIC FARMING RESEARCH FOUNDATION, 2002. Final results of the third biennial national organic farmers survey.
- OVALLE C., DEL POZO A. 1995. Productivity of four grass legume mixtures under *Pinus radiata* canopy in humid mediterranean Chile. Meeting FAO on "Sylvopastoral" 131-136.
- PALEG L. 1960. Dormancy studies in seed of *Avena fatua* L.. 2. A gibberellin sensitive inhibitory mechanism in the embryo. Can. J. Botany 39: 281-295. 5.
- PARDINI A. 1992. Trasemina del trifoglio sotterraneo sotto copertura forestale. II. Produzione di seme e persistenza del cotico nel sottobosco. L'Italia forestale e montana, 6: 342-352.
- PARDINI A., PIEMONTESE S., Argenti g. 1993. Limitazione del rischio di incendi boschivi con il pascolamento di bande parafuoco inerbite in Toscana. L'Italia forestale e montana, 6: 342-352.
- PARDINI A., PIEMONTESE S., STAGLIANÒ N. 1995. Scelta di cv. di Trifoglio sotterraneo in funzione delle diverse destinazioni produttive ed extraprodotte in ambiente mediterraneo. Riv. di Agron. 29(3): 267-272.
- PARDINI A., PIEMONTESE S., STAGLIANÒ N., TALAMUCCI P. 1994. Influenza del pascolamento combinato in bosco ceduo ed in bande parafuoco inerbite sull'offerta e sull'utilizzazione della fitomassa erbacea ed arbustiva. Riv. di Agron., 57-63.
- PATTEN D.T., CAVE G.H. 1984. "Fire temperatures and physical characteristics of a controlled burn in the upper Sonoran desert," *Journal of Range Management*, 37, 277-280.
- PELTON, J. 1956. A study of seed dormancy in eighteen species of high altitude Colorado plants. Butler University Botanical Studies, 13:74-84.
- PESKE S.T., PERREIRA L.A.G. 1983. Tegumento da semente de *Soja*. Tec. de Sementes, 6: 23-24.
- PHIPPS, R.H. (1973). Methods of increasing the germination percentage of some tropical legumes. *Tropical Agriculture*, 50, 291-296.

- PIANO E., ANNICHIARICO P. 1995. Persistence of Ladino white clover ecotypes and its relationship with other agronomic traits. *Grass and Forage Science*, 50, 195-198.
- PIANO E., PECETTI L., CARRONI A.M. 1996. Climatic adaptation in subterranean clover populations. In: The role of legumes in the farming systems of the Mediter-ranean areas. p. 3-29, AE Osman, MH Ibrahim & MA Jones (Eds).
- PIEMONTESE S. 1994. Trifoglio sotterraneo: comportamento di provenienze Australiane ed Europee nella Maremma Toscana. *L'informatore Agrario*, 33: 35-39.
- PIEMONTESE S., PAZZI G., PARDINI A., TALAMUCCI P. 1995a. Dati sull'impiego di leguminose annuali autoriseminanti nella protezione dei terreni declivi ad elevata intensità viticola. *Riv. di Agron.*, 29(3): 273-280.
- PIEMONTESE S., STAGLIANÒ N., PARDINI A., TALAMUCCI P. 1995b. Impieghi extraproductivi di alcune leguminose autoriseminanti in sistemi multiuso. *Riv. di Agron.*, 1° suppl.: 267-271
- PILLAY D.T.N. 1966. Growth substances in developing Mazzard cherry seeds. *Can. Jour. Bot.* 44: 507-512.
- POLLOCK B.M., OLNEY H.O. 1959. Studies of the rest period. I. Growth, translocation, and respiratory changes in the embryonic organs of the after-ripening cherry seed. *Plant Physiol.*, 34:131-142.
- PORTER R. 1998. Establishing vineyards cover crops. *The Australian Grape grower & Winemaker*, 422: 18-19.
- POWER J.F. 1987. Legumes: Their potential role in agricultural production. *Amer. J. Altern. Agr.*, 2: 69-73.
- PRATT, P. F.; JONES, W. W.; CHAPMAN, H. D. 1959. Chemical changes in an irrigated soil during 28 years of differential fertilization. *Hilgardia*, 28: 381-420.
- PRITCHARD H.W., MANGER K.R., PRENDERGAST F.G. 1988. Changes in *Trifolium arvense* seed quality following alternating temperature treatment using liquid nitrogen. *Annals of Botany* 62: 1-11.

