

UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI CATANIA
FACOLTÀ DI AGRARIA
DOTTORATO IN SCIENZE DELLE PRODUZIONI ANIMALI
XXIII CICLO
(2007-2010)

FONTANA SONIA GIUSEPPA

Caratterizzazione biologica, fisiologica e
qualitativa di cloni siciliani di *Dactylis glomerata* L.

DISSERTAZIONE FINALE

COORDINATORE

PROF.SSA MARCELLA AVONDO

TUTOR

DOTT.SSA VENERA COPANI

Indice	Pag.
INTRODUZIONE	1
1. L'AMBIENTE MEDITERRANEO: CLIMA E VEGETAZIONE	4
1.1 IL CLIMA MEDITERRANEO	4
1.1.1 <i>Caratteristiche del regime pluviometrico mediterraneo</i>	13
1.1.2 <i>Il clima della Sicilia</i>	15
1.2 CLIMA E VEGETAZIONE NEGLI AMBIENTI ARIDI - LA VEGETAZIONE MEDITERRANEA	20
1.2.1 <i>Criteri di studio della vegetazione</i>	21
1.2.2 <i>La vegetazione degli ecosistemi mediterranei</i>	21
2. LA FORAGGICOLTURA IN AMBIENTE MEDITERRANEO	26
2.1 LA FORAGGICOLTURA IN SICILIA	31
2.1.1 <i>Superfici coltivate</i>	33
3. BIODIVERSITA' E PRODUZIONE FORAGGERA	39
3.1 LA BIODIVERSITÀ	39
3.1.1 <i>Biodiversità e sviluppo economico</i>	41
3.2 SPECIE DI ELEVATO INTERESSE FORAGGERO PER LA SICILIA.	43
4. STRATEGIE DI ADATTAMENTO DELLE GRAMINACEE POLIENNALI AGLI AMBIENTI CALDO-ARIDI	46
4.1 LA DORMIENZA ESTIVA (SUMMER DORMANCY) IN <i>DACTYLIS GLOMERATA</i> L.	71
5. <i>DACTYLIS GLOMERATA</i> L.: MONOGRAFIA DELLA SPECIE	75
5.1 INQUADRAMENTO BOTANICO E DESCRIZIONE	75
5.1.1 <i>Inquadramento botanico</i>	75
5.1.2 <i>Descrizione</i>	79
5.2 BIOLOGIA	81
5.3 ESIGENZE AMBIENTALI	84

5.4	TECNICA COLTURALE	85
5.4.1	<i>Preparazione del terreno</i>	85
5.4.2	<i>Seme e semina</i>	86
5.4.3	<i>Concimazione</i>	91
5.4.4	<i>Raccolta ed utilizzazione del prodotto</i>	92
5.4.5	<i>Epoca di sfalcio</i>	94
6.	LA CARATTERIZZAZIONE GENETICA DEL GERMOPLASMA VEGETALE	98
6.1	I MARCATORI MOLECOLARI PER LA CARATTERIZZAZIONE GENOMICA	98
7.	SCOPO DELLA RICERCA	106
8.	MATERIALI E METODI	110
8.1	LINEA 1 – CARATTERIZZAZIONE BOTANICA, BIOMETRICA, BIOLOGICA, AGRONOMICA E QUALITATIVA DI GENOTIPI SICILIANI DI DACTYLIS GLOMERATA L.	111
8.2	LINEA 2 – DESCRIZIONE DEI TRATTI DELLA DORMIENZA ESTIVA (SUMMER DORMANCY) IN GENOTIPI SICILIANI DI DACTYLIS GLOMERATA L.	122
8.3	LINEA 3 – CARATTERIZZAZIONE MOLECOLARE DI GENOTIPI SICILIANI DI DACTYLIS GLOMERATA L. BASATA SUI POLIMORFISMI DEL DNA; STIMA DELLA VARIABILITÀ GENETICA E DELLE RELAZIONI INTRASPECIFICHE	125
9.	RISULTATI	127
9.1	LINEA 1 - CARATTERIZZAZIONE BOTANICA, BIOMETRICA, BIOLOGICA, AGRONOMICA E QUALITATIVA DI GENOTIPI SICILIANI DI DACTYLIS GLOMERATA L.	127
9.1.1	<i>Caratterizzazione bioclimatica delle stazioni di prelievo del germoplasma</i>	127
9.1.2	<i>Caratterizzazione dei suoli delle stazioni di prelievo del germoplasma</i>	141
9.1.3	<i>Caratterizzazione climatica e pedologica della</i>	

<i>stazione in cui sono state effettuate le prove sperimentali</i>	152
9.1.4 <i>Andamento termo-pluviometrico durante il periodo di prove</i>	153
9.1.5 <i>Produzione dei cespi</i>	155
9.1.6 <i>Spigatura e fioritura</i>	177
9.1.7 <i>Altezza pianta</i>	178
9.1.8 <i>Lunghezza e larghezza della lamina della foglia basale</i>	178
9.1.9 <i>Lunghezza dell'infiorescenza, degli internodi e dei rami</i>	179
9.2 LINEA 2 – DESCRIZIONE DEI TRATTI DELLA DORMIENZA ESTIVA (<i>SUMMER DORMANCY</i>) IN GENOTIPI SICILIANI DI <i>DACTYLIS GLOMERATA</i> L.	187
9.2.1 <i>Crescita fogliare</i>	187
9.2.2 <i>Senescenza della pianta matura</i>	189
9.2.3 <i>Disidratazione delle foglie giovani</i>	190
9.3 LINEA 3 – CARATTERIZZAZIONE MOLECOLARE DI GENOTIPI SICILIANI DI <i>DACTYLIS GLOMERATA</i> L. BASATA SUI POLIMORFISMI DEL DNA, STIMA DELLA VARIABILITÀ GENETICA E DELLE RELAZIONI INTRASPECIFICHE	197
10 – DISCUSSIONI E CONCLUSIONI	200
BIBLIOGRAFIA	204

INTRODUZIONE

La sostituzione delle vecchie popolazioni coltivate con le varietà, certamente più produttive, ma a base genetica più ristretta, la distruzione di *habitat* naturali e di interi ecosistemi a seguito dell'estendersi delle zone coltivate, delle città e delle strade, l'eliminazione delle forme selvatiche di molte specie coltivate con le moderne pratiche colturali, ha portato ad una drastica diminuzione delle fonti di variabilità (Mooney, 1979; Hawkes, 1981). L'erosione genetica e i rimedi da adottare per frenarla sono diventati oggetto di discussione anche fra i "non addetti ai lavori" (Falcinelli et al., 1983).

Il problema riguarda anche, sia pure in misura minore rispetto ad altre specie coltivate, le graminacee foraggere dove il sistema riproduttivo (si tratta, per la maggior parte, di specie allogame) facilita lo scambio di geni fra piante delle varietà coltivate e quelle degli insediamenti naturali. Nei paesi dove la foraggicoltura è più avanzata, infatti, già due decenni fa veniva fatto notare il progressivo esaurimento della variabilità (Zeven, 1981) e la necessità di preservarla con la stessa attenzione riservata ad altre specie coltivate (Novoselova, 1977; Duyvendak e Luesink, 1981).

L'utilizzazione di *Dactylis glomerata* L. e di altre graminacee poliennali in ambiente mediterraneo asciutto richiede la disponibilità di

varietà caratterizzate da elevata capacità di sopravvivenza ai severi stress idrici e termini estivi e da distinta attitudine alla produzione nella stagione autunno-vernina, quando, pur in presenza di temperature sub-ottimali, le disponibilità idriche non sono generalmente un fattore limitante. Secondo il Piano et al., (1997), varietà che possiedano in modo spiccato queste prerogative non sono state ancora costituite nel nostro Paese, sicché gli unici materiali commerciali utilizzabili sono rappresentati da alcune varietà australiane (Piano et al., l.c.). Ai fini della costituzione di varietà dotate delle richieste caratteristiche di adattamento, le popolazioni locali possono ovviamente costituire un affidabile materiale genetico di base (Piano et al., l.c.). Nell'area mediterranea queste popolazioni afferiscono soprattutto alle sspp. *glomerata* L. e *hispanica* (Roth) Nyman. Sufficientemente distinte sotto l'aspetto morfo-fisiologico, ma interfertili (Lumaret, 1988), rivestono entrambe notevole interesse nei programmi di selezione (Volaire, 1991).

Piuttosto che a meccanismi di tolleranza diretta alla siccità, efficaci solo per stress limitati durante la stagione di crescita, la strategia fondamentale di persistenza delle popolazioni mediterranee risiede nella dormienza estiva, la sola che consenta, in quanto meccanismo di “*stress avoidance*”, la sopravvivenza nei lunghi periodi di siccità (Laude, 1953). Sotto l'aspetto produttivo, sarebbe comunque interessante individuare genotipi con una relativa “plasticità” di dormienza, tale da consentire una qualche reattività produttiva a condizioni favorevoli di umidità residua o a eventuali apporti idrici a fine stagione, posto che questa attitudine non risulti negativamente correlata con la sopravvivenza in condizioni asciutte (Knight, 1973).

Nell'ambito dell'attività di studio e di ricerca connessa al corso di “Dottorato di Ricerca in Scienze delle Produzioni Animali – XXIII ciclo” presso l'Università degli Studi di Catania, nel triennio 2007-2010 è stata studiata una collezione di genotipi di *Dactylis glomerata* L. reperiti in

ambienti diversi della Sicilia per altitudine e latitudine al fine di caratterizzarle per gli aspetti morfologici, biologici, agronomici e genetici in vista di possibili programmi di selezione e incrocio.

Nella prima parte di questa tesi di dottorato si fa cenno alle caratteristiche climatiche della regione mediterranea e a quelle della Sicilia in particolare, come pure alla vegetazione tipica di questi ambienti. Si riporta un'ampia rassegna delle problematiche della foraggicoltura siciliana piuttosto povera nei suoi elementi caratterizzanti: specie coltivate e modalità di utilizzazione dei foraggi. Si analizza il valore della biodiversità ed il problema delle risorse genetiche disponibili nel bacino del Mediterraneo, con particolare riferimento alle specie foraggere. Si analizzano, sulla base della letteratura disponibile, le problematiche legate ai meccanismi di sopravvivenza delle specie negli ambienti aridi. In particolare il meccanismo della *summer-dormancy* (dormienza estiva) che consente a specie come *Dactylis glomerata* e ad altre graminacee polienni degli ambienti temperati, di sfuggire alla carenza idrica del periodo estivo e quindi di sopravvivere. Si descrive la suddetta specie e gli aspetti agronomici relativi alla sua coltivazione. Infine, si accenna alla problematica del miglioramento genetico con particolare riferimento alle tecniche di studio utilizzate per la *Dactylis*.

Nella seconda parte del lavoro si descrivono le linee di ricerca e le metodologie utilizzate per l'analisi del germolasma di *Dactylis glomerata* L. raccolto in ambienti diversi della Sicilia:

- caratterizzazione biometrica, biologica, agronomica e qualitativa dei genotipi siciliani a confronto con varietà commerciali;
- individuazione e descrizione dei tratti della dormienza estiva dei suddetti genotipi;
- caratterizzazione genetica e creazione dell'albero filogenetico.

1. L'AMBIENTE MEDITERRANEO: CLIMA E VEGETAZIONE

1.1 IL CLIMA MEDITERRANEO

Il clima è “l’insieme dei fenomeni che compaiono più di frequente e più costantemente nel normale susseguirsi delle stagioni e che esercitano pertanto una particolare influenza sulle condizioni ambientali (Pinna, 1977).

Il clima del bacino del Mediterraneo rappresenta la transizione tra la fascia temperata dell’Europa e la fascia tropicale arida dell’Africa settentrionale evolutosi durante il terziario a partire da condizioni caldo-umide in seguito all’assestamento del clima planetario. Esso è caratterizzato dalla concentrazione delle precipitazioni in inverno, da un’aridità estiva più o meno prolungata, elevata variabilità delle precipitazioni annue, estati caldi, inverni miti, con l’assenza di escursioni termiche continentali ed un’intensa radiazione solare particolarmente in estate. Lungo le coste occidentali dei continenti, dove si presenta un clima tipicamente

mediterraneo, la nebbia marina è frequente e l'umidità dell'aria elevata (Di Castri e Mooney, 1973).

Si definiscono a clima mediterraneo quelle aree quali il Bacino del Mediterraneo, la California, il Cile, il Sud Africa e l'Australia meridionale e sud-occidentale che sono comprese tra il 30° e il 45° grado di latitudine (Fig. 1.1).

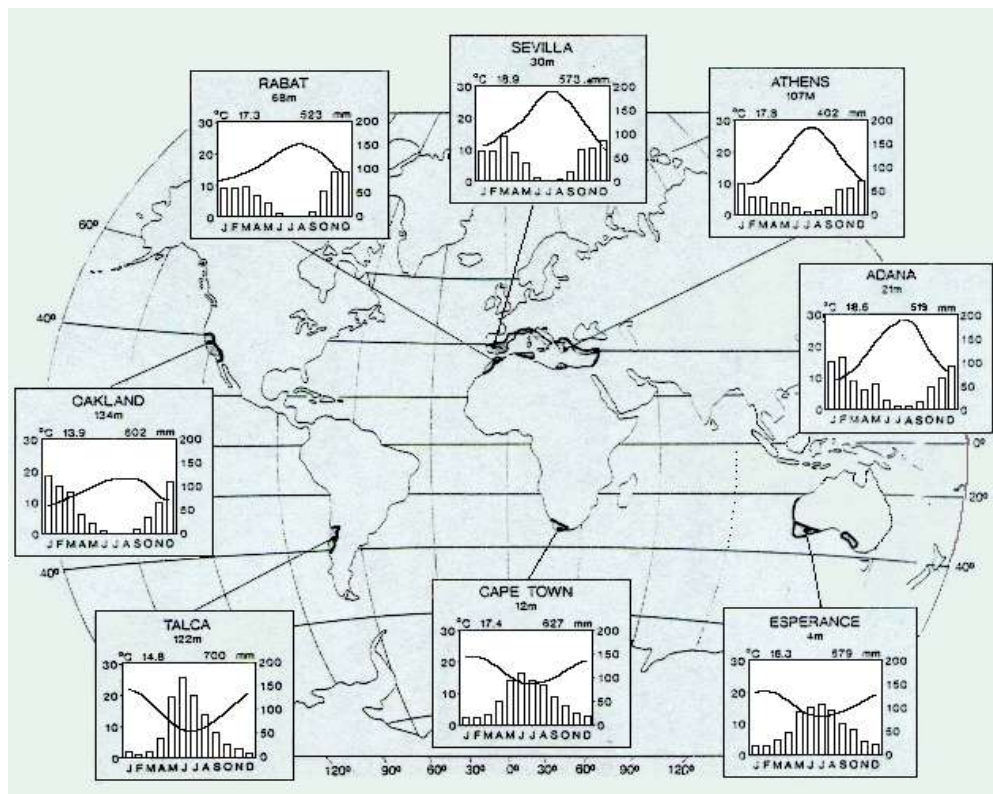


Figura 1.1 – Regioni del mondo a clima mediterraneo

I climi mediterranei ed i loro ecosistemi hanno una distribuzione molto limitata, probabilmente più limitata rispetto a qualsiasi altra zona climatica o ai maggiori tipi di ecosistemi del mondo. Essi hanno origine relativamente recente cioè da quando il clima mediterraneo si sviluppò per la prima volta nel Pleistocene (Axelrad, 1973). Questo regime climatico dipende notevolmente dall'esistenza delle fredde correnti oceaniche. Se i cambiamenti climatici del mondo eliminassero queste correnti il clima

mediterraneo scomparirebbe diventando un episodio temporaneo nella scala geologica (Raven, 1973).

Riguardo alla descrizione e alla valutazione dell'estensione del clima mediterraneo esistono molte divergenze. Secondo la classificazione di Köppen (Fig. 1.2) il clima mediterraneo viene definito come clima subtropicale appartenente al gruppo dei “climi tropicali caldi” con estati asciutte. In relazione alla temperatura del mese più caldo, che dipende dalla posizione geografica, si distinguono due varietà di clima mediterraneo il

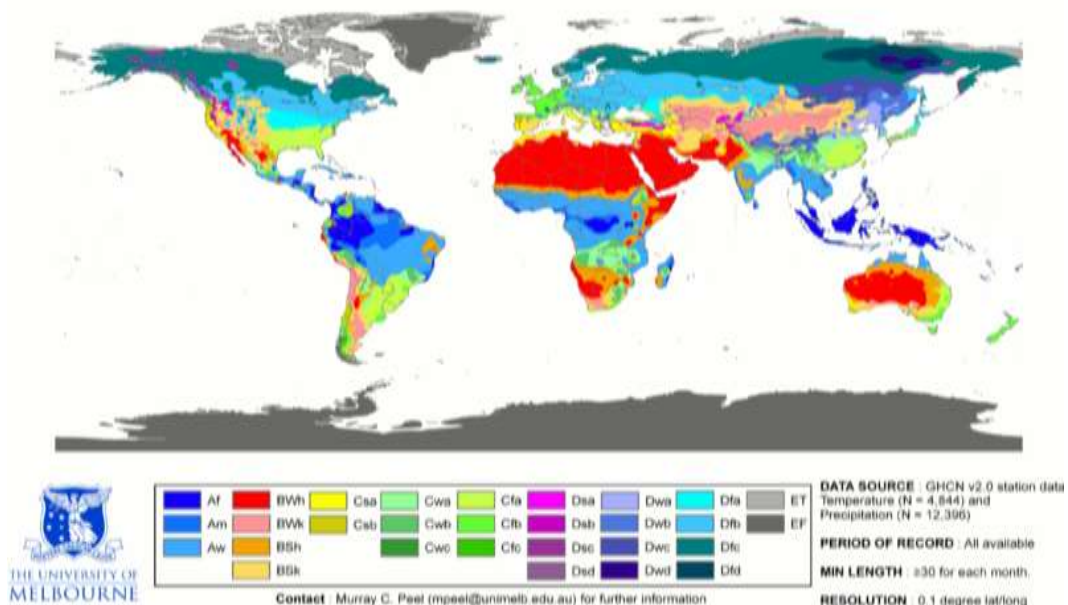


Figura 1.2 - Il clima secondo Köppen

Csa (con estate calda) nel quale il mese più caldo ha una media di oltre 22°C, ed il Csb (con estate fresca) nel quale il mese più caldo ha una media inferiore a 22°C.

In funzione poi del regime pluviometrico, si distingue “il regime mediterraneo di transizione” con due massimi distinti nel tardo autunno e in primavera ed “il regime mediterraneo tipico” con un periodo più lungo

di siccità e precipitazioni concentrate nei mesi invernali (Köppen e Geiger, 1930).

Aschmann (1973) definisce il clima mediterraneo come un'area dove oltre il 65% delle precipitazioni annue si verifica nei mesi da novembre ad aprile, in cui le precipitazioni annue oscillano tra 275 e 900 mm e dove le temperature medie mensili scendono al di sotto dei 25°C, ma dove la permanenza delle temperature al di sotto di 0°C, espressa in ore, non supera il 3% rispetto al totale annuo, cioè la durata delle temperature a livelli inferiori a 0°C in condizioni di tipico clima mediterraneo non deve essere complessivamente superiore alle 262 ore annue.

Di Castri (1973) dopo aver rivisto e discusso la maggior parte dei metodi, propone una classificazione che è una semplificazione della classificazione di Emberger basata sul quoziente pluviometrico che esprime la siccità estiva in clima mediterraneo e secondo la quale si distinguono sei tipi mediterranei: periarido (11-12 mesi di siccità), arido (9-10 mesi), semiarido (7-8 mesi), subumido (5-6 mesi), umido (3-4 mesi) e perumido (1-2 mesi).

Nel corso degli anni molti studiosi di climatologia e geografia hanno rivolto la loro attenzione alle peculiari condizioni dei bioclimi mediterranei, avvalendosi di indici climatici ossia di particolari elaborazioni con cui si cercano di riassumere le condizioni climatiche di una località utilizzando soltanto alcune principali variabili meteorologiche (in genere, temperatura dell'aria e precipitazioni).

De Philippis (1937) propone un indice agronomico della semiaridità che risulta dal rapporto tra la piovosità in mm del periodo estivo e la temperatura media, in gradi centigradi, del mese più caldo, per cui un indice inferiore a 3,5 è caratteristico degli ambienti semi-aridi, mentre per valori superiori si va verso il sub-umido e l'umido. Con tale indice viene rilevato l'aspetto più tipico del clima mediterraneo (Ballatore, 1974).

De Martonne (1941) definisce “indice di aridità” il rapporto tra la precipitazione media annua in mm e la somma tra 10 e la temperatura media annua in °C (Fig. 1.3).

L'indice di aridità di De Martonne è calcolato attraverso la seguente espressione:

$$I_a = \frac{P}{T + 10}$$

dove

P = precipitazione media annua in mm

T = temperatura media annua in °C

se:

$I_a < 5$ = clima desertico (aridità estrema)

$I_a < 15$ = irrigazione continua: clima steppico (aridità)

$I_a < 20$ = irrigazione necessaria: clima semiarido mediterraneo

$I_a < 30$ = irrigazione opportuna: clima subumido

$I_a < 60$ = irrigazione occasionale: clima umido

$I_a > 60$ = autosufficienza idrica: clima perumido

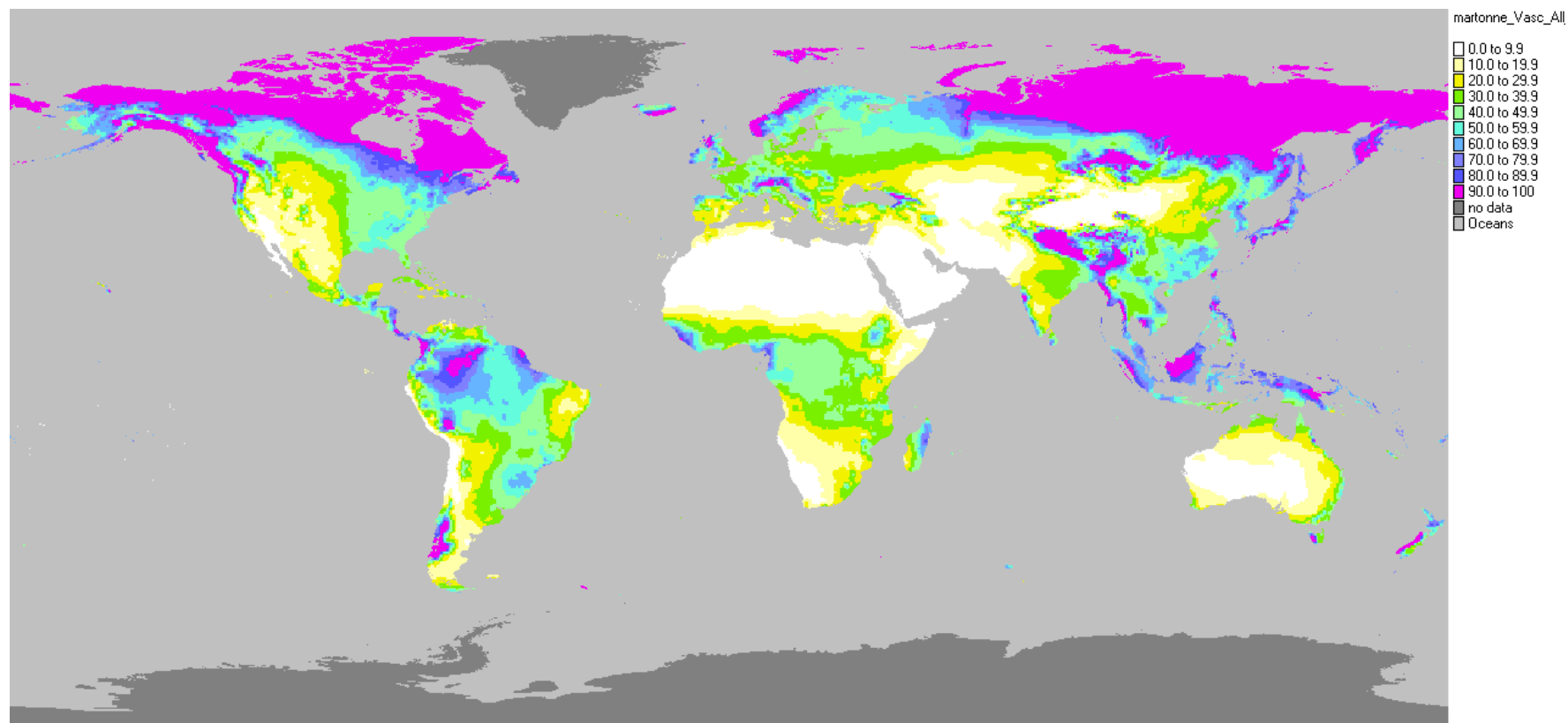


Figura 1.3 – Indice di aridità secondo De Martonne

La classificazione bioclimatica di Rivas-Martinez (1994) p La classificazione bioclimatica di Rivas-Martinez (1994) può essere considerata come la risultante dell'interazione di due classificazioni proposte dallo stesso autore: il termoclina e l'ombroclima. L'indice ombrotermico estivo (I_{ov}) è dato dal rapporto fra la somma delle precipitazioni mensili nei tre mesi estivi (giugno, luglio e agosto) e la somma delle temperature medie mensili per lo stesso periodo. Per quanto riguarda la regione mediterranea, caratterizzata da un $I_o < 1,5$ e all'interno della quale ricade quasi tutto il territorio siciliano, la classificazione termo climatica definisce cinque classi principali, ciascuna delle quali è denominata "Piano", che a loro volta possono essere articolate in sottoclassi di maggiore dettaglio, definite con il nome di "Orizzonti".

Oltre agli indici climatici, molti studiosi si sono avvalsi di rappresentazioni grafiche, in un sistema di assi cartesiani, dei parametri essenziali del clima come precipitazioni e temperature. Tali diagrammi, o climogrammi, permettono un confronto immediato tra i diversi tipi di clima e tra i climi di diverse località.

Bagnouls e Gaussen (1953) propongono una rappresentazione grafica in cui, in un sistema di assi cartesiani dove $1P=2T$ (la scala della temperatura è doppia rispetto a quella delle precipitazioni), l'intersecazione delle due curve individua un'area che racchiude il periodo durante il quale le precipitazioni non compensano l'evapotraspirazione (Fig. 1.4). Tale periodo è indicato come "periodo di aridità (il totale medio mensile delle precipitazioni espresso in mm è uguale o inferiore al doppio della temperatura media mensile espressa in °C ($P<2T$)). Secondo questa definizione si hanno diversi tipi di clima mediterraneo:

- xero-termo-mediterraneo con 7-8 mesi secchi,
- meso-mediterraneo con 3-4 mesi secchi,
- sub-mediterraneo con 1-2 mesi secchi.

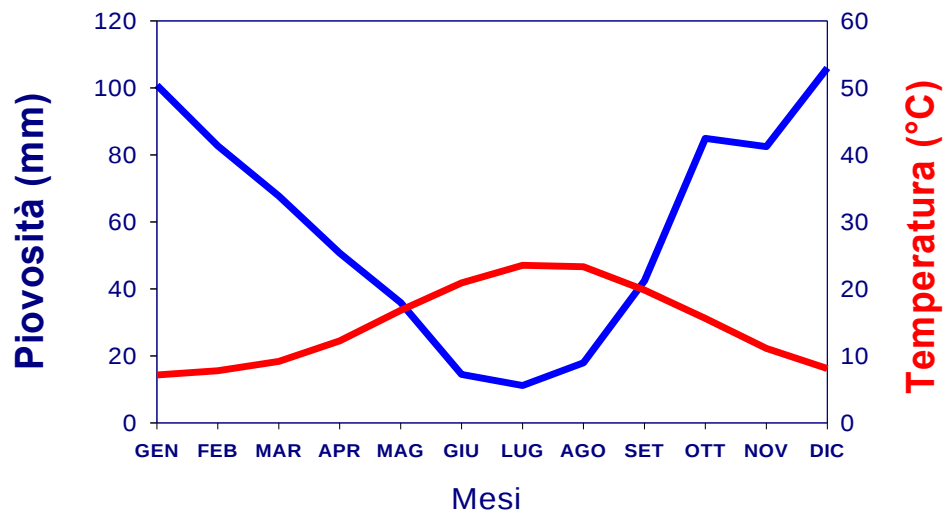


Fig. 1.4 - Diagramma di Bagnoul e Gaussen applicato ad una stazione siciliana (Nicosia, EN). L'area racchiusa tra la linea rossa (andamento della temperatura) e la linea blu (andamento delle precipitazioni) definisce il periodo secco.

I climogrammi di Walter e Lieth (1960) riprendono la proposta di Bagnouls e Gaussen (Fig. 1.4) introducendo ulteriori parametri sul diagramma e ne completano le informazioni da un punto di vista climatico ed ecologico (Pignatti, 1995) (Fig. 1.5).

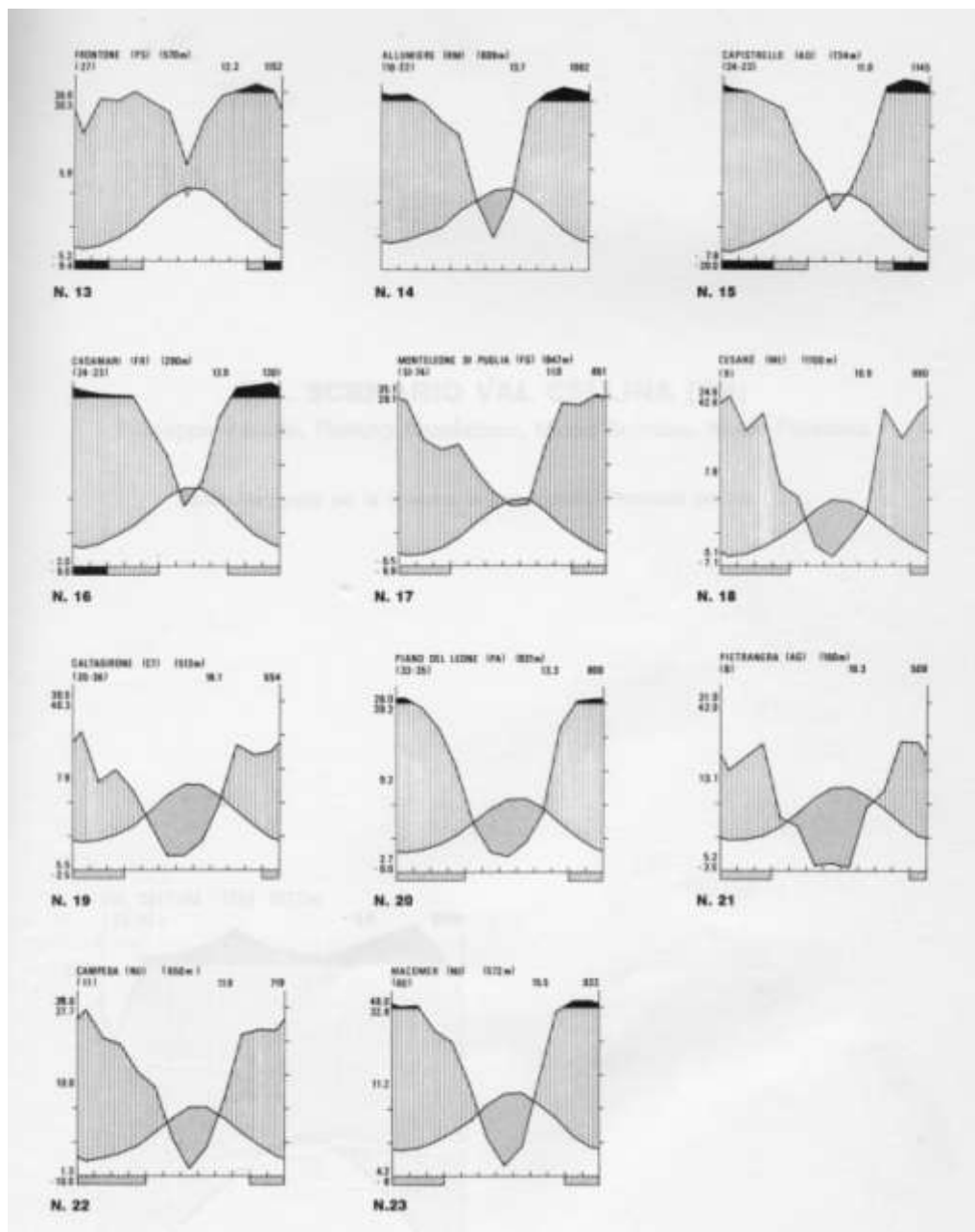


Figura 1.5 – Diagrammi climatici di Walter e Lieth di alcune stazioni dell'Italia centro-meridionale (Sarno et al., 1989). Si noti la diversa ampiezza del periodo secco.

1.1.1 Caratteristiche del regime pluviometrico mediterraneo

Il termine 'regime delle piogge' include nel complesso quattro componenti:

- 1) l'altezza complessiva della pioggia;
- 2) la sua distribuzione stagionale;
- 3) la sua variabilità temporale (di anno in anno);
- 4) l'intensità istantanea.

Per una data regione, i quattro elementi non sono indipendenti dagli altri, esistono, bensì delle relazioni tra di loro. Questi rapporti dipendono dai meccanismi che producono la pioggia e sono caratteristici per una data regione climatica. Se si assume che non ci sia in atto nessun cambiamento drastico del clima, questi rapporti di base fra i vari componenti del regime delle piogge rimarranno stabili anche se ci sono alcune variazioni nella quantità totale di pioggia caduta. Nella regione di transizione dal Mediterraneo ad un clima arido estremo la diminuzione significativa della pioggia complessiva, comporta, inoltre, una stagione delle piogge più corta, un incremento della incertezza, o in altre parole una variabilità maggiore di anno in anno e una incremento dell'entità delle alte intensità di pioggia istantanee $>30 \text{ mm}^{\text{h}^{-1}}$; (Katsnelson, 1964; Sharon, 1965; Kutiel, 1985; Sharon e Kutiel, 1986; Kutiel, 1993).

Per esempio, nel transetto climatico che si estende in Israele dalla regione di Gerusalemme a ovest, al mar Morto ad est, il clima varia dal tipo mediterraneo, con una media annuale di 600 mm accumulati in un arco di 60 giorni di pioggia, ad un estremo arido con una media annuale di circa 100 mm accumulati nell'arco di 25 giorni piovosi. La distanza tra i due estremi è di appena 30 km, per cui il gradiente risulta di circa 17 mm km^{-1} e di circa 2 giorni piovosi per km. La pioggia media giornaliera per giorno piovoso decresce da 10 mm per giorno della regione mediterranea a soli 4 mm d^{-1} nelle estreme regioni aride.