- PUTNAM A.R. 1988. allelopathy: Problems and opportunities in weed management. In M.A.
- PUTNAM A.R., 1985. Weed allelopathy. In Duke S.O. (Ed.): Weed physiology reproduction and ecophysiology. CRC Press,Boca Raton, FL., Vol. I: 131-155.
- PUTNAM A.R., DE FRANK J. 1982. Use of phytotoxic plant residues for selective weed control. *Crop Protection*, 2: 173-181.
- QUEMADA M., CABRERE M.L. 1995. Carbon and nitrogen mineralized from leaves and stems of four cover crops. *Soil Science Society of America Journal*, 59: 471-477.
- QUINLIVAN B. J. 1968b. Seed coat impermeability in the common annual legume pasture species of Western Australia. *Australian Journ. of Exp. Agric. and Animal Husbandry*, 8: 695-701.
- QUINLIVAN B.J. 1961. The effect of constant and fluctuating temperatures on the permeability of the hard seeds of some legume species. *Australian Journal of Agricultural Research* 12: 1009–22.
- QUINLIVAN B.J. 1965. The influence of the growing season and the following dry season on the hard seededness of subterranean clover in different environments. *Austr. Jour. Agric. Res.*, 16: 277-291.
- QUINLIVAN B.J. 1966. The relationship between temperature fluctuations and the softening of hard seeds of some legume species. *Aust. J. Agric. Res.* 17: 625-631.
- QUINLIVAN B.J., NICOL H.I. 1971. Embryo dormancy in subterranean clover seeds. II Its value relative to impermeability in field germination regulation. *Austr. Journ. Agric. Res.*, 22: 607-14.
- REES B. 1911. Longevity of seeds and structure and nature of seed coat. *Proc. R. Soc. Victoria, New Series*, 23: 393-414
- REICOSKY D.C., FORECELLA F. 1998. Cover crops and soil quality interactions in agroecosystems. *J. Soil Water Cons.*, 53: 224-229.

- REVELL C.K., TAYLOR G.B., COCKS P.S. 1998. Long term softening of surface and buried hard seeds of yellow serradella grown in a range of environments. *Austr. Jour. Agr. Res.*, 49: 673-685.
- REVELL C.K., TAYLOR G.B., COCKS P.S. 1999. Effect of length of growing season on development of hard seeds in yellowserradella and their subsequent softening at various depths of burial. *Austr. Jour. Agr. Res.*, 50: 1211-1223.
- REYES O., CASAL M. 1998. Germination of *Pinus pinaster*, *P. radiata* and *Eucalyptus globulus* in relation to the amount of ash produced in forest fires. *Ann. For. Sci.* 7: 837 – 845.
- RICE E.L. 1984. Allelopathy. 2<sup>nd</sup> Ed. Academic Press, New York.
- RINCKER C.M. 1954. Effect of heat on impermeable seeds of alfalfa, sweet clover, and red clover. *Agronomy Journal*, 46: 247-250.
- ROBINSON, RR 1960. Germination of hard seed of Ladino white clover *Agronomy Journal*, 52: 212-214.
- ROBSON M.C., FOWLER S.M., LAMPKIN N.H., LEIFERT C., LEITCH M., ROBINSON D., WATSON C.A., LITTERICK A.M. 2002. The agronomic and economic potential of break crops for ley/arable rotations in temperate organic agriculture. *Advances in Agronomy*, 77: 369-427.
- RUSSI L., COCK S.P., ROBERTS S.E.H. 1992. Coat. thickness and hard-seededness in some *Medicago* and *Trifolium* species *Seed Science Research*, 2: 243-249 Cambridge University Press.
- SABIITI E.N., WEIN R.W. 1987. Fire and *Acacia* seeds: a hypothesis of colonization success. *J Ecol.*, 74, 937-946.
- SALISBURY F.B., ROSS C.W. 1984. *Fisiologia Vegetale* Ed. Zanichelli.
- SALSANO G. (1996): Guida al riconoscimento delle principali essenze leguminose da pascolo in ambiente mediterraneo. Delfino Ed., 57-58.
- SALSANO G. 1993. *Trifolium subterraneum*: cultivar, loro impiego, riconoscimento. *Inf. Agrario* 45: 42-52.