Dallo studio di Sharon e Kutiel, si evince che le piogge di elevata intensità istantanea sono più abbondanti nelle regioni a maggiore aridità, a causa dell'incremento dell'attività convettiva a basso livello. Quindi, il 20% della pioggia totale intorno al mar Morto cade ad una intensità superiore a $20 \text{ mm}^{\text{h}^{-1}}$ e l'8% alle intensità più alte ($60 \text{ mm}^{\text{h}^{-1}}$). Le cifre corrispondenti per Gerusalemme sono soltanto rispettivamente l'8% e lo 0,2%. La variabilità temporale della piovosità annuale aumenta così come diminuisce la piovosità media. Mentre nelle zone relativamente umide il coefficiente di variazione (il quoziente dello scarto quadratico medio diviso per la media) è dell'ordine di 0,2, esso è uguale o persino maggiore di 1,0 nelle regioni estremamente aride. Il rapporto tra la pioggia massima e quella minima annuale è dell'ordine di 3/4 nelle zone umide e fra 5 e l'infinito nelle regioni aride (Sharon e Kutiel, 1986). Molti sforzi si stanno facendo in tutto il mondo per predire il clima futuro usando principalmente modelli generali di circolazione (GCM). Tuttavia, mentre per i regimi termici futuri la Comunità scientifica concorda circa la tendenza al riscaldamento, nessun accordo esiste per quanto riguarda il regime pluviometrico futuro.

Un'altra caratteristica importante del regime delle piogge è la grande incertezza riguardo alla sincronizzazione della pioggia massima nella stagione delle piogge. Mentre nelle parti più umide del transetto vi è un corso stagionale relativamente prevedibile della pioggia, cioè il mese più piovoso si presenta principalmente nel periodo fra dicembre e febbraio, nelle regioni più aride, il mese più piovoso può essere uno qualunque fra ottobre a maggio. Durante gli anni più piovosi vi è un maggior numero di giorni piovosi ed i valori giornalieri più grandi rispetto agli anni più asciutti, con conseguente periodo secco più corto (Striem e Rosenan, 1973; Kutiel, 1990).

1.1.2 Il clima della Sicilia

La Sicilia, posta al centro del mar Mediterraneo, presenta le caratteristiche climatiche tipiche dell'area mediterranea.

La piovosità media annua oscilla tra i 578 mm del territorio posto in pianura e gli 879 mm della montagna, e risulta concentrata tra la stagione autunnale e quella invernale.

Oltre alla variabilità nel tempo, il regime pluviometrico mostra una disuniformità di distribuzione spaziale: le precipitazioni più abbondanti, sempre nel periodo autunno-vernino, interessano i rilievi più importanti del settore settentrionale (Nebrodi e Madonie) ed orientale (Massiccio dell'Etna), restando invece piuttosto contenute nella restante parte dell'isola, specialmente nell'estrema fascia meridionale.

Le temperature medie annue oscillano tra 17,7°C in pianura e 15,2°C in montagna; durante l'inverno scendono raramente sotto lo zero: La stagione più calda è quella estiva dove vengono, talora, raggiunte, in media, temperature di 30°C.

L'azione mitigatrice del mare, apprezzabile nelle zone costiere, non lo è nelle zone dell'interno dove, generalmente, si hanno escursioni termiche maggiori tra le medie invernali e quelle estive.

Diversità climatiche è, dunque, possibile riscontrare in ambito regionale, per cui si distinguono una zona suboccidentale, che risentendo dell'influenza del vicino continente africano si presenta più calda e meno piovosa, una zona settentrionale, con caratteristiche pressoché opposte rispetto alla precedente ed infine una zona orientale con caratteristiche intermedie.

Per la caratterizzazione bioclimatica della Sicilia si è fatto riferimento al metodo proposto da Rivas-Martinez (Fig. 1.6). In particolare, sulla base dei dati climatici relativi alle stazioni termo-pluviometriche, sono stati calcolati i valori di I_t (Indice di termicità) e I_{ov} (Indice ombrometrico

estivo) che, assieme ai valori delle medie annuali delle precipitazioni e delle temperature, hanno consentito di definire con una buona approssimazione i vari tipi di bioclimate presenti nell'Isola (Brullo S. et al., 1996):

- Inframediterraneo con temperatura pari a 18-20°C ed It compreso tra 500 e 450. Esso si rinviene esclusivamente nelle Isole Pelagie e nella parte costiera meridionale di Pantelleria. Per quanto riguarda l'ombroclima si individuano i tipi semiarido superiore (Lampedusa) e secco superiore (Linosa e Pantelleria).
- Termomediterraneo inferiore con temperatura pari a 16-18°C ed It compreso tra 449 e 400. Occupa tutta la fascia costiera della Sicilia tranne il tratto nord-orientale compreso tra Messina e Cefalù. Si distinguono diversi ombro climi quali il secco inferiore (nel tratto costiero meridionale da Licata a Pachino e nella parte terminale della Piana di Catania), il secco superiore (nel tratto costiero meridionale a ovest di Licata fino alla costa settentrionale in corrispondenza di Capo S. Vito, incluse le Isole Egadi, nel tratto compreso tra Palermo e Termine Imerese, lungo il litorale siracusano fino alla Piana di Catania, nella fascia collinare meridionale degli Iblei), il subumido inferiore (nel tratto costiero nord-occidentale tra Capo S. Vito e Capo Gallo, nei dintorni di Cefalù, nel litorale ionico da Catania ad Acireale, da Giardini a Roccalumera e nella fascia collinare nord-orientale degli Iblei e nel tratto costiero soprattutto meridionale dell'Arcipelago delle Eolie), il subumido superiore (nel tratto costiero ionico presso Riposto e presso Messina).
- Termomediterraneo superiore con temperatura pari a 18-20°C ed It compreso tra 399 e 350. È largamente diffuso nella fascia

collinare con penetrazione in quella submontana di tutta la Sicilia. In particolare si distingue l'ombroclima secco inferiore (cirscritto alla parte interna della Piana di Catania), il secco superiore (ampiamente esteso verso l'interno della Sicilia occidentale, meridionale, centro-orientale e in una piccola area compresa tra Palermo e Termini Imerese), il subumido inferiore (nei tratti interni del trapanese e dell'agrigentino, nell'area iblea al di sopra dei 300 m, nelle zone costiere e collinari della Sicilia settentrionale e in piccoli tratti collinari del versante nord-orientale), il subumido superiore (in alcuni tratti costieri e collinari de versante ionico e tirrenico della Sicilia nord-orientale, nella parte media degli Iblei orientali e dei rilievi a sud di Palermo) e l'umido inferiore (limitato ad alcuni rilievi a sud di Palermo, all'estrema punta dei Peloritani e al versante orientale dell'Etna).

- Mesomediterraneo con temperatura pari a 13-16°C ed It compreso tra 349-210. Occupa gran parte dei territori submontani e montani della Sicilia. Si distingue l'ombroclima secco superiore (limitato alla Sicilia centrale con qualche enclave nel palermitano), il subumido inferiore (ampiamente distribuito nelle aree montuose dell Sicilia occidentale, centrale e sul versante meridionale delle Madonie e Nebrodi, sugli Iblei meridionali e occidentali come pure in piccole aree del versante ionico dei Peloritani e dell'Etna), il subumido superiore (localizzato nell'area dei Monti Sicani e dei monti a sud di Palermo, sul versante tirrenico delle Madonie, Nebrodi e Peloritani, sugli Erei e nella parte elevata degli Iblei), l'umido inferiore (presente sull'alto versante tirrenico dei Nebrodi, nella

parte elevata dei Peloritani e degli Iblei e in alcuni tratti del versante ionico dell'Etna) e l'umido superiore (cirscritto ad alcune ristrette aree del versante ionico dei Peloritani e dell'Etna).

- Supramediterraneo con temperatura pari a 8-13°C ed It compreso tra 209-70. Caratterizza la parte più elevata delle catene montuose, distribuendosi tra 900-1.000 m e 1.800-1.900 m. Si distingue un subumido inferiore (localizzato sul versante meridionale dei Monti Nebrodi e sul versante occidentale dell'Etna), un subumido superiore (presente sui versanti meridionale e settentrionale delle Madonie, sulla parte cacuminale dei Monti Sicani e lungo tutto il versante meridionale dei Nebrodi e occidentale dell'Etna), l'umido inferiore (distribuito nelle aree cacuminali delle Madonie, dei Nebrodi, dei Peloritani, degli Iblei e sui versanti meridionale e settentrionale dell'Etna), l'umido superiore (cirscritto al versante orientale dell'Etna e dei Peloritani).
- Oromediterraneo con temperatura pari a 4-8°C ed It compreso tra 69- –70. Questa fascia si rinviene esclusivamente sull'Etna al di sopra di 2.000 m di quota dove è rappresentata dagli ombrotipi umido inferiore e umido superiore.

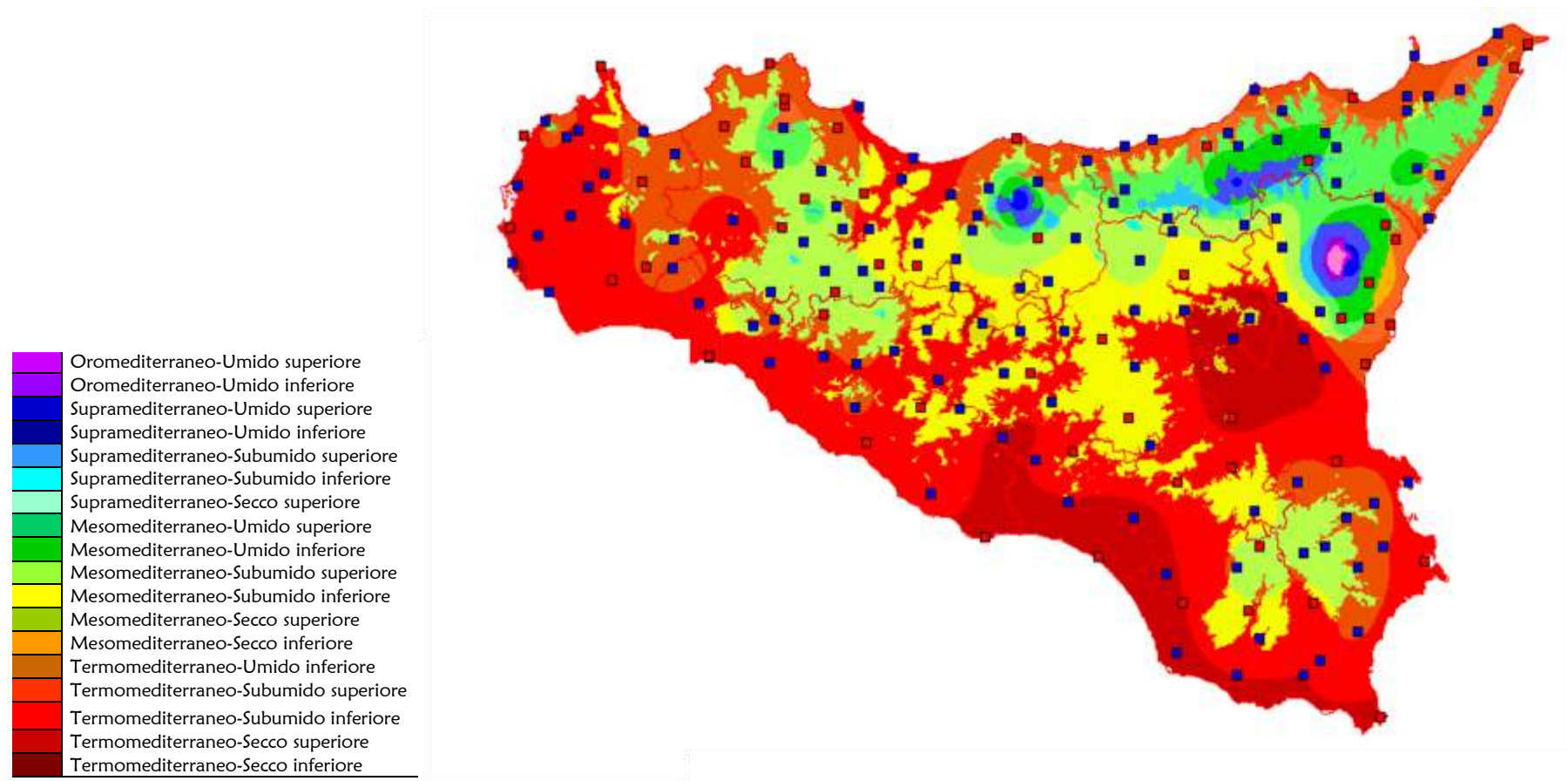


Figura 1.6 – Indice bioclimatico di Rivas-Martinez applicato alla Sicilia

1.2 CLIMA E VEGETAZIONE NEGLI AMBIENTI ARIDI - LA VEGETAZIONE MEDITERRANEA

La vegetazione è strettamente correlata alle condizioni climatiche. Essa dipende da una combinazione di variabili quali la pioggia, la temperatura, l'evaporazione, la radiazione, l'umidità relativa. Tuttavia, l'impatto delle differenti variabili non è uguale e in ciascun sito vi è un fattore climatico che influisce in misura maggiore (fattore limitante) sulla vegetazione. Sternberg et al. (1999), per esempio, riportano che mentre nessuna differenza significativa si riscontra nel grado di copertura e nella ricchezza di specie di un pascolo su matrice calcarea sottoposto a riscaldamento rispetto al controllo, il rifornimento idrico supplementare ha determinato un effetto positivo su questi parametri vegetazionali. Le caratteristiche della vegetazione variano secondo un gradiente climatico (Whittaker, 1975; Ghazanfar, 1991; Ward & Olsvig-Whittaker, 1993; Shoshany *et al.*, 1994, 1995, 1996; Kutiel *et al.*, 1995; Kutiel *et al.*, 1998). Quando si consideri il transetto più arido della regione mediterranea, la copertura vegetale è maggiore e vi sono maggiori forme di vita nell'area mediterranea mentre nelle zone aride predominano la minore copertura vegetale e un minor numero di forme di vita, principalmente di tipo annuale e crittogame (*sensu* Raunkiar)

Un drastico declino nella ricchezza delle specie si manifesta nelle estreme regioni aride del Mediterraneo (Aronson & Shmida, 1992; Kutiel *et al.*, 1995; Kutiel *et al.*, 1998). Diversi ricerche hanno messo in evidenza le relazioni tra biodiversità e piovosità ed hanno concluso che vi è una mancanza di correlazione tra piovosità e biodiversità, tranne che in determinati luoghi o situazioni in cui la pioggia annuale non supera i 400 millimetri (Bowers, 1987; Aronson & Shmida, 1992; Ward & Olsvig-Whittaker, 1993). Tuttavia, è stata riscontrata una correlazione elevata

quando si consideri la distribuzione temporale della pioggia (Bowers, 1987). Nella transizione dal clima mediterraneo ad un clima estremamente arido il regime delle piogge è il fattore limitante.

1.2.1 Criteri di studio della vegetazione

La vegetazione è l'insieme degli individui vegetali viventi o fossili, coerenti con il sito nel quale sono cresciuti e nella posizione spaziale assunta spontaneamente (Westhoff, 1970). L'organizzazione in vegetazione di tali popolazioni dipende dai loro adattamenti per la propagazione e la riproduzione.

L'interazione tra popolazioni di diverse specie determina la comunità; tra i vegetali superiori la comunità si presenta particolarmente stabile, tale da costituire un'associazione vegetale. Nelle cenosi forestali, dove si raggiunge il livello più elevato di complessità, il gradiente luminoso, il controllo del microclima interno, il trasferimento di materia organica al terreno così da tamponare i caratteri ambientali, conferiscono alla comunità il carattere di quasi-organismo (Clements, 1928).

Lo studio dell'associazione vegetale costituisce la fitosociologia e si deve soprattutto allo studioso svizzero Braun-Blanquet (1928)

1.2.2 La vegetazione degli ecosistemi mediterranei

Uno dei sistemi più utilizzati per descrivere il tipo di vegetazione associato ad un determinato tipo di clima, basato sulle differenze di temperatura e precipitazioni è quello formulato dal climatologo Köppen il quale classifica la Terra in cinque grandi aree climatiche ciascuna corrispondente all'area di distribuzione di una particolare categoria di piante. A seconda delle necessità ambientali le piante si distinguono in cinque classi ben distinte:

- megaterme (piante che esigono forte calore e molta umidità) crescono in presenza di temperature medie $>$ ai 18°C , le mesoterme sono tipiche delle temperature comprese tra -3°C e 18°C ;
- microterme (quelle che richiedono poco calore estivo e non temono il freddo d'inverno) sono caratteristiche delle temperature comprese tra -3°C e 10°C ;
- echistoterme (sono le vegetazioni dell'artico e dell'antartico) crescono in presenza di temperature molto basse;
- xerofite (quelle che esigono calore e umidità moderati) sono le piante adatte ad ambienti aridi caratterizzati da lunghi periodi di siccità.

Pur non raggiungendo i livelli delle regioni tropicali, la radiazione solare e la temperatura non rappresentano fattori limitanti.

La vegetazione degli ecosistemi mediterranei è in generale composta da specie in grado di sfruttare le forti illuminazioni e di adattarsi alle alte temperature estive, mentre sono assenti o poco significativi gli adattamenti alle basse temperature. L'esistenza di un periodo di siccità più o meno lungo che si alterna ad una stagione relativamente piovosa, con apporti idrici anche consistenti, è uno degli elementi che caratterizza la vegetazione degli ambienti mediterranei: un numero elevato di specie presenta adattamenti fisiologici o anatomici di cui i più significativi sono: habitus sempreverde in grado di permettere un'intensa attività vegetativa nei periodi ottimali (primavera e autunno) e spesso anche in inverno (è il caso delle piante chiamate sclerofille che hanno foglie persistenti per circa tre anni e soggette ad un ricambio graduale), ispessimento dei tessuti di rivestimento sia del fusto sia delle foglie, riduzione della lunghezza degli internodi con conseguente formazione di chiome compatte in grado di proteggere le ramificazioni primarie con l'ombreggiamento. Negli

ecosistemi mediterranei si trovano anche specie termofile e mesofile. L'incidenza delle termofile o delle mesofile nella composizione floristica dipende per lo più dall'altitudine e in misura minore dalla latitudine: fra il 35° e il 40° parallelo, fino a 900 m slm prevalgono le specie termofile, pertanto la vegetazione è tipicamente rappresentata da essenze sempreverdi, mentre oltre questa quota diventano predominanti le essenze a foglia caduca.

- *La vegetazione della Sicilia*

La descrizione della vegetazione siciliana si deve principalmente al prof. Brullo dell'Università degli studi di Catania. Le informazioni qui riportate derivano principalmente da un lavoro dello studioso e collaboratori (Brullo et al., 1995).

La Sicilia, per la sua posizione geografica, le sue peculiarità geomorfologiche e climatiche, le sue vicissitudini paleogeografiche, presenta una notevole diversificazione sotto il profilo vegetazionale che trova un riscontro anche dal punto di vista climatico. Infatti, esiste una stretta correlazione tra i vari tipi di bioclimate e le formazioni climax presenti nel territorio.

In situazioni di clima estremamente caldo e arido, come quello che si riscontra nella fascia inframediterranea (isole del Canale di Sicilia), si sviluppa una macchia termo-xerofila, appartenente al *Pleriplocion angustifoliae*.

Il passaggio alla fascia termomediterranea inferiore determina l'insediamento di formazioni climatiche con caratteristiche meno xerofile dell'*Oleo-Ceratonion*, che occupa tutta la fascia costiera della Sicilia nord-occidentale, meridionale e orientale; in quest'area non mancano comunque penetrazioni di formazioni del *Pleriplocion angustifoliae*, come nei tratti più aridi della Sicilia meridionale e delle Isole Egadi.

Verso l'interno dell'isola, nell'area collinare e sulla costa tirrenica nord-orientale, si passa alla fascia bioclimatica termomediterranea superiore dove trovano il loro optimum alcuni tipi di boschi termofili a caducifoglie (*Oleo-Quercetum virgilianae*, *Erico-Quercetum virgilianae*), come pure leccete (*Pistacio-Quercetum ilicis*, *Erico-Quercetum ilicis*) e sugherete (*Stipo bromoidis-Quercetum suberis*, *Genisto aristatae-Quercetum suberis*).

Nelle aree submontane e montane inferiori si passa al bioclimate mesomediterraneo la cui fascia spesso si estende sino ai 1.400 m in situazioni particolarmente esposte e soleggiate. Qui si rinvencono leccete basifile (*Doronico-Quercetum ilicis*, *Aceri campestris-Quercetum ilicis*) e acidofile (*Quercus-Teucrietum siculi*), nonché querceti caducifoglie (*Arabido-Quercetum congestae*, *Quercetum gussonei*).

Le situazioni montane sino a 1.800/1.900 m rientrano, invece, nel bioclimate supramediterraneo in cui si osserva una notevole riduzione del periodo di aridità estiva che favorisce l'insediamento di boschi caducifoglie marcatamente mesofili, rappresentati da querceti (*Festuco heterophyllae-Quercetum congestae*, *Mespilo-Quercetum virgilianae*, *Sorbo torminalis-Quercetum virgilianae*, *Hici-Quercetum petraeae*), cerrete (*Arrhenathero nebrodensis-Quercetum cerredis*, *Vicio cassubicae-Quercetum cerredis*) e faggete (*Anemone-Fagetum*, *Melitto albidae-Fagetum*). Queste ultime occupano in genere la parti montane più elevate dove, nel caso del territorio etneo sono spesso sostituite da pinete a *Pinus nigra ssp. calabrica* e betulleti.

L'unica area della Sicilia in cui si riscontra una chiara fascia oromediterranea è la parte sommitale dell'Etna che con i suoi 3.400 m circa rappresenta la cima più elevata dell'isola. Si tratta di una zona asilvatica, in cui, a causa della rigidità del clima, è possibile l'insediamento solo di piccoli arbusti pulvinati, che costituiscono una caratteristica

vegetazione avente affinità con quella di altre aree alto montane del Mediterraneo e dell'Asia minore. Queste formazioni, tipiche della fascia irano-nevadense, sono rappresentate sull'Etna da associazioni dei *Cerastio-Carlinetea nebrodensis*. Esempi di questo tipo di vegetazione si rinvencono pure in stazioni cacuminali di altre montagne siciliane tra cui in particolare le Madonie; si tratta comunque di formazioni azonali.

2. LA FORAGGICOLTURA IN AMBIENTE MEDITERRANEO

Le piante destinate in tutto o in parte all'alimentazione degli animali sono denominate foraggere.

Il sistema di classificazione adottato dall'ISTAT, nel rilevamento dei dati, esegue una suddivisione delle foraggere in:

- temporanee
- permanenti.

Le prime sono colture seminate con durata inferiore ai 10 anni e vi appartengono i prati avvicendati, con durata sempre superiore ad un anno e gli erbai, con durata sempre inferiore all'anno. Le foraggere permanenti, invece, hanno durata sempre superiore ai 10 anni e sono suddivise in prati permanenti con utilizzazione dell'erba mediante sfalcio e pascoli con utilizzazione dell'erba direttamente da parte degli animali.

La foraggicoltura in ambiente mediterraneo è intimamente legata al decorso meteorico. Durante il periodo estivo, l'elevata evapotraspirazione potenziale, determinata dalle alte temperature, non viene bilanciata dagli apporti idrici naturali; per contro, nel periodo invernale le basse

temperature rallentano fortemente l'attività vegetativa, pur non interrompendo la fotosintesi delle piante sempreverdi.

Il periodo più favorevole per l'attività metabolica risulta quindi quello primaverile quando le temperature tendono ad innalzarsi ma non è ancora sopraggiunto il periodo secco estivo. Questo tende a ridurre il contenuto idrico negli strati superiori del terreno. Negli strati profondi, tuttavia, l'umidità potrebbe essere disponibile durante l'intero anno, in particolare nelle annate che decorrono con inverni particolarmente piovosi.

L'acqua accumulata negli strati profondi potrebbe essere utilizzata dalle piante poliennali con apparato radicale fittonante e che si sviluppa in profondità e questo permetterebbe di mantenere un bilancio del carbonio positivo durante tutto l'anno. Infatti, anche se gli strati superiori del terreno assumono un aspetto desertico, poiché per periodi che possono durare fino a sei mesi non si verificano eventi piovosi, le poliennali prolungano in misura maggiore rispetto alle annuali il periodo vegetativo nei mesi di tarda primavera ed inizio estate e, rimanendo allo stato erbaceo, sono preferite dagli animali al pascolo e quindi ostacolate nella fase riproduttiva. Questo determina, in pascoli mal gestiti, la selezione negativa di queste specie.

In estate, nei prati e pascoli non sfalciati o non sfalciabili, a causa dell'eccessiva insolazione, dell'azione del vento e della forte escursione dell'umidità relativa dell'aria, si determina il distacco e la successiva dispersione delle foglie e delle altre parti più fragili della pianta in modo tale da lasciare in campo solo gli steli. Sotto il dominio di queste condizioni si è affermata, nei prati naturali e nei pascoli delle zone mediterranee, una flora erbacea costituita in prevalenza da specie annuali.

Per quanto riguarda i mesi da giugno a settembre nelle condizioni climatiche descritte l'unica foraggicoltura proponibile è quella irrigua.

In ottobre, terminata la stagione asciutta, ha inizio il periodo delle precipitazioni che si protrae fino a marzo-aprile. L'andamento

pluviometrico dei mesi compresi fra settembre e novembre assume rilevanza agronomica determinante nei riguardi della foraggicoltura mediterranea; Infatti, l'estrema variabilità da un anno all'altro del volume annuale delle precipitazioni, la cattiva distribuzione della piovosità, la bassa frequenza di precipitazioni agronomicamente utili sono fattori che interferiscono negativamente con la ripresa vegetativa autunnale, con la razionale programmazione delle semine e con la buona riuscita dei nuovi impianti di foraggiere sia annuali che poliennali.

Esempio tipico delle relazioni che si instaurano tra la vegetazione ed il clima nell'ambiente mediterraneo é l'attività vegetativa dei pascoli. Essa, come si evince da quanto detto, si può svolgere quasi esclusivamente durante le stagioni piovose (autunno-inverno). La differente altimetria, inoltre, determina condizioni termiche differenziate per cui è possibile riscontrare stagioni vegetative di durata variabile.

I pascoli possono essere suddivisi, in relazione alla durata del periodo produttivo, nei seguenti gruppi:

- aree in cui il periodo produttivo è compreso fra la fine del mese di ottobre e la fine del mese di aprile, con una stasi vegetativa invernale (dicembre-febbraio), di durata variabile. Queste aree si ritrovano ad altitudini comprese tra i 300 ed i 700 m (Fig 2.1)

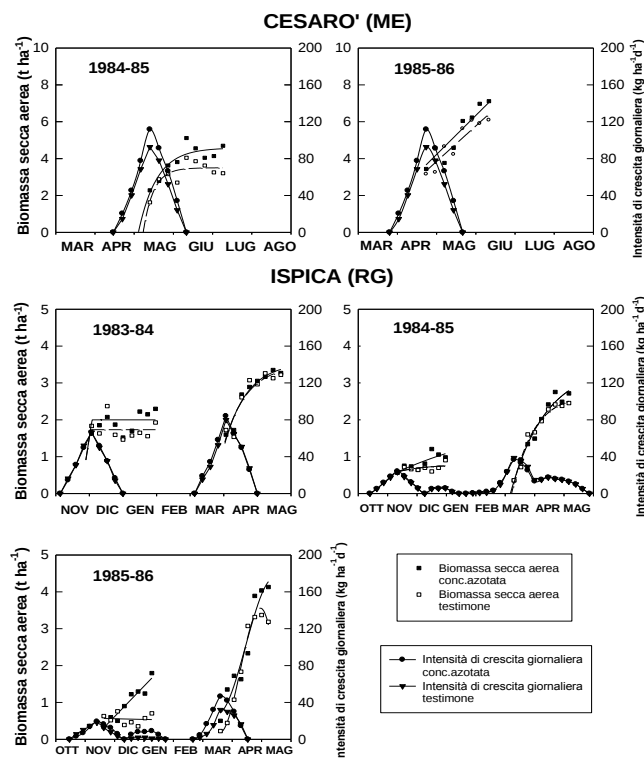


Figura 2.1 Curve di intensità di crescita in due pascoli della Sicilia (da Cassaniti et al., 2002).

- aree in cui il periodo produttivo risulta compreso tra febbraio e la fine del mese di maggio. La ripresa vegetativa autunnale risulta, in questo caso, estremamente contenuta e non raggiunge valori di produttività utili ai fini del pascolamento. Nel complesso, la produzione di sostanza secca può raggiungere le 2-3 t ha⁻¹ di sostanza secca, con valori massimi dell'intensità di crescita intorno al mese di marzo. Sono comprese in questo gruppo le aree tra i 700 ed i 1.000 m. circa;
- aree, che ricadono oltre i 1.000 metri, in cui il periodo produttivo, di breve durata, ha inizio, mediamente, a partire dai mesi di marzo-aprile, e si conclude nella prima decade del mese di luglio, in relazione al decorso pluviometrico. Durante il periodo autunno-

vernino le basse temperature limitano fortemente l'attività di crescita della cotica e pertanto si assiste ad una lunga stasi vegetativa. L'arresto dell'attività di crescita dell'erba, in questi pascoli, si verifica in corrispondenza del colmo dell'estate (luglio-agosto) a causa dell'eccessivo innalzamento della temperatura e dell'assenza di precipitazioni significative (Fig 2.2).

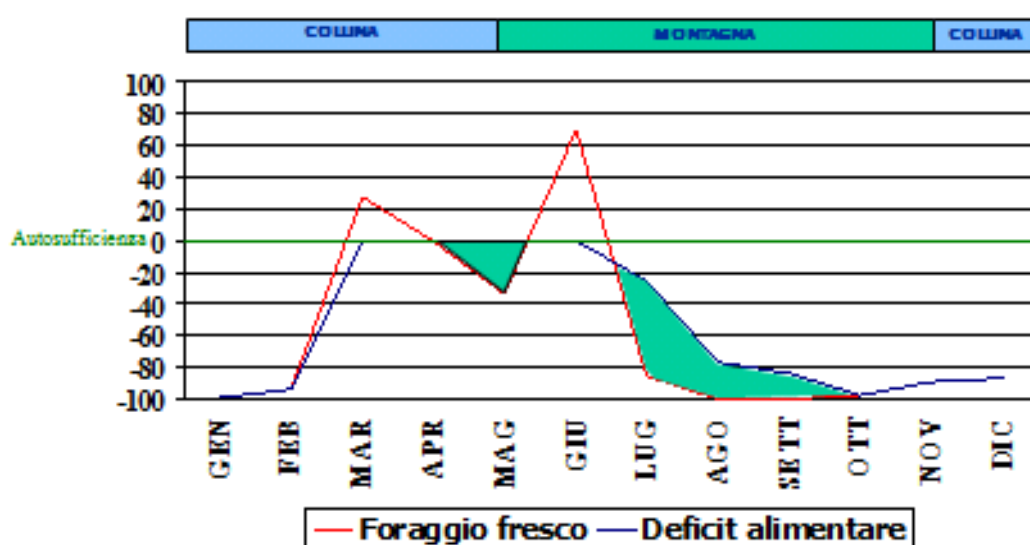


Figura 2.2 - Andamento della disponibilità di foraggio fresco e del deficit alimentare rispetto al fabbisogno degli animali (Da Cassaniti et al., 2002).

Per le foraggere poliennali gli effetti della discontinuità pluviometrica autunnale non sono molto preoccupanti. Piogge anche di modesta entità interrompono il riposo estivo e consentono uno sviluppo vegetativo prima dei freddi invernali; questo vale sia per le leguminose quale la medica sia per alcune graminacee quali *Festuca arundinacea* e *Phalaris tuberosa*. Con il sopraggiungere dei freddi di fine autunno e dell'inverno si verifica un'altra prolungata stasi vegetativa. Infatti i mesi di gennaio e febbraio fanno

registrare abbassamenti termici tali da determinare un forte rallentamento dello sviluppo vegetativo ed in alcune situazioni anche l'arresto completo.

2.1 LA FORAGGICOLTURA IN SICILIA

Le produzioni foraggere siciliane risultano fortemente caratterizzate dalla stagionalità delle produzioni, soprattutto per quanto concerne la disponibilità di foraggio fresco, fortemente limitata a causa di periodi più o meno prolungati di stasi vegetativa dovuta alle basse temperature durante l'inverno e alla carenza idrica unitamente alle elevate temperature nel periodo estivo; ciò comporta la mancata disponibilità di foraggio fresco per almeno 6-7 mesi all'anno.

La foraggicoltura è incentrata sulla produzione di pascoli, erbai, prati avvicendati che, nel complesso, presentano le seguenti problematiche:

- bassa produttività;
- stagionalità delle produzioni;
- scadente qualità del foraggio.

Ai limiti imposti dall'ambiente sulla produzione foraggera si sono aggiunti, negli ultimi decenni, anche alcuni fattori strutturali (utilizzo dei mezzi meccanici, scomparsa degli animali dalle aziende, uso dei concimi minerali) che, modificando, soprattutto, nelle aree collinari asciutte, le tradizioni dei produttori agricoli, hanno contribuito alla semplificazione dei sistemi colturali (successione biennale "frumento-maggesi" o monosuccessione del frumento) con conseguente riduzione delle specie foraggere negli avvicendamenti.

La crisi della produzione foraggera si innesta allora in un problema più ampio che riguarda la salvaguardia dell'agroecosistema e del suo equilibrio: l'assenza di colture miglioratrici, le arature meccaniche profonde, l'uso di concimi minerali, hanno concorso alla progressiva riduzione della dotazione di sostanza organica dei terreni agrari.

La rottura degli equilibri del sistema foraggero che fornisce la produzione primaria (foraggio) viene ulteriormente accentuata, a questo punto, anche dalla mancata corrispondenza di questo con il sistema della produzione secondaria (allevamenti zootecnici).

E' noto, infatti, che le esigenze alimentari qualitative e quantitative degli avvicendamenti zootecnici in Sicilia, allo stato attuale, non trovano pieno soddisfacimento facendo ricorso soltanto alle produzioni foraggere dell'Isola.

Ciò comporta, da un lato un successivo utilizzo dei pascoli esistenti con conseguente degrado delle cotiche erbose e dall'altro la necessità di importare grandi quantitativi di mangimi che implicano ripercussioni negative sulla bilancia commerciale.

A tale riguardo le indicazioni per il superamento di questi problemi possono essere così riassunte:

- miglioramento dei pascoli attraverso il riequilibrio della composizione floristica possibile attraverso un'oculata gestione del turno pascolativo, la concimazione, l'eventuale irrigazione, la trasemina di ecotipi adatti all'ambiente ad alto valore pabulare;

- intensificazione degli erbai attraverso l'utilizzo delle tecniche più avanzate di coltivazione (sementi selezionate, selezione di specie adatte all'ambiente isolano, irrigazione, concimazione);

- introduzione in cultura delle prative poliennali sia di leguminose, quali erba medica, ginestrino, trifoglio pratense, ecc., oltre alla già diffusa sulla, che di graminacee quali *Dactylis glomerata*, *Festuca arundinacea*, *Lolium* spp., ecc.

I presupposti per questi interventi nascono da una conoscenza più approfondita del territorio siciliano e da una, ormai più che trentennale, esperienza scientifica in questo settore e possono essere indicati in:

- riconosciuto duplice ruolo delle colture foraggere;

- diversificazione delle aree interne;
- innovazioni del miglioramento genetico e delle tecniche di coltivazione;
- disponibilità di acqua per l'irrigazione dei foraggi.