- SAMARAH N.H. 2005. effect of drying methods on germination and dormancy of common vetch (*vicia sativa* L.) seed harvested at different maturity stages. *Seed Science and Tecnology*, 33: 733-740.
- SARRANTONIO M. 1998. Building soil health with cover crops. In managing cover crops profitably, 2<sup>nd</sup> Ed. USDA Sust. Ag. Network, Beltsville MD, 16-24.
- SARRANTONIO M., 2000a. Selecting the best cover crop for your farm. In: USA sustainable agricultural Network (Ed.) Managing cover crop profitability. Univerity of Vermont, Burlington (USA), 19-24.
- SARRANTONIO M., 2000b. Building soil fertility and tilt with cover crops. In: USA sustainable agricultural Network (Ed.) Managing cover crop profitability. Univerity of Vermont, Burlington (USA), 16-24.
- SCIENZA A., VALENTI L. 1983. Il ruolo di alcuni interventi colturali del terreno sulle caratteristiche fisico-chimiche del suolo e sul comportamento vegeto- produttivo del Cortese in Valle Versa. *Vigne&Vini*, 10(6): 57-72.
- SEGELQUIUST C.A. 1971. Moistening and heating to improve germination of two legume species. *Jour. Range Manag.*, 24: 393-394.
- SEQUI P. 1986. La sostanza organica nella conduzione del frutteto. *Rivista di frutticoltura*, 12: 23-28.
- SERRATO VALENTI G., MELONE L., FERRO M., BOZZINI, A. 1989. Comparative studies on testa structure of “hard-seeded” and ”soft-seeded” varieties of *Lupinus angustifolius* L. (Leguminosae) and on mechanisms of water entry. *Seed Science and Technology*, 17, 563–581.
- SHANKS L.W., MOORE D.E., EPIFANIO SANDERS C. 1998. Soil erosion. In: Ingels C.A. Bugg R.L., McGourty G.T., Christensen L.P. (Eds), *Cover cropping in vineyards. A grower’s handbook*. University of California. Agriculture and Natural Resources Communication Service, Oakland (USA), 80-85.
- SHAW R.H., LOOMIS W.E. 1950. Bases for the prediction of corn yield. *Plant Physiology*, 25: 225-244.

- SHENNAN C. 1992. Cover crops, Nitrogen Cycling and soil properties in semi-irrigated vegetable production systems. *HortScience*, 27: 749-754.
- SHILLING D.G., LIEBL R.A., WORSHAM A.D. 1985. Rye (*Secale cereale* L.) and weath (*Triticum aestivum* L.) mulch: The suppression of certian broadleaved weeds and the isolation and identification of phytotoxins. In A.C. Thompson (Ed.). *The Chemistry of Allelophaty: Biochemical Interact. Among plants*. Symp. Ser. 268. Amer. Chem. Soc., Washington D.C., 243-271.
- SMEDA R.J., WELLER S.C., 1996. Potential of rye (*Secale cereale* L.) for weed management in trasplant tomatoes (*Lycopersicum esculentum*). *Weed Science*, 44: 596-602.
- SMITH H., MORGAN D.C. 1983. The function of phytochrome. In : *Photomorphogenesis. Encyclopedia of plant Physiology. New series*. Ed. Shropshire W. and Mohr H., Springer-Verlang Berling Heidelberg New York, 16B: 491-517.
- SMITH M.S., FRYE W.W., VARCO J.J. 1987. Legume winter cover crops. *Adv. Soil Sci.*, 7: 95-139.
- STADEN J.V., BROWN N.A.C., JÄGER A.K., JOHNSON, T. A. 2000. Smoke as a germination cue. *Plant Species Biology*, 15:167–178.
- STAKER E.V. 1925. The effect of dry heat on alfalfa seed and its adulterants. *J. Am. Soc. Agron.*, 17: 32-40.
- STEWART G. 1926. *Alfalfa Growing in the United States and Canada*. MacMillan Co., New York.
- STIRZAKER R.J., WHITE I. 1995. Amelioration of soil compaction by a cover-crop for no-tillage lettuce production. *Aust. J. Agric. Res* 46:553–568
- STOCKDALE E.A., LAMPKIN N.H., HOVI M., KEATINGE R., LENNARTSSON E.K.M., MACDONALD D.W., PADEL S., TATTERSALL F.H., WOLFE M.S., WATSON C.A. 2001. Agronomic and enviromental implications of organic farming systems. *Advances in Agronomy*, 70: 261-327.