2.1.1 Superfici coltivate

La superficie occupata dalle foraggere in Sicilia é pari, secondo il più recente rilevamento ISTAT disponibile (2009) a 452.103 ettari. Questa superficie é ripartita tra foraggere temporanee (erbai e prati avvicendati), 132.018 ettari (29.2%) e foraggere permanenti (prati permanenti e pascoli), 320.085 ettari (70.8%) (Fig. 2.3).

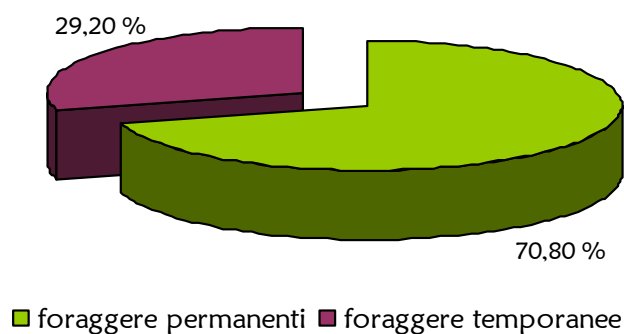


Fig. 2.3 - Ripartizione della superficie occupata dalle colture foraggere in Sicilia (ISTAT 2009)

Con riferimento alla distribuzione altimetrica, il dato statistico più recente risale al 2000, anno in cui è stato effettuato il 5° Censimento generale dell'agricoltura. Il censimento rileva che la foraggicoltura in Sicilia é praticata per il 38,9% in aree di montagna, per il 57,7% in aree di collina e per il 3,4% in aree di pianura. (Fig. 2.4).

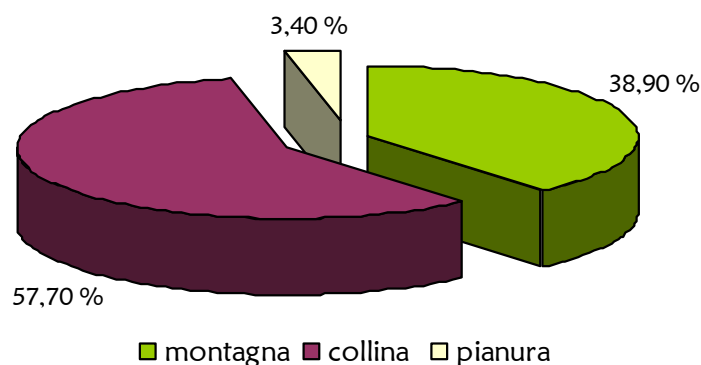


Fig. 2.4- Distribuzione territoriale della foraggicoltura in Sicilia (5° Censimento generale dell'agricoltura)

Si può affermare quindi che i problemi della foraggicoltura siciliana, considerato l'apporto della montagna e della collina pari ad oltre il 97% della superficie a foraggiere, riguardano quasi esclusivamente le zone interne dell'isola.

Nelle aree classificate come montane, i pascoli e i prati permanenti occupano il 64,4% della superficie foraggera (235.687 ettari), mentre la rimanente quota si ripartisce equamente tra erbai e prati avvicendati.

Nella vasta area collinare dove é dominante l'indirizzo colturale cerealicolo e cerealicolo-zootecnico, la superficie occupata dalle foraggiere, oltre 75.000 ettari si ripartisce tra erbai (76,3%) e prati avvicendati (23.7%), quest'ultimi rappresentati in buona parte dai prati naturali avvicendati con colture cerealicole tipiche dell'altopiano Ibleo, utilizzati sotto forma di pascoli (riposi pascolativi).

Nelle zone di pianura, irrigue, le colture foraggiere trovano spazi limitati (4.366 ettari), contesi dalle più redditizie colture ortive. Nelle suddette zone sono presenti in egual misura gli erbai primaverili-estivi in coltura irrigua (mais in particolare), i prati avvicendati (sulla e erba medica) e anche i pascoli costituiti da seminativi abbandonati.

Con riferimento alla distribuzione provinciale, sempre secondo i dati più recenti (ISTAT, 2009) le aree interessate alla coltivazione di colture foraggere sia temporanee che permanenti sono collocate in prevalenza nella provincia di Palermo e Messina, sull'asse montuoso che attraversa questi territori. Qui si raggruppa il 34,4% della superficie foraggera siciliana (155.380 ettari). L'altro polo pari al 29,9% é quello della collina interna nei territori delle province di Enna, Caltanissetta e Agrigento (135.170 ettari) La restante quota (138.420 ettari) é tutta collocata nelle province di Catania, Siracusa e Ragusa. (Tab. 2.1).

Tabella 2.1 - Ripartizione delle colture foraggere in Sicilia su base provinciale

Provincia	Foraggere permanenti (ettari)	Foraggere temporanee (ettari)	Totale
Trapani	23.000	133	23.133
Palermo	75.500	-	75.500
Messina	70.100	9.780	79.880
Agrigento	44.000	4.300	48.300
Caltanissetta	13.000	10.570	23.570
Enna	26.300	37.000	63.300
Catania	50.000	6.700	56.700
Ragusa	11.500	62.400	73.900
Siracusa	6.685	1.135	7.820

La diversificazione territoriale (orografica, altimetrica, climatica), comporta che i tre maggiori comparti produttivi abbiano una incidenza variabile nei territori delle province su menzionate.

- *Erbai*

Tra le colture foraggere, gli erbai sono la categoria che contribuisce in misura significativa al fabbisogno di foraggio in Sicilia, grazie alla buona adattabilità alle condizioni climatiche dell'Isola attuata attraverso la scelta delle specie e soprattutto dei cicli colturali. Prevalgono gli erbai annuali in

normale avvicendamento soprattutto con colture cerealicole, quelli intercalari sono limitati a qualche migliaio di ettari nella provincia di Ragusa (mais in erba).

Le specie di più largo uso sono leguminose come la veccia, trigonella, trifoglio alessandrino, la fava minor; tra le graminacee il mais, l'avena e l'orzo.

Gli erbai più diffusi sono quelli autunno-primaverili coltivati per la produzione di scorte di fieno. Questi erbai (di veccia, di trigonella, di Trifoglio alessandrino, di orzo o miscugli di questi) possono anche essere pascolati durante l'inverno (febbraio) e talvolta insilati (orzo-silo).

Gli erbai primaverili-estivi sono realizzati quasi esclusivamente con mais. La forma di utilizzazione si ripartisce tra foraggiamento verde ed insilamento.

Gli erbai si estendono su una superficie di 82.423 ettari. Sono prevalenti gli erbai polifiti (61.283 ettari) di leguminose o di graminacee e leguminose rispetto ai monifiti (21.140 ettari) rappresentati soprattutto da veccia, trigonella, T. alessandrino, mais e orzo. Sono presenti in tutte le province dell'Isola, ma soprattutto in quelle di Enna (44,9% del totale), Ragusa (32%) e Catania (8,1%).

Gli erbai polifiti sono diffusi nelle province di Enna (29.000 ettari), Ragusa (24.500 ettari), e Enna (3.500 ettari).

Gli erbai monofiti hanno una elevata incidenza nelle province di Enna, Agrigento e Catania (77,1% del totale dei monofiti).

- *Prati avvicendati*

Il contributo dei prati avvicendati alla produzione foraggera totale siciliana é pari a 49.595 ettari. Sono particolarmente diffusi nelle province di Ragusa e Messina.

I prati naturali avvicendati, denominati più comunemente "riposi pascolativi", sono una peculiarità siciliana e risultano concentrati tutti nella provincia di Ragusa (Monti Iblei). Si tratta di superfici che lasciate a riposo non lavorato si inerbiscono naturalmente e vengono pascolate dagli animali. Si avvicendano normalmente con il frumento negli avvicendamenti biennali o con frumento e fava (o cece o lenticchia) in quelli triennali meno diffusi.

Le essenze dei riposi pascolativi ragusani sono prevalentemente annuali appartenenti soprattutto a specie graminacee, leguminose e composite autoriseminanti. Particolare menzione meritano alcune specie leguminose tipiche della flora di questi altopiani, di particolare pregio per la loro incidenza percentuale ed il loro valore pabulare: *Scorpiurus muricatus* L., *Medicago ciliaris* (L.) All., *Medicago orbicularis* (L.) Bartol., *Astragalus hamosus* L., *Medicago rugosa*, Desr..

- *Pascoli*

La collocazione dei pascoli, come é stato già sottolineato é prevalentemente quella montuosa; pertanto, essi trovano la loro maggiore diffusione sui monti Peloritani (provincia di Palermo 75.500 ettari) e sui monti Nebrodi (territorio della provincia di Messina, 70.000 ettari) che insieme raggruppano la metà di tutta la superficie a pascolo della Sicilia. Su una parte del bacino del Simeto (provincia di Catania, 50.000 ettari) insiste un'altra vasta area pascoliva rappresentata in buona parte da incolti un tempo destinati alla cerealicoltura e così pure nell'area interna delle province di Agrigento ed Enna (nel complesso circa 70.300 ettari).

Le caratteristiche dei pascoli possono essere riassunte sinteticamente nei seguenti punti:

- esiste una estrema varietà di tipi di pascolo che rende, innanzitutto, molto difficile una descrizione sistematica delle relative associazioni tutte

però accomunate dalla presenza di specie xerofile, la cui frequenza è inversamente correlate con le produzioni unitarie. Seguono in molti casi per abbondanza e per effetto dell'eccessiva utilizzazione, le geofite spinose, rifiutate dagli animali e per tal motivo in rapida propagazione;

- la produzione annuale presenta una manifesta discontinuità dovuta alla presenza di stasi vegetative sia durante i rigidi mesi invernali che durante la più o meno lunga stagione asciutta;

- la concentrazione della produzione durante la stagione primaverile; produzione che risulta peraltro aleatoria, come le precipitazioni che la sostengono;

- nel complesso, basse produzioni unitarie e scadente qualità dei foraggi;

- pascoli poveri, prevalentemente costituiti da specie annuali, anche per una interazione negativa con il pascolamento a carico elevato, comunque mai razionalmente governato.

3 BIODIVERSITA' E PRODUZIONE FORAGGERA

3.1 LA BIODIVERSITÀ

I concetti espressi in questo paragrafo sono stati elaborati a partire da appunti delle lezioni del prof Cristofolini (2010), professore di Botanica sistematica presso l'Università di Bologna.

Il termine "biodiversità" è relativamente recente. Esso cominciò ad essere usato negli anni '80 del secolo scorso e fu definito come "*Diversity at all levels of biological organization*" (Rosen, 1985). Difatti, la diversità (o multiformità) è una caratteristica inerente ai viventi ad ogni livello. Benché tutti i viventi siano organizzati su basi molto uniformi (quattro sono le basi azotate che stanno alla base della diversità degli acidi nucleici ed una ventina gli aminoacidi che formano un'infinità di proteine), la diversità si manifesta dal livello molecolare a quello ecosistemico.

I livelli principali a cui ci si riferisce sono:

- la diversità genetica, principalmente entro popolazioni od entro specie, che viene stimata con metodi molecolari (analisi del DNA o di enzimi). Essa dà una misura della "ricchezza genetica" della popolazione o della specie dalla quale dipende

la plasticità e la adattabilità della specie a condizioni ambientali diverse. Essa è molto importante, in particolare, ai fini della conservazione di specie a rischio;

- la diversità tassonomica, valutata su un territorio, che si esprime in termini di numero di specie diverse per unità di superficie. Conoscere la diversità sul territorio è importante per determinare linee guida di conservazione;
- la diversità ecologica (o ecosistemica), valutata sul territorio, che si esprime in termini di complessità delle comunità viventi (numero di specie che le costituiscono, abbondanza delle singole specie, interazioni fra esse), o in termini di numero di comunità diverse che costituiscono il paesaggio naturale di una determinata area.

La biodiversità, come ogni altro parametro scientifico, richiede di essere misurata in modo quantitativo. Non esiste però un unico metro di misura per i diversi livelli:

- la diversità genetica si misura con diversi parametri quali il numero di alleli diversi per locus, il numero di loci polimorfi, il tasso di eterozigosi, ecc.;
- la diversità tassonomica si misura come numero di specie per unità di superficie;
- la diversità ecologica si misura con indici più complessi, che fanno riferimento non solo al numero di componenti diversi di un ecosistema, ma anche alla loro abbondanza relativa (ad esempio, numero di individui di ogni specie).

La biodiversità misura la diversità dei viventi ad un determinato momento (diversità sincronica). L'evoluzione rappresenta la diversità nel tempo (diversità diacronica). In questo senso, le due nozioni sono

complementari ma il rapporto è anche più stretto, infatti l'evoluzione è la spiegazione della biodiversità attuale (la diversità delle specie e delle popolazioni si è generata nel tempo a causa dell'evoluzione). D'altra parte l'evoluzione può avere luogo perché esiste la diversità. Ne è un esempio, a questo proposito, il capitolo sul neodarwinismo (in particolare, l'importanza della variabilità casuale fra individui di una specie, su cui opera la selezione naturale) ma anche il capitolo sugli equilibri punteggiati (importanza della diversità di specie nel determinare i grandi cambiamenti evolutivi). Per cui, in definitiva, la biodiversità e l'evoluzione costituiscono un circuito che si automantiene, e costituisce l'essenza stessa della vita sulla Terra

3.1.1 Biodiversità e sviluppo economico

E' noto come i paesi caratterizzati da un tumultuoso sviluppo economico hanno subito negli ultimi decenni un continuo degrado degli spazi naturali, complice la pressione antropica, che ha determinato estensione degli insediamenti urbani a danno dei migliori suoli per l'agricoltura, riduzione degli spazi naturali, messa in coltura e successivo abbandono di terre incolte o riservate al pascolo.

L'agricoltura intensiva, poi, ha privilegiato le varietà caratterizzate da elevata produttività, sostenuta grazie ad una buona alimentazione minerale, all'eliminazione della competizione delle infestanti e assicurando alle piante uno stato sanitario soddisfacente.

L'utilizzazione quasi esclusiva di varietà ad alto rendimento ha posto negli ultimi anni, con maggiore forza, il problema legato all'erosione fitogenetica e la necessità di mantenere delle riserve di variabilità indispensabili per la realizzazione di nuovi programmi di selezione.

Anche nell'ambito delle colture foraggere, la sostituzione delle vecchie popolazioni coltivate con le varietà, certamente più produttive, ma

a base genetica più ristretta, la distruzione di habitat naturali e di interi ecosistemi a seguito dell'estendersi delle zone coltivate, delle città e delle strade, l'eliminazione delle forme selvatiche di molte specie coltivate con le moderne pratiche colturali, ha portato a una drastica diminuzione delle fonti di variabilità.

La creazione di varietà foraggere è iniziata presumibilmente intorno al 1930 negli Stati Uniti e nei Paesi del Nord Europa, ma è divenuta effettivamente significativa a partire dalla fine della seconda guerra mondiale e attualmente, l'iscrizione al catalogo ufficiale delle colture foraggere e la certificazione obbligatoria del seme, rappresentano i pilastri su cui si regge la produzione sementiera di queste specie. Se la tracciabilità del seme è indispensabile ai fini della protezione degli interessi degli agricoltori e allevatori, il catalogo ufficiale delle varietà ha svolto purtroppo anche il ruolo di una lista raccomandata, partecipando, in certo qual modo, alla riduzione della base genetica del materiale biologico utilizzato e diffuso.

Attualmente, una particolare importanza strategica sta coinvolgendo lo studio delle specie selvatiche vegetali ed animali affini a quelle coltivate ed allevate che siano in grado di scambiare gruppi di geni con le moderne varietà.

Il bacino del Mediterraneo, pur essendo interessato al fenomeno dell'erosione genetica così come tutto l'Occidente, rappresenta ancora oggi uno degli ecosistemi con la maggiore diversificazione, grazie alle caratteristiche climatiche che lo contraddistinguono (Pignatti, 2000) e al fatto che in ampi comprensori la produzione zootecnica e quella foraggera connessa è legata a vecchi schemi e a pratiche millenarie che hanno tuttavia il pregio di mantenere elevate le condizioni di 'naturalità' dell'ambiente. Ne è testimonianza il fatto che negli ultimi anni le riserve fitogenetiche del Mediterraneo hanno rappresentato una fonte privilegiata di variabilità per

vasti programmi di miglioramento di specie foraggere realizzati in Australia (Fara et al., 1997; White et al., 1959). Tutto il bacino del Mediterraneo soffre tuttavia per la mancanza di varietà foraggere adatte a soddisfare le esigenze della foraggicoltura locale. Un attivo programma di selezione attento a queste esigenze potrebbe rappresentare quindi un centro di eccellenza per tutta la regione.

3.2 SPECIE DI ELEVATO INTERESSE FORAGGERO PER LA SICILIA.

Il problema della salvaguardia delle risorse genetiche riguarda in modo particolare specie graminacee e leguminose dove il sistema riproduttivo (si tratta per la maggior parte di specie allogame) facilita lo scambio di geni fra piante delle varietà coltivate e quelle degli insediamenti naturali.

In ambiente mediterraneo assume particolare importanza la disponibilità di varietà caratterizzate da elevata capacità di sopravvivenza ai severi stress idrici e termici estivi e l'attitudine alla produzione autunno-vernina o in quella primaverile quando le disponibilità idriche, in genere, non sono un fattore limitante. Varietà che possiedano queste caratteristiche non sono state ancora costituite nel nostro Paese, per cui, il materiale utilizzabile proviene in molti casi da Paesi europei, dall'Australia (Piano et al, 1997) e dagli Stati Uniti.

Tra le specie per le quali si propone di avviare un programma specifico di conoscenza e caratterizzazione meritano particolare attenzione l'erba mazzolima (*Dactylis glomerata* L.), la sulla (*Hedisarum coromarium* L.), le leguminose foraggere annuali appartenenti ai generi *Trifolium*, *Medicago*, *Vicia*.