- STONE E.C., JUHREN G. 1951. The effects of fire on the germination of seed of *Rhus ovata* (Wats.) Amer. J. Bot. 38: 368-372.
- STORCHI P., MATTII G.B., FERRINI F. 2000 - Effetti dell'inerbimento sulla vite. *Informatore Agrario*, 2: 70-71.
- SULAS L., CAREDDA S., PORQUEDDU C. 1995. Evolution of the standing hay chemical composition in natural and improved Mediterranean pastures. Meeting FAO on "Sylvopastoral", 155-158.
- SULLIVAN P. 2003. Overview of cover crops and green manures. National Center of Appropriate Technology, Fayetteville Arkansas (USA). ATTRA publication, pp. 16.
- TALAMUCCI P., PAZZI G. 1982. Possibilità di inserimento di alcune leguminose autoriseminanti nei sistemi foraggeri asciutti della Maremma toscana. *Riv. di Agron.*, 2: 223-229.
- TARANTINO E., DISCIGLIO G. 2006. Agricoltura nelle aree protette: Aspetti agronomici. *Ital. Jour. of Agron.* I: 83-128.
- TARREGA R., CALVO L., TRABAUD L. 1992. Effect of high temperatures on seed germination of two woody Leguminosae. *Vegetatio*, 102, 139-147.
- TAYLOR A.O., HUGHES K.A., HUNT B.J. 1979. 1. Annual cool season legumes for forage. 1. A survey of lines for yield and disease resistance at Kaitaia and Palmerston North. *New Zeal. Jour. of Exp. Agric.*, 7(2): 141-147.
- TAYLOR G.B. 1981. Effect of constant temperature treatments followed by fluctuating temperatures on the softening of hard seeds of *Trifolium subterraneum* L. *Austr. Journ. of Plant Physiol.*, 25: 225-244.
- TAYLOR G.B. 1993. Effect of some characteristics of diurnal temperature fluctuations on the softening of hard seeds of *Medicago polymorpha*. *Proceedings of the XVII International Grassland. New Zealand*, 1: 256-257.
- TAYLOR G.B. 1996. Incidence e measurement of autumn seed softening whitin *Medicago polymorpha* L. *Austr. Journ. of Agric. Res.*, 47: 575-586.

- TAYLOR G.B. 2005. Hardseededness in Mediterranean annual pasture legumes in Australia: A review. *Australian Journal of Agriculture Research*, 56: 645-661.
- TAYLOR G.B., EWING M.A. 1988. Effect of depth of burial on the longevity of hard seeds of subterranean clover and annual medics. *Aust. Jour. of Exp. Agr.*, 28: 77-81.
- TAYLOR G.B., EWING M.A. 1996. Effect of extended (4-12 years) burial on seed softening in subterranean clover and annuals medics. *Austr. Jour. of Exper. Agric.*, 36: 145-150.
- TAYLORSON R.B., HENDRICKS S.B. 1979. Overcoming dormancy in seeds with ethanol and other anesthetics. *Planta*, 145: 507-510.
- TEASDALE J.R. 1996. Contribution of cover crops to weed management in sustainable agricultural systems. *Jour. Prod. Agric.* 9: 475-479.
- TEASDALE J.R., ABDUL-BAKI A.A. 1995. Economics of a hairy vetch mulch system for producing fresh-market tomatoes in the Mid-Atlantic region. *J. Am. Soc. Hort. Sci.* 120 (1995), pp. 854–860.
- TEASDALE J.R., DAUGHTRY C.S.T. 1993. Weed suppression by live and desiccated hairy vetch (*Vicia sativa*). *Weed Sci.*, 41: 207-212.
- TEASDALE J.R., MOHLER C.L. 1993. Light transmittance, soil temperature and soil moisture under residue of hairy vetch and rye. *Agron. Journ.*, 85: 673-680.
- THOMPSON K., GRIME J.P. 1979. Seasonal variation in the seed bank of herbaceous species in ten contrasting habitats. *J. Ecol.* 67:893-92
- TOOLE V.K., BAILEY W.K., TOOLE E.H. 1964. Factors influencing dormancy of peanut. *Plant Physiol.* 39: 822-832.
- TOWNLEY-SMITH L., SLINKARD A.E., BAILEY L.D., BIEDERBECK V.O., RICE W.A. 1993. Productivity, water use and nitrogen fixation of annual-legume green-manure crops in the Dark Brown soil zone of Saskatchewan. *Can. J. Plant Sci.*, 73:139-148.

- TRABAUD L., RENARD P. 1999. Do light and litter influence the recruitment of *Cistus spp.* stands. *Israel Journal of plant Sciences*, 47, 1-9.
- TRAN V.N., CAVANAGH A. K. 1980. Taxonomic implications of fracture load and deformation histograms and the effects of treatments on the impermeable seed coat of *Acacia* species. *Austr. Jour. of Bot.*, 28: 39-51.
- UEKI C., SUETSUGU, I. 1958. The identification of hard seeds in some leguminous forage crops. I. Genge (*Astragalus sinicus* L.) Proc. Int. Seed Test. Assoc.
- UTOMO M., FRYE W.W., BLEVINS R.L. 1990. Sustaining soil nitrogen for corn using hairy vetch cover crop. *Agr. Jour.*, 82: 979-983.
- UZUN F., AYDIN I. 2004. Improving germination rate of *Medicago* and *Trifolium* species. *Asian J. Plant Sci.*, 3(6): 714-717.
- VAN ASSCHE J.A., DEBUCQUOY K.L.A., ROMMENS W.A.F. 2003. Seasonal cycles in the germination capacity of buried seeds of some Leguminosae (Fabaceae). *New Phytologist* 158: 315–323
- VAN OVERBEEK J. 1966. Plant hormones and regulators. *Science* 152: 721-731.
- VAN STADEN, KELLY K.M., BELL W.E. 1994. The role of natural agents in the removal of coat-imposed dormancy in *Dichrostachys cinerea* (L.) Wight and Arn. seeds. *Plant Growth Regulat.*, 14, 51–59.
- VARASOVA N.N. 1956. Peculiarities of the seeds of the common ash in relation to different geographic origin. *Acta Inst., Bot. Acad. Sci. URSS.*, Ser. IV, Bot. exp. 1: 370-387.
- VEGIS A. 1963. Climatic control of germination, bud break and dormancy. In *Environmental Control of Plant Growth*. Ed. LT Evans. Academic Press, New York and London, 265-287.
- VIDAL R.A., BAUMAN T.T. 1996. Surface wheat (*Triticum aestivum* L.) residues giant foxtail (*Setaria faberi*) and Soybean (*Glycine max*) yield. *Weed Sci.*, 44: 939-943.

- VIGIL M.F., KISSEL D.E. 1991. Equations of estimating the amount of nitrogen mineralized from crop residue. *Soil Science Society of America Journal*, 55: 757-761.
- VINCENT E.M., ROBERTS E.H. 1979. The influence of chilling, light and nitrate on the germination of dormant seeds of common weed species. *Seed Sci. Technol.* 7: 3-14
- WAGNER M.G., RIDDLE C., GILLESPIE T.J. 1994. Rye cover crop management impact on soil water content, soil temperature and soybean growth. *Can. J. Plant Sci.*, 74: 485-495.
- WARNER G. 1999. cover crop advantages. *Goodfruit Grower* 50 (9): 10.
- WASHITANI I. 1988. Effects of high temperatures on the permeability and germinability of the hard seeds of *Rhus javanica* L. *Annals of Botany*, 62: 13-16.
- WEBB D.P., DUMBROFF E.B. 1969. Factors influencing the stratification process in seeds of *Acer saccharum*. *Canad. J. Bot.*, 47: 1555-1563
- WEBER G.D., COCKS P.S. JEFFERIES B.C. 1976. Farming systems in South Australia. Department of Agriculture and Fisheries, Adelaide, Australia.
- WERKER, E., MARBACH, I. & MEYER, A.M. 1979. Relationship between the anatomy of the testa, water permeability and presence of phenolics in the genus *Pisum*. *Ann. of Bot.*, 43:765-771.
- WESTON L.A. 1996. Utilization of allelopathy for weed management in agroecosystems. *Agr. Jour.*, 88: 860-866.
- WESTON L.A., HARMON R., MUELLER S. 1989. Allelopathic potential of *Sorghum-sudangrass* hybrid (sudex). *J. Chem. Ecol.*, 15: 1855-1865.
- WEYNMAN-KACZMARKOWA W., WOJCIK-WOJKOWIAK D. 1991. The dynamic of microflora and the occurrence of phytotoxic substances in different soil with corn residues and inorganic nitrogen. *Plant and Soil*, 132: 11-20.