Dactylis glomerata L. è una delle più interessanti in termini di produttività, longevità e capacità di adattamento, che ne fanno una delle specie più presenti in tutto il territorio dell'Isola.

Dactylis glomerata L. è specie originaria delle zone temperate asiatiche e africane. Pianta vivace, di taglia alta (60-140 cm) dotata di sistema radicale profondo e persistente, provvista di cespi robusti e compatti. Ha una longevità compresa tra i 5 e gli 8 anni ed un'elevata produttività. Dotata di ottima resistenza al freddo e discreta resistenza alla siccità. La composizione chimica del foraggio è più che soddisfacente e l'appetibilità buona. Il grande adattamento di questa specie è dovuto all'ampia variabilità di forme naturali. Risulta assai diffusa allo stato spontaneo negli ambienti asciutti dell'Italia meridionale ed in Sicilia dove, al pari di altre specie, è rinvenibile nelle più diverse condizioni di clima e di terreno.

La generalizzata presenza della specie nella flora spontanea costituisce senza dubbio un indice della sua ampia adattabilità ecologica ed avvalora le favorevoli prospettive sulle possibilità di utilizzazione quale coltura foraggera da prato o da pascolo. Alla realizzazione di tali prospettive, soprattutto nelle aree asciutte, un contributo rilevante, com'è noto, può essere offerto, direttamente od indirettamente attraverso il miglioramento genetico, dalla utilizzazione delle popolazioni locali e cioè dai biotipi differenziati sotto l'azione selettiva dei fattori del clima, nei confronti dei quali, in linea generale, le graminacee hanno "cicli vitali e periodi stagionale di accrescimento strettamente adattati" (Lorenzetti, 1968). Tali considerazioni fanno stimare utile l'esame di alcune popolazioni di *Dactylis glomerata* della Sicilia non soltanto ai fini della individuazione di materiale dotato di particolari caratteristiche agronomiche e genetiche, ma anche e soprattutto per lo studio della presumibile azione selettiva

esercitata dall'ambiente sulle caratteristiche della specie (Longo e La Malfa, 1976).

Sia pure nel contesto generale del clima caldo-arido, la Sicilia offre, infatti, per la sua posizione geografica e configurazione orografica, una notevole varietà di ambienti ecologici tra loro differenziati per temperatura e suo decorso, piovosità e relativa distribuzione, nei quali tuttavia, *Dactylis glomerata* L. è sempre presente.

Il reperimento e la conservazione di germoplasma di questa specie potrebbe rappresentare un interessante materiale genetico di base ai fini della costituzione di varietà dotate delle richieste caratteristiche di adattamento. Nell'area mediterranea queste popolazioni afferiscono soprattutto alle *sspp. glomerata* L. e *hispanica* (Roth) Nyman (Piano, 1997, l.c.), sufficientemente distinte sotto l'aspetto morfo-fisiologico, ma interfertili (Lumaret, 1988); rivestono entrambe notevole interesse nei programmi di selezione.

Una valutazione di germoplasma siciliano è stata realizzata da Piano (1990). Diciotto popolazioni naturali sono confrontate con varietà commerciali per caratteri bio-morfologici e per la capacità produttiva. Le popolazioni siciliane sono risultate caratterizzate da dormienza estiva e molto più persistenti delle varietà, vegetativamente attive anche d'estate. Sono apparse relativamente precoci nell'epoca di spigatura. La capacità produttiva di alcune popolazioni è risultata almeno pari a quella delle migliori varietà. Gli ecotipi sono risultati distintamente superiori alle varietà per la produzione invernale. Il lavoro ha consentito di individuare gli ecotipi superiori da avviare a eventuali programmi di selezione.

4 STRATEGIE DI ADATTAMENTO DELLE GRAMINACEE POLIENNALI AGLI AMBIENTI CALDO-ARIDI

Dal 6 all'8 aprile 2009, negli Stati Uniti, ad Ardmore, Oklahoma, si è tenuto il primo International workshop per fare il punto sulle conoscenze intorno alle graminacee perenni degli ambienti a clima mediterraneo, caratterizzate dal meccanismo della dormienza estiva (*Summer dormancy*) grazie al quale sopravvivono al deficit idrico che intercettano in una certa fase del loro ciclo biologico. Il convegno che aveva per titolo "*Summer Dormancy in Grasses: Coping with Climate change-Summary and future Direction*", ha visto la partecipazione di un gruppo di 50 studiosi di tutto il mondo, fisiologi, genetisti, agronomi e compagnie sementiere, rappresentativi di nove Paesi: gli Stati Uniti, l'Australia, la Francia, Israele, Nuova Zelanda, Argentina, Marocco, Italia, Olanda.

Nella presentazione al convegno sono stati messi in luce gli aspetti relativi alla validità foraggera di queste specie, al loro ruolo agronomico ed ambientale in aree caratterizzate da particolari tratti del clima, all'interesse verso i meccanismi dell'adattamento allo stress idrico.

Il convegno ha ribadito l'importanza delle specie graminacee perenni che vegetano nella stagione fredda (cool-season) dal momento che sono una delle principali fonti di nutrimento per i ruminanti nei sistemi pastorali delle aree temperate del mondo. I generi *Dactylis*, *Festuca*, *Lolium*, *Poa* e *Phalaris* includono specie ed ecotipi che hanno sviluppato i tratti della dormienza estiva al fine di superare il cronico deficit idrico caratteristico della stagione estiva nell'ambiente mediterraneo. Inoltre, la loro funzione foraggera si accompagna a quella altrettanto importante di protezione del suolo e conservazione di micro e macrobionti.

La rassegna bibliografica che segue è desunta principalmente dai lavori della dottoressa Volaire¹ e colleghi e dalla revue sull'argomento presentata dalla Volaire in occasione del suddetto workshop.

Nella regione mediterranea le piante sono soggette ad un cronico deficit idrico, con piogge non significative per 2-5 mesi all'anno che comportano un deficit idrico da 300 a 500 mm (Volaire et al., 2009). La strategia di sopravvivenza utilizzata dalle specie annuali è quella di sfuggire alla siccità (*Drought escape*) completando il ciclo biologico entro la primavera e producendo il seme² che può rimanere vitale per lungo tempo grazie anche allo spessore del tegumento (semi duri) (Brant et al., 1971; Baskin e Baskin, 2006). Viceversa, la tolleranza al disseccamento è una strategia messa in atto da un gruppo di piante denominate “*piante che risorgono*” (Volaire et al., 2009) che permette ai tessuti di essiccare all'aria e, in condizioni di reidratazione, di reidratare gli stessi tessuti e riprendere l'accrescimento. Questa strategia è tipica di un numero ristretto di specie adatte a siti fortemente xerici (Lazarides, 1992). In condizioni di progressiva

¹ La dott.ssa Volaire lavora presso l'Institut National de la Recherche Agronomique (INRA), UMR System, a Montpellier, Francia ed è una delle maggiori studiose della summer dormancy in *Dactylis*.

² Nella classificazione di Raunkiaer queste specie sono denominate Terofite: la gemma vitale è racchiusa all'interno dei tegumenti del seme.

aridità, le specie graminacee non dormienti o perenni sono dotate di un certo numero di adattamenti successivi. Per prima cosa si riduce la crescita delle foglie, l'induzione fogliare viene ridotta ed interrotta, conseguentemente gli scambi gassosi e la fotosintesi decrescono e la senescenza della lamina progredisce. Quando gli scambi gassosi sono al minimo, la pianta può sopravvivere per tutto il tempo in cui sopravvivono gli organi (tessuti meristematici alla base delle foglie chiuse e nelle radici) mantenendo la loro integrità funzionale per riprendere la crescita quando il deficit idrico si conclude. La combinazione di adattamento generalmente si esprime tramite una o due strategie principali, per ritardare o tollerare la disidratazione dei meristemi (Fig. 4.1).

- *Ritardo nella disidratazione dei meristemi ("Avoidance"= l'evitare)*

Le graminacee comunemente ritardano la disidratazione incrementando la captazione idrica. La profondità radicale e la loro densità è dal 15 al 30% maggiore nelle cultivar arido-resistenti rispetto alle arido-sensibili (McWilliam e Kramer, 1968; Volaire e Thomas, 1995; Volaire et al., 1998). L'abilità a estrarre l'acqua dal suolo a potenziali idrici bassi si sa essere migliore nelle cultivar di *Dactylis* arido-resistenti (minore di -4 MPa) che in quelle-sensibili (-2,6 MPa) (Voltaire e Lelievre, 2001).

I genotipi di *Dactylis* più arido-resistenti mostrano una più precoce epoca di fioritura e provengono dai siti più aridi che quelli suscettibili. (Voltaire 1995; Voltaire e Lelievre, 1997). Inoltre, questi adattamenti fenologici sono associati con una migliore conservazione di acqua nel suolo e una maggiore capacità di accumulo di carboidrati prima dell'inizio del periodo arido.

La maggiore riduzione nella perdita di acqua in *Dactylis* si raggiunge con la riduzione o la cessazione della crescita delle foglie associata con la

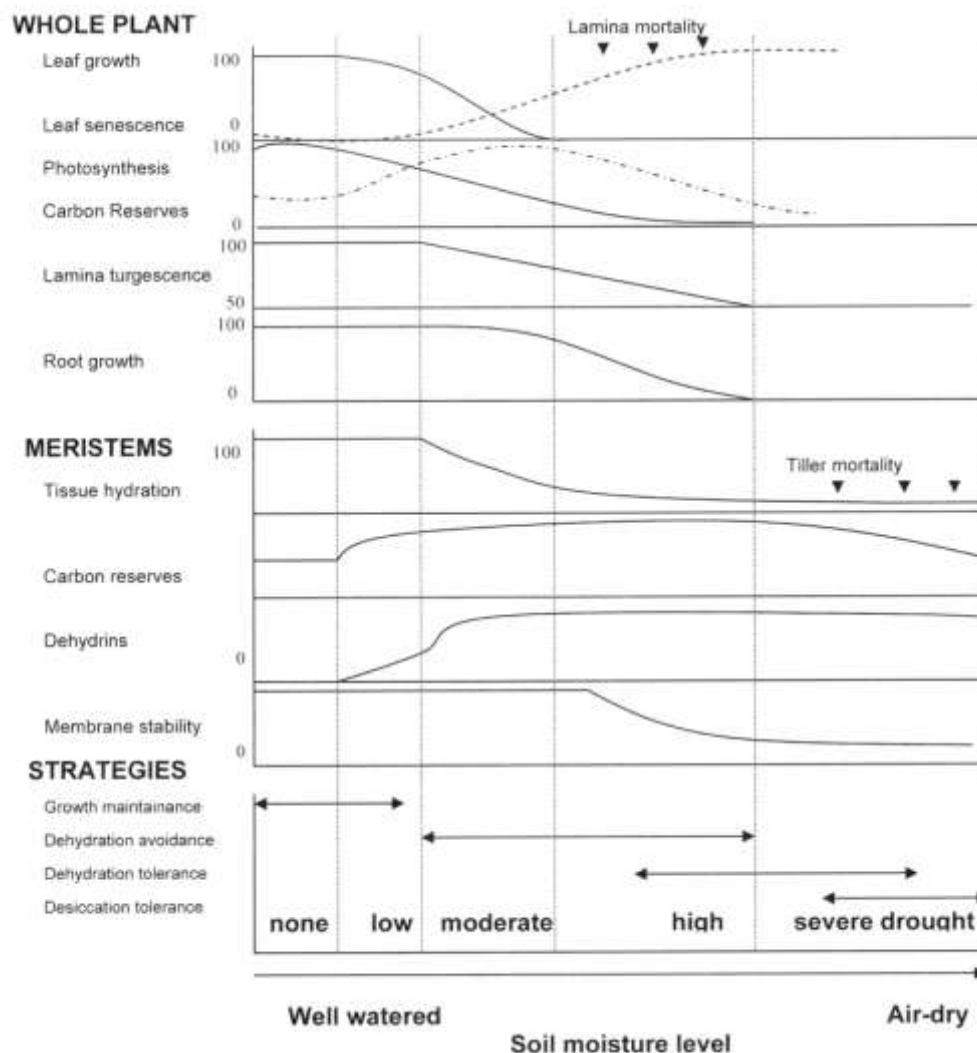


Figura 4.1 – Schema della risposta all'intensificazione dell'aridità di graminacee perenni non dormienti al livello della pianta intera e dei meristemi aerei, e la conseguente strategia eco-fisiologica (Ludlow, 1989 cit. da Voltaire et al., 2009).

senescenza della lamina. Ricerche realizzate in vaso dimostrano che quando il sistema radicale è tenuto nelle stesse condizioni per tutti i genotipi, l'estensione della foglia si arresta quando il potenziale idrico è di $-0,2$ MPa, con differenze non significative tra genotipi resistenti e sensibili. (Volaire e Lelievre, 1997; Voltaire et al., 1998). Questi risultati sottolineano l'importanza dell'adattamento che si attua durante la fase tardiva del

periodo arido e rileva che questo è importante per la manifestazione delle differenze tra genotipi nella capacità di sopravvivenza.

Le graminacee perenni mostrano di essere più tolleranti alla disidratazione che le specie annuali. Il confronto tra una cultivar di orzo siriano (*Hordeum vulgare* L.) arido-esistente con le cultivar mediterranee di *Dactylis* mostra che l'acqua contenuta nei meristemi si stabilizza in condizioni di basso contenuto idrico del suolo in *Dactylis*, per contro, essa si arresta precocemente e porta alla morte l'orzo con un contenuto idrico del suolo alto (Volaire, 2003). Inoltre, si sa che i tessuti dei meristemi giovani sono più tolleranti alla disidratazione che quelli più maturi (Barlow et al., 1980). Il punto letale di disidratazione per i meristemi di *Dactylis* per un ampio gruppo di genotipi è tra 0,5 e 0,8 g H₂O g⁻¹ di s.s., anche se alcune cultivar resistenti possono sopravvivere significativamente più a lungo con valori più bassi di disidratazione (Volaire et al., 1998).

I fattori associati con la tolleranza alla disidratazione dei tessuti meristemati nelle graminacee perenni sono rappresentati dal potenziale osmotico che può abbassarsi fino a -7 MPa, l'accumulo di carboidrati solubili e la presenza di deidrine (Volaire, 1995; Volaire e Thomas, 1995). Tuttavia, l'accumulo di una elevata concentrazione di fruttani polimerizzati in *Dactylis* costituisce il principale fattore correlato con una migliore capacità di sopravvivenza (Volaire e Lelievre, 1997). Fruttani e deidrine sono presenti nelle pareti cellulari e nella stabilizzazione delle membrane in condizioni di deficit idrici severi, quindi contribuiscono alla tolleranza alla disidratazione (Himcha et al., 2000; Hoekstra et al., 2001).

Alcune ricerche di Volaire (1991, 1995) hanno messo in evidenza un'ampia variabilità nella capacità di sopravvivenza allo stress idrico dell'erba mazzolina in relazione all'origine delle popolazioni, infatti, le popolazioni mediterranee sopravvivono ai severi stress idrici contrariamente a quelle delle regioni temperate. Il recupero di resa dopo le

piogge autunnali è stata correlata con la quantità complessiva di carboidrati solubili accumulati nei germogli basali durante l'estate. Cionondimeno, nei germogli di accestimento delle graminacee, le basi delle giovani foglie (inclusi i meristemi) sono generalmente i principali organi aerei che possono rimanere vitali durante i periodi di aridità e sono probabilmente i luoghi deputati a specifici adattamenti. In ambiente controllato la base della foglia mostra un potenziale osmotico basso nelle popolazioni arido-resistenti piuttosto che nelle sensibili (Volaire e Thomas, 1995). In campo, confrontando le stesse popolazioni, Quelli resistenti accumulano più fruttani a un grado elevato di polimerizzazione alla base delle giovani foglie durante il periodo di aridità estiva (Volaire e Gadoin, 1996). In una successiva ricerca Volaire e Lelievre (1997) hanno dimostrato che la sopravvivenza all'aridità estiva di *Dactylis glomerata* era correlata significativamente con il rapporto tra fruttani con basso e alto peso molecolare (in estate, a luglio) e la data di spigatura. L'ammontare della resa dopo la reidratazione era correlata con entrambe queste variabili e con il contenuto di sostanza secca della base delle foglie in giugno, fattore che potrebbe essere associato alla dormienza estiva. Questi risultati, secondo gli Autori sottolineano il ruolo dell'ontogenesi della resistenza all'aridità e potrebbero essere utilizzati per prevedere la sopravvivenza della pianta in un ampio range di popolazioni di *Dactylis*.

- *Il caso particolare della dormienza estiva (summer dormancy)*

La dormienza è una temporanea sospensione della crescita di alcune strutture della pianta contenenti meristemi (Lang et al., 1987). Alcune specie graminacee perenni diventano dormienti anche in presenza di acqua in estate (Laude, 1953). Questa dormienza è endogena (endo-dormienza) e quindi non una semplice eco-dormienza (dormienza relativa o condizionale) che dovrebbe comportare l'arresto della crescita in

conseguenza di un deficit idrico. (in questi casi si dovrebbe usare il termine quiescenza). Il termine eco-dormienza, conseguentemente, è considerato ingannevole quando applicato alla *summer dormancy* (Volaire e Norton, 2006).

La dormienza è una risposta adattativa che permette la sopravvivenza nella stagione in cui le condizioni ambientali sono più difficili. Tipicamente la dormienza si manifesta per proteggere dal freddo estremo alle latitudini elevate, ma anche contro l'aridità e le temperature elevate del periodo estivo in alcune specie adatte al clima mediterraneo (Vergis, 1964). La dormienza estiva assicura la sopravvivenza delle piante perché mantiene la vitalità dei meristemi e previene qualunque ripresa vegetativa in caso di piogge occasionali (Hoen, 1968; Koller, 1969).

- *Caratteristiche e terminologia*

In condizioni di aridità molto accentuata è difficile separare le risposte che ogni pianta mette in campo per evitare e tollerare la disidratazione. Conseguentemente, questo tipo di strategia può essere testata, in estate, in condizioni di disponibilità idrica non limitante. La presenza della dormienza estiva può essere ben identificata con la manifestazione di quattro criteri (Volaire e Norton, 2006):

- i. la riduzione o la cessazione della produzione e dell'espansione di nuove foglie;
- ii. il grado di senescenza delle foglie mature;
- iii. possibile disidratazione dei tessuti meristemati;
- iv. livello di arresto di attività degli organi sotterranei come i bulbi.

La terminologia proposta da Volaire et al. (2009) riconosce due livelli principali di dormienza estiva (Tabella 4.1)

1. Dormienza completa, quando la cessazione della crescita è associata con una completa senescenza delle foglie e comporta la disidratazione della parte basale delle foglie. Ciò

accade in graminacee come *Poa bulbosa* L. e *Hordeum bulbosum* L. ma è stata anche rinvenuta in alcuni genotipi di *Dactylis glomerata* L. subsp. *hispanica* (Roth) Nyman che si è originata in regioni aride e semi-aride del Nord Africa.

2. Dormienza incompleta, quando la crescita delle foglie è parzialmente inibita ed è associata ad un moderato livello di senescenza fogliare senza disidratazione della base delle foglie: comunemente riscontrabile in popolazioni nord-africane di festuca (*Lolium arundinaceum* (Scribn.) Darbysh.), in falaride (*Phalaris aquatica* L.) e nelle popolazioni mediterranee di erba mazzolina (*Dactylis glomerata* L.).

I tratti della dormienza estiva sono una combinazione di adattamento che conferisce la capacità di sfuggire all'aridità riducendo il metabolismo dei meristemi al livello più basso possibile. Inoltre, i genotipi dormienti sopravvivono all'aridità più a lungo al più basso livello di contenuto idrico del suolo, sebbene la loro soglia letale di disidratazione non sia significativamente più basso di quello dei genotipi non dormienti (Fig. 4.2). La tolleranza alla disidratazione e la dormienza estiva, anche se normalmente associati nello stesso genotipo, sono fenomeni indipendenti perché la tolleranza alla disidratazione si manifesta quando le piante sono soggette all'aridità in ogni momento dell'anno, al contrario, la dormienza si manifesta solo in estate, indotta dalla lunghezza del giorno e dalla temperatura (Volaire, 2002; Volaire et al., 2005).

Tabella 4.1 – Caratteristiche e terminologia della dormienza estiva in condizioni irrigue (da Volaire e Norton, 2006)

Caratteristica	Dormienza estiva (Summer dormancy)		
	Completa	Incompleta	No
Crescita della foglia	Cessazione	Riduzione	Inalterata
Senescenza della lamina	Totale	Parziale	Inalterata
Idratazione dei tessuti meristematici	Ridotta	Inalterata	Inalterata
Formazione di una foglia basale	Possibile	Possibile	No
gonfia	<i>Hordeum bulbosum</i> L.	Tipi mediterranei di	Graminacee
Specie	<i>Poa bulbosa</i> L.	<i>Lolium arundinaceum</i> cv.	perenni di
	<i>Poa scabrella</i> (Thurb.) Benth. Ex Vaey	Flecha e <i>Dactylis</i>	ambienti
	<i>Poa secunda</i> J. Presl. subsp. Secunda	<i>glomerata</i> L. cv. Currie	temperati
	<i>Elymus multisetus</i> (J.G. Sm.) Burt Davy	<i>Phalaris aquatica</i> L.	
	<i>Melica californica</i> Scribn.		
	<i>Dactylis glomerata</i> L. cv. Kasbah, Berber		

:

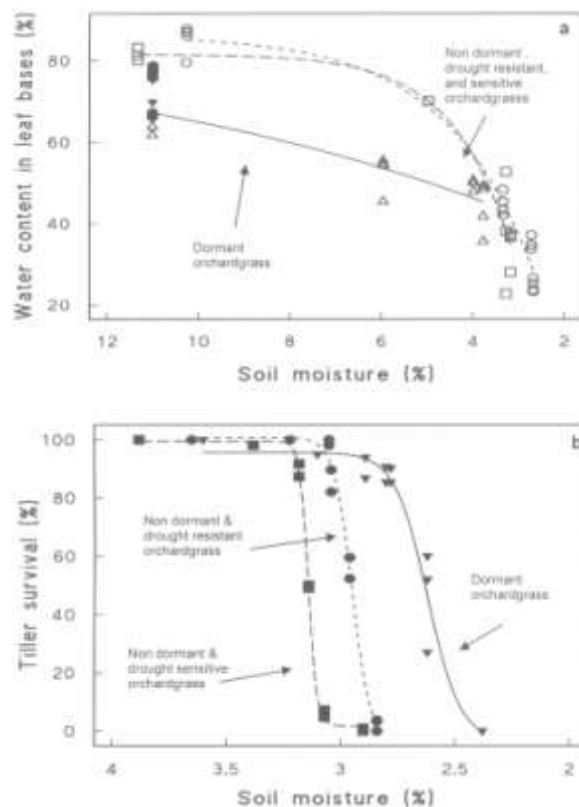


Figura 4.2 – (a) Contenuto di umidità nei meristemi e (b) sopravvivenza di cultivar di *Dactylis glomerata* dormienti e non dormienti in relazione all'incremento dell'aridità del suolo (da Voltaire et al., 2005)

- *Induzione*

Molte ricerche sull'induzione della summer dormancy sono state studiate su *Poa bulbosa* e *Hordeum bulbosum*. La pre-esposizione in inverno al giorno corto e alle basse temperature, seguita da un incremento delle temperature e della lunghezza del giorno induce la dormienza estiva nelle due specie prima menzionate (Ofir e Koller, 1974). Inoltre, recentemente è stato proposto che la dormienza in *Poa bulbosa* possa essere indotta attraverso due percorsi alternativi, non solo l'induzione fotoperiodica da giorno lungo, ma anche dal deficit idrico (Ofir e Kigel, 2007). Le cultivar di erba mazzolina e festuca seminate in primavera

esprimono una dormienza parziale durante l'estate successiva, pur essendo state soggette all'aridità estiva (Norton et al., 2006a e b).

Recenti risultati mostrano che non c'è un effetto diretto tra il deficit idrico in condizioni di giorno corto nell'induzione alla dormienza ma conferma che una forte carenza idrica nella tarda primavera, quando le condizioni ambientali sono induttive, potrebbe avere un effetto di "indurimento" in cultivar non completamente dormienti di festuca, che si manifesta in una maggiore tolleranza alla siccità nella successiva stagione estiva (Volaire et al., 2009b).

- *Modelli di dormienza e florogenesi in piante erbacee perenni: regolazione ambientale ed interna*

L'evoluzione delle piante in aree climatiche con marcati cambiamenti stagionali ha comportato che le specie si siano dovute adattare a periodi di alte o basse temperature e all'aridità con significativi cambiamenti nella loro struttura morfologica e nel ciclo annuale di sviluppo (Kamenetsky, 2009).

Una delle caratteristiche di questo adattamento è lo stato di dormienza, per cui le piante non mostrano nessuna crescita visibile delle parti esterne.

La *summer dormancy* protegge le piante dagli effetti negativi del deficit idrico e delle alte temperature sugli organi vegetativi e riproduttivi e induce alcune specie di piante a spostare lo sviluppo in un momento più favorevole.

I meccanismi della sopravvivenza estiva variano a seconda della specie e danno adito a differenti modelli di adattamento agli ambienti difficili.

Le interrelazioni tra florogenesi e dormienza, molto probabilmente è controllata a livello dei meristemi, dove viene determinata la strategia di sopravvivenza della pianta, inclusa la crescita vegetativa, la fioritura, la

tolleranza all'aridità, la formazione di organi di accumulo. I meccanismi attraverso i quali la summer dormancy conferisce la capacità di sopravvivenza all'aridità estiva richiede ulteriori ricerche per migliorare le conoscenze sulle peculiarità agronomiche ed ambientali delle specie perenni.

Recenti studi di carattere fisiologico e molecolare supportano il concetto che il meccanismo della florogenesi, della dormienza e della perennanza sono correlate (Mazzitelli et al, 2007 cit. da Kamenetsky, 2009). I geni MADS-box (DAM= *dormancy-associated* MADS-box)) associati alla dormienza sono i fattori della trascrizione collegati all'induzione della endo-dormienza. Ciò ha suggerito che i geni DAM siano indotti dalle basse temperature (in *Euphorbia esula* L.) e capaci di indurre la dormienza attraverso un meccanismo di regolazione negativa fioritura-correlato FLOWERING LOCUS T (FT) (o geni simili) che poi regolano la cessazione della crescita e l'induzione all'endodormienza (Horwath et al., 2008 cit da Kamenesky, 2009). E' stato inoltre dimostrato che la modulazione delle attività di soli tre geni della fioritura abbia un chiaro effetto sulla indeterminatezza dei meristemi e sulla longevità delle piante, governando lo sviluppo di forme marcatamente diverse di *Arabidopsis*.

Questi risultati suggeriscono che FT oltre che essere implicati nella fioritura regolano il destino dei meristemi e di conseguenza gli effetti sulla crescita, specialmente in condizioni di giorno corto.

Molti di questi studi sono stati realizzati, tuttavia, su specie vegetali di regioni fredde, dove la dormienza è regolata dal fotoperiodo corto e dalle basse temperature. La questione della regolazione interna ed ambientale della dormienza estiva a livello biochimico e molecolare è ancora aperta ad altre ricerche . Il ruolo principale nelle relazioni tra florogenesi e dormienza molto probabilmente è detenuto da un numero relativamente piccolo di cellule meristematiche indifferenziate, che

definiscono la strategia di sopravvivenza della pianta, inclusa la crescita vegetativa, la fioritura, la tolleranza all'aridità e la formazione di organi di accumulo. Occorrono maggiori approfondimenti in merito alla capacità regolatrice del meristema per capire meglio alcuni aspetti del ciclo vitale delle specie perenni, inclusi la summer dormancy, abilità alla essiccazione, la ripresa (*resurrection*) e la tolleranza all'aridità.

- *Implicazioni agronomiche delle strategie di sopravvivenza alla siccità.*

Il miglior ideotipo di graminacea perenne per le aree mediterranee asciutte aride e semi-aride dovrebbe combinare l'abilità a sopravvivere all'aridità estiva con una elevata produttività nel periodo freddo (inverno). La dormienza estiva è la più efficiente strategia per la sopravvivenza prolungata e la forte aridità estiva a prescindere dalle riserve idriche del suolo (Tab. 4.2). Al contrario, cultivar che non sono capaci di tollerare o evitare la disidratazione come la festuca rossa (*Festuca rubra* L.) sono poco adatte alle condizioni di siccità. Le piante foraggere con la più elevata capacità di sfuggire alla disidratazione (*dehydration avoidance*), come erba medica (*Medicago sativa* L.), falaride o festuca sono le più adatte ai suoli profondi. D'altra parte, la migliore tolleranza alla disidratazione conferisce il miglior adattamento ai suoli superficiali (Volaire, 2008).

La produttività nella stagione piovosa fredda influenza fortemente la produzione potenziale di foraggio, anche se la dormienza completa è stata associata per lo più a popolazioni con una bassa resa potenziale. Le graminacee dormienti sono state utilizzate nei vigneti e frutteti mediterranei dove la competizione per l'acqua da parte delle graminacee sarebbe minima durante l'estate e la competizione per i nutrienti nelle altre stagioni non sarebbe dannosa alle colture principali nelle altre stagioni. Ulteriori sforzi sarebbero necessari per sviluppare germoplasma adatto alla

produzione di foraggio negli ambienti aridi. La ricerca genetica per interrompere questa apparente associazione tra la completa dormienza e bassa produttività dovrebbe avere la priorità (Volaire et al., 2009). Questo materiale vegetale dovrebbe essere incluso in miscugli con leguminose annuali autoriseminanti per sviluppare piante foraggiere con una complementarietà funzionale per prolungare la persistenza e la produttività di prati e cover crops.

Tabella 4.2 – Sopravvivenza della pianta in condizioni di elevata aridità estiva associata con la combinazione di strategie di sopravvivenza all'aridità in una serie di graminacee perenni di ambienti temperati (da Volaire, 2008).

	Plant strategy			Drought survival	
	Dehydration delay	Dehydration tolerance	Summer dormancy	In shallow soils	In deep soils
Orchardgrass					
Semiarid	++	++++ ²	+++	++++	++++
Mediterranean	+++	+++	+	++	+++
Temperate	++	++	0	0	++
Tall fescue					
Semiarid	+++	+++	++	++	++++
Mediterranean	++++	++	+	+	+++
Temperate	+++	+	0	0	++
Lucerne	++++	+	0	+	+++
Red fescue turf	0	0	0	0	0

0, +, ++, +++, +++++ rappresentano l'incremento di efficienza per i diversi tipi di strategie messe in atto dalle piante e la sopravvivenza all'aridità che ne deriva in diverse condizioni di suolo

La dormienza estiva conferisce una resistenza maggiore all'aridità e può essere utilizzata per il raggiungimento di obiettivi di carattere agronomico ed ambientale, ma solo poche specie sono adatte a questo.

Altre ricerche sono necessarie per determinare il controllo genetico della dormienza estiva, per realizzare un programma di miglioramento genetico che crei cultivar innovative. La valutazione delle risorse genetiche locali ancora presenti negli ambienti del mediterraneo meridionale potrebbe migliorare dal momento che i tratti della dormienza estiva sembrano essere associati con materiale che si è originato principalmente in queste aree (Shaimi et al., 2009).

- *La ricerca australiana sulla graminacee foraggere perenni degli ambienti aridi*

Le principali specie tra le graminacee perenni delle regioni temperate sono state introdotte in Australia dall'Europa: *Lolium perenne* L., *Dactylis glomerata* L., *Lolium arundinaceum* (Schreb) Dumort, *Phalaris aquatica* L. (Harris e Clark, 2009).

Nie e Norton (2009) nell'ambito del convegno dedicato alla *summer dormancy in grasses (Stress tolerance and persistence of perennial grasses: the role of the summer dormancy trait in temperate Australia)* fanno il punto dell'importanza strategica delle graminacee foraggere perenni caratterizzate da dormienza estiva, per la foraggicoltura australiana.

Gli Autori sottolineano che vi è un crescente interesse verso i caratteri della dormienza estiva nelle specie graminacee a crescita invernale e primaverile (periodo più freddo) a causa degli effetti della siccità che ha afflitto le attività agricole che si esplicano in molte aree a clima di tipo mediterraneo. Gli studi circa il futuro corso del clima indicano un incremento in queste zone della frequenza e della severità del deficit idrico e dello stress termico (IPCC 2007). Riportano che circa il 6% delle aree pascolive australiane sono state create introducendo specie che oggi supportano il 41% dell'allevamento domestico australiano. Le specie introdotte (nell'area maggiormente coltivata dell'Australia come gli stati di Victoria e New South Wales a sud est del continente) sono produttive e di alta qualità ma purtroppo spesso la loro persistenza è bassa a causa della mancanza di tolleranza allo stress idrico; d'altra parte, la trasemina di specie graminacee nei pascoli non viene più effettuata a causa della scarsa capacità di adattamento delle specie introdotte. I cambiamenti climatici in atto in Australia e il trend che indica ulteriori cambiamenti ha rafforzato l'idea che si debbano ricercare specie da pascolo adatte a far fronte alle avverse condizioni climatiche.

Gli Autori riportano che dal 1910 la temperatura massima e minima è cresciuta in media di 0,7 e 1,1 °C rispettivamente e che questo trend si prevede che continui a salire nei prossimi 50-70 anni. Le precipitazioni presentano un trend variabile nel Sud Ovest rispetto al Sud Est, le previsioni indicano un aumento del 20% della siccità su gran parte dell'Australia entro il 2030. Nelle aree meridionali dell'Australia, caratterizzate da estate calda e siccitosa ed inverno freddo e piovoso (la piovosità media varia tra 450 mm e 830 mm annui, con una differenza annuale tra il minimo e il massimo della piovosità che oscilla tra 470 mm e 930 mm) tratti tipici del clima mediterraneo, vengono utilizzate quattro graminacee foraggere perenni: loietto inglese (*Lolium perenne* L.), falaride (*Phalaris aquatica* L.), festuca (*Lolium arundinaceum* (Scribn.) Darbysh), erba mazzolina (*Dactylis glomerata* L.). La prima specie, meno tollerante la siccità viene utilizzata nelle aree con maggiore piovosità o in condizioni irrigue; le altre specie negli ambienti più siccitosi. La persistenza della prima in generale declina già al terzo anno, quella del miscuglio delle altre specie presenta una maggiore persistenza (Fig. 4.3)

✓ Summer dormancy e persistenza

La dormienza estiva in *Dactylis glomerata* è stata studiata da Knight (1960) in Australia su genotipi ed ibridi provenienti dal Mediterraneo e dall'Europa del nord. Gli studi hanno identificato i tratti caratteristici della dormienza estiva (senescenza delle foglie, cessazione della crescita) nelle popolazioni di origine mediterranea ed fu notato che questo germoplasma fosse caratterizzato da una marcata capacità di sopravvivenza alla siccità estiva rispetto ai genotipi del nord Europa.