- WHICKS G.A., CRUTCHFIELD D.A., BURNSIDE O.C. 1994. Influence of wheat staw mulch and metolachtor on corn growth and yield. *Weed Sci.*, 42: 141-147.
- WHITE R.H., WORSHAM A.D., BLUM U. 1989. Allelopathic of legume debris and aqueous extracts. *Weed Sci.*, 37: 674-679.
- WIEDENFELD B., FENN L.B., MIYAMOTO S., SWIETLIK D., MARLENE C. 1999. Using sod to manage nitrogen in orchard floors. *Communications in Soil Science and Plant analysis*, 30: 353-363.
- WILLIAMS P.R., CONGDON R.A., GRICE A.C., CLARKE P.J. 2003. Fire-related cues break seed dormancy of legumes in tropical eucalypt savannas of north-eastern Australia. *Austral Ecol.*, 28, 507-14.
- WILLIAMS P.R., CONGDON R.A., GRICE A.C., CLARKE P.J. 2004. Soil temperature and depth of legume germination during early and late dry season fires in a tropical eucalypt savanna of north-eastern Australia. *Austral Ecology*, 29, 258-263.
- YAKLICH, R.W. 1993. Seed coat cracking in soybean. *Crop Sci.* 33:1016-1019.
- YEN S.T., CARTER O.G. 1972. The effect of pre-treatment with gibberellic acid on germination and early establishment of grain sorghum. *Australian Journal of Experimental Agriculture and Animal Husbandry* 12(59): 653-661.
- YENISH J.P., WORSHAM A.D., CHILTON W.S. 1995. Disappearance of DIBOA-glucoside, BIBOA and BOA from rye (*Secale cereale* L.) cover crop residue. *Weed Science*, 43: 18-20.
- YOUNG J.R., EVANS R.A., ROUNDY B.A. 1983. Quantity and germinability of *Oryzopsis hymenoides* seed in Lahontan sands. *Jour. Range Manage.*, 36: 82-86.
- ZENG L.W., COCKS P.S., KAILIS S.G., KUO J. 2005. Structure of the seed coat and its relationship to seed softening in Mediterranean annual legumes. *Seed Science and Tec.* 33: 351-362.

## 5. APPENDICE FOTOGRAFICA

### PROVA A



Veduta del campo sperimentale



*Trifolium subterraneum*



*Medicago scutellata*



Seed Bank: Metodologia Benvenuti, 2001

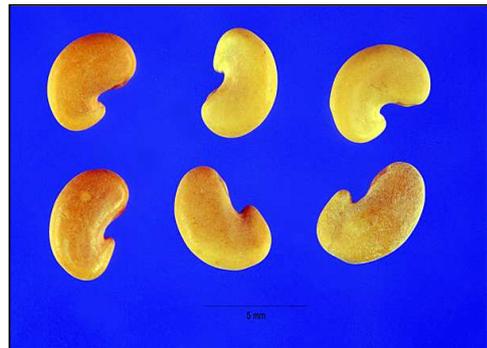
## PROVA B



Veduta del campo sperimentale



Semi di *Trifolium subterraneum*



Semi di *Medicago scutellata*



*Trifolium subterraneum*



*Medicago scutellata*

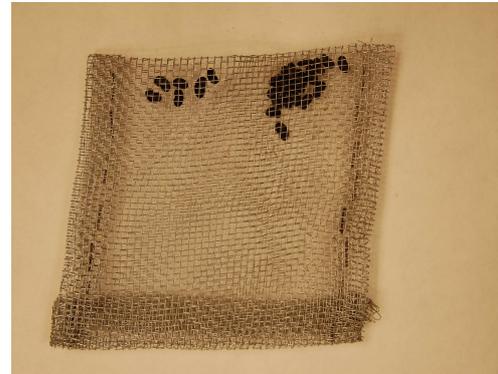
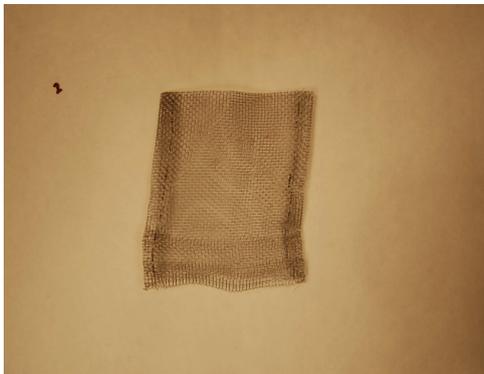
## PROVA C



*Medicago ciliaris*



*Medicago rugosa*



Bustine di rete metallica utilizzate per la prova



Sonda e data logger



Prove di germinabilità