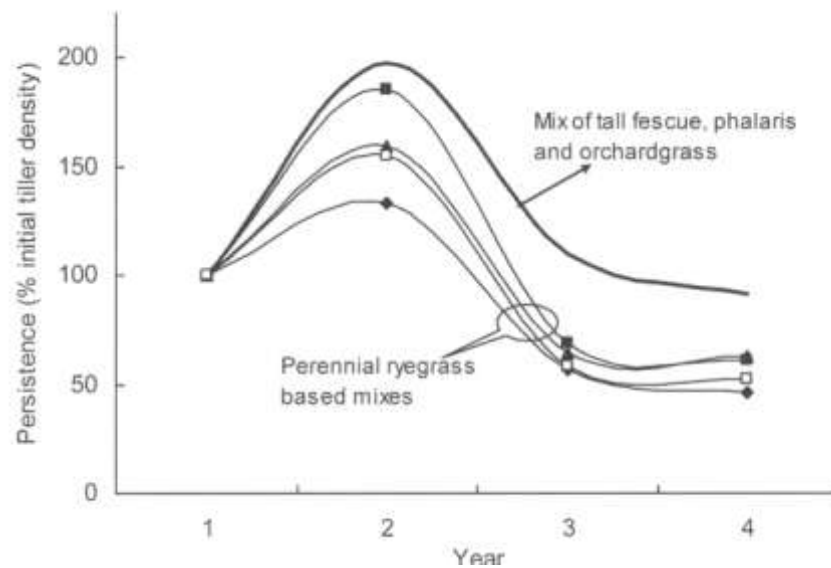


Figura 4.3 – Persistenza di pascoli costituiti da quattro miscugli di *Lolium* perenni e da un mix di festuca, falaride ed erba mazzolina (Da Nie e Norton, 2009)

Biddiscombe et al (1977) hanno preso in esame un'ampia gamma di specie per valutare gli effetti della *summer dormancy* sulla loro crescita e sulla persistenza nel sud ovest dell'Australia. In questi studi la dormienza estiva è stata misurata come rapporto tra numero di nuovi germogli per pianta/numero di germogli vitali per pianta 12 giorni dopo la rimozione della pianta dal campo e l'irrigazione nella tarda estate (febbraio); per cui più alto era il rapporto e più bassa la dormienza nella pianta. I risultati, a partire da una piovosità annua di 750 mm hanno mostrato che vi è una stretta relazione esponenziale negativa tra tale rapporto di dormienza e la sopravvivenza alla fine del 4° anno (Fig 4.4).

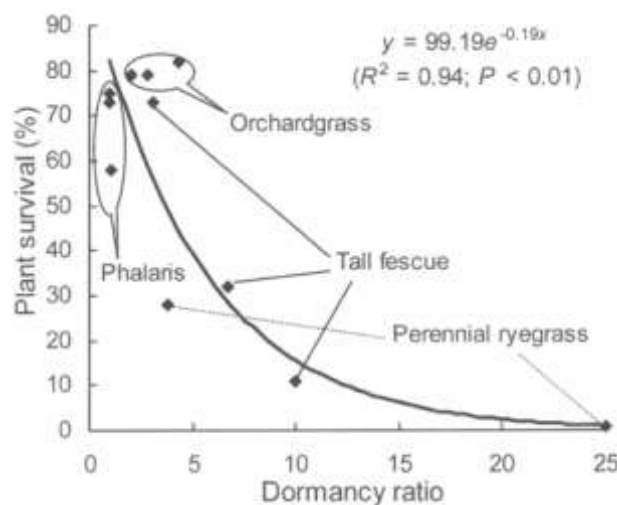


Figura 4.4 – Relazione tra dormancy ratio (rapporto tra numero di nuovi germogli per pianta e numero di germogli vitali per pianta 12 giorni dopo l'irrigazione alla fine dell'estate; un rapporto elevato indica una basa dormienza) e sopravvivenza delle piante (%) 4 anni dopo l'insediamento (da Nie e Norton, 2009).

I meccanismi correlati alla dormienza estiva sono stati descritti recentemente nella *Dactylis* da Volaire et al. (2005); Norton et al. (2006a). Questa risposta, evidente anche in condizioni irrigue, comprende: a) la cessazione della crescita, la senescenza della parte erbacea, riduzione della traspirazione e minor consumo dell'acqua nel suolo; b) incremento del livello di Deidrina³ e fructani che mantengono l'integrità delle pareti cellulari in condizioni di stress idrico.

Scarse sono le informazioni sulla dormienza estiva della festuca; le cultivar di questa specie sono indicate generalmente come attive in inverno se provengono dal Mediterraneo e attive in estate se di origine continentale.

Molto carenti sono le informazioni sulla dormienza estiva di altre graminacee perenni.

³ Le **Deidrine** sono una famiglia di proteine presenti nelle piante che vengono prodotte come risposta alle basse temperature e allo stress idrico. Esse agiscono proteggendo le membrane dai danni. La loro produzione è indotta da ABA (Acido abscissico) e in risposta alla concentrazione salina.

Poiché sono ricercate graminacee con caratteristiche di sopravvivenza e persistenza, c'è bisogno di specie che possano migliorare il pascolo. Per questo motivo c'è una forte domanda di specie che possano vegetare nel periodo estivo per colmare in deficit alimentare o che siano in grado di intercettare l'umidità nel profilo del suolo. In queste condizioni, sarebbe auspicabile disporre di piante dotate di attività vegetativa nel periodo estivo e di persistenza, anche se questo obiettivo sembra difficile da raggiungere con le graminacee delle zone temperate (che vegetano nella stagione fredda). Quindi, le specie perenni caratterizzate da dormienza estiva o attività vegetativa potrebbero essere considerate interessanti per un sistema pascolivo finché la loro tolleranza alla siccità e la persistenza non siano compromessi.

In attesa di raggiungere questo obiettivo, nel sud dell'Australia è stato condotto un progetto nazionale per valutare e selezionare specie perenni per l'elevata efficienza d'uso dell'acqua e la persistenza. La persistenza è stata valutata calcolando la percentuale di variazione nella frequenza da 2 a 4 anni (Fig. 4.5). E' stata riscontrata un'ampia variabilità tra le specie e cultivar esaminate in relazione alla persistenza che è stata raggruppata in tre livelli:

- persistenza superiore (riduzione della frequenza < 10%),
- persistenza ordinaria (riduzione della frequenza compresa tra il 10 e il 30%)
- scarsa persistenza (riduzione della frequenza > 30%).

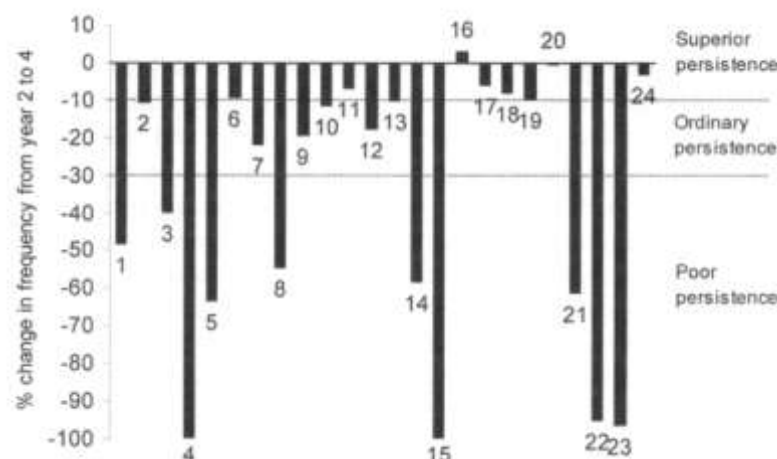


Figura 4.5 – Variazioni nella frequenza di diverse cultivar da pascolo da due a quattro anni dopo l'insediamento, in quattro ambienti, per le seguenti cultivar: 1) *Austrodanthonia richardsonii* (Cashmore) H.P.Linder cv. Ligule; 2) *Austrodanthonia richardsonii* (Cashmore) H.P.Linder cv. Taranna; 3) bromo cv. Gala; 4) *Chloris gayana* Kunth CV. Katambora; 5) cicoria cv Grouse; 6) *Dactylis glomerata* cv. Currie; 7) *Dactylis glomerata* cv. Porto; 8) *Ehrharta calycina* cv Mission; 9) *Festuca arundinacea* cv. Au Triumph; 10) *Festuca arundinacea* cv. Fraydo; 11) *Festuca arundinacea* cv. Resolute MaxP; 12) *Lolium perenne* cv Avalon; 13) *Lolium perenne* cv AVH4; 14) *Microlaena stiloide* cv. Wakefield; 15) *Panicum maximum* var. *trichoglume* cv. HAM14217; 16) *Pennisetum clandestinum* CV. Whittet; 17) *Phalaris* cv. Atlas PG; 18) *Phalaris* cv Australian; 19) *Phalaris* cv. Holdfast; 20) *Phalaris* cv. Landmaster; 21) *Plantago* cv. Tonic; 22) *Setaria* cv. Narok; 23) *Themeda triandra* cv. Yass; 24) *Thinopyrum ponticum* cv. Dundas (Da Nie e Norton, 2009)

Le cultivar che rientrano nella prima categoria ('persistenza superiore') comprendono la maggior parte delle specie di falaride *winter-active* (attive nel periodo invernale) e con dormienza estiva (per esempio 'Landmaster' e 'Atlas PG'), festuca ('Resolute' MaxP), e erba mazzolina ('Currie'), 'Dundas' (*Thinopyrum ponticum* (Podp) Z.W. Liu & Wangl) e 'Whitter' (*Pennisetum clandestinum* Hochst, ex Chiov.). Tra quelle con persistenza ordinaria (secondo gruppo) vi sono alcune festuche 'summer-active' (attive nel periodo estivo) ('AU Triumph'), erba mazzolina ('Porto'), e *Lolium* perenni, così come 'Taranna' (*Austrodanthonia richardsonii* (Cashmore) H.P.Linder), una graminacea della flora australiana. Le cultivar con scarsa persistenza (terzo gruppo) includono la maggior parte delle

‘warm-season-grasses’ (graminacee della stagione calda), Bromo catartico (*Bromus stamineus* Desv., sinonimo *Bromus catharticus* Vahl var. *elatus* (E. Desv.)) e alcune graminacee australiane. I risultati mostrano che la dormienza estiva svolge un ruolo chiave nel miglioramento della persistenza delle graminacee delle zone temperate, e che ci siano poche graminacee del tipo ‘summer-active’ (con attività vegetativa nel periodo estivo) e nello stesso tempo persistenti negli ambienti mediterranei aridità-soggetti.

✓ Profondità delle radici e persistenza

Le caratteristiche dell’apparato radicale come la profondità e la densità determinano il modo in cui il sistema radicale funziona e si struttura, ciò assume particolare importanza per le specie perenni nel far fronte allo stress ambientale (deficienza idrica e di nutrienti) nel corso delle stagioni e degli anni. A differenza delle leguminose perenni vi sono pochi studi sulla crescita radicale delle graminacee nel sud dell’Australia (per esempio Ridley e Simpson, 1994). Alcuni di questi studi (Greenwood e Hutchinson, 1988; Lodge e Murphy, 2006) hanno indagato l’impatto delle pratiche colturali come il pascolamento sulle caratteristiche della radice.

La profondità radicale è il fattore che meglio governa l'accessibilità della pianta all'acqua del suolo, ed è cruciale per la crescita e la persistenza. Negli studi di Nye et al (2008), in due località differenti per piovosità, tipologia di suolo e pendenza, è stata misurata la profondità radicale di 15 graminacee perenni e di un'erba annuale (Tab. 4.3).

Tabella 4.3- Profondità radicale media di cultivar diverse da pascolo saggiate in due località dell'Australia meridionale (Hamilton e Warrak) a maggio 2005. (Da Nie e Norton, 2009)

Species	Cultivar	Rooting depth		
		Hamilton	Warrak	Mean
		m		
<i>Phalaris aquatica</i>	Australian	1.50	0.88	1.19
<i>P. aquatica</i>	Atlas PG	1.49	0.84	1.16
<i>P. aquatica</i>	Holdfast	1.12	0.94	1.03
<i>P. aquatica</i>	Landmaster	1.47	1.11	1.29
<i>Dactylis glomerata</i>	Currie	0.93	0.81	0.87
<i>D. glomerata</i>	Porto	0.90	0.92	0.91
<i>Lolium arundinaceum</i>	Fraydo	1.28	0.89	1.09
<i>L. arundinaceum</i>	Resolute MaxP	1.43	0.91	1.17
<i>L. arundinaceum</i>	AU Triumph	1.39	0.96	1.18
<i>L. perenne</i>	AVH 4	1.05	0.76	0.90
<i>L. perenne</i>	Avalon	1.24	0.75	0.99
<i>Thinopyrum ponticum</i>	Dundas	1.32	0.75	1.03
<i>Bromus stamineus</i>	Gala	1.46	0.82	1.14
<i>Plantago lanceolata</i>	Tonic	1.06	0.88	0.97
<i>Microlaena stipoides</i>	Wakfield	1.12	0.71	0.92
<i>Pennisetum clandestinum</i>	Whittet	2.01	1.27	1.64

Le cultivar con il sistema radicale più profondo (più di 2 metri) è stata *Pennisetum clandestinum* e questo è probabilmente il motivo per cui questa graminacea a crescita estiva persiste bene. Falaride, festuca, bromo e *Thinopyrum ponticum* sono state inserite nel secondo gruppo con una profondità radicale compresa tra 1,3 e 1,5 m ad Hamilton e tra 0,8 e 1,1 m a Warrak. *Dactylis glomerata*, *Microlaena stipoides* e *Plantago* spp. costituiscono il terzo gruppo con un *range* tra medio e superficiale.

Nell'ambito delle graminacee di ambienti temperati è stata rilevata una differenza non rilevante nella profondità del sistema radicale tra le cultivar dormienti (summer-dormant) e non dormienti (summer-active).

✓ Gestione e persistenza

Nell'ambito di una gamma di pratiche colturali, la rimozione del deficit nutrizionale e un adeguato piano di pascolamento rappresentano i fattori chiave che possono contribuire alla tolleranza allo stress e alla sopravvivenza delle piante in condizioni di siccità (Kemp, 1994).

La fertilità del suolo costituisce un fattore molto importante e probabilmente il più facile da gestire. La correzione di qualche deficienza nutrizionale attraverso la somministrazione di elementi fertilizzanti è fondamentale per realizzare una ottimale composizione botanica, produzione e longevità del sistema pascolivo. Tuttavia, quando il deficit nutritivo non è un fattore limitante nel suolo, ulteriori applicazioni possono ancora far crescere la resa del pascolo ma hanno un basso impatto sulla persistenza. Incrementare la resa con la fertilizzazione è stata attuata in studi di Cullen et al. (2005), Nie et al. (2004) su festuca e falaride; questi studi non hanno dimostrato che la migliore nutrizione delle piante abbia comportato una maggior persistenza di queste.

La gestione del pascolamento influenza la composizione del pascolo e la sua densità. Il sovra pascolamento in condizioni di stress idrico nel periodo estivo ed autunnale nella maggior parte dei casi causa una riduzione della persistenza nel sud dell'Australia. Barker et al. (1991) hanno trovato che la persistenza della *Dactylis* veniva incrementata con un pascolamento turnato.

Nelle conclusioni alla rassegna sulla tolleranza allo stress idrico e termico e sulla persistenza di graminacee perenni, Nie e Norton hanno sottolineato come in alcune regioni del sud dell'Australia, caratterizzate da

un clima tipicamente mediterraneo (estate calda e secca, inverno freddo e piovoso), con una prospettiva di peggioramento di tali tratti, soprattutto in relativamente all'aridità estiva, l'uso di graminacee perenni arido-resistenti appaia estremamente raccomandabile. La *summer dormancy*, che è stata studiata in Australia a partire dagli anni '50, rappresenta un importante requisito per superare il deficit idrico e le elevate temperature estive. Mentre molte specie graminacee hanno una scarsa capacità di persistenza negli ambienti temperati, quelle dotate dei caratteri della *summer dormancy* hanno, in generale, una capacità superiore alle altre. E' stato dimostrato, infatti, uno stretto legame tra *summer dormancy* e sopravvivenza oltre la siccità estiva. Altri tratti come la profondità radicale e le pratiche colturali possono contribuire alla sopravvivenza e persistenza, soprattutto per alcune specie C3 e C4 *summer-active* (ad attività vegetativa estiva). I maggiori studi sulla *summer dormancy* si sono concentrati su *Dactylis glomerata*, ma molto lavoro resta da fare per ricercare nuove specie a dormienza estiva da combinare con le leguminose annuali autorisemianti.

- ✓ Le prospettive di impiego delle graminacee perenni nei sistemi agricoli della regione euro-mediterranea

Nelle regioni semiaride e aride del Mediterraneo meridionale le rotazioni, come è noto, sono molto semplici: cereali da granella-leguminose da granella, cereali-maggesi. Le graminacee perenni sono ben rappresentate nei pascoli e non coltivate. Le principali foraggere coltivate sono alcune graminacee e leguminose annuali: l'orzo (*Hordeum vulgare* L.), l'avena (*Avena sativa* L.), vecce (*Vicia* spp.), lupino (*Lupinus albus* L.), *Lolium multiflorum* Lam., trifoglio alessandrino (*Trifolium alexandrinum* L.). La ricerca di nuove opportunità, negli ultimi decenni, si è concentrata sulle leguminose autorisemianti e sul trifoglio sotterraneo. Le ricerche promosse

da ICARDA nelle regioni aride e i modelli australiani (“Ley-farming”) non hanno sortito particolare interesse se non a livello di ricerca (Cocks, 1990; Norwan et al, 2000; Porqueddu e Gonzalez, 2006). Nel sud dell’Europa i principali obiettivi da perseguire rimangono quindi quelli di sviluppare pascoli semipermanenti basati su miscugli di trifogli annuali e mediche. Tuttavia le ricerche recenti hanno messo in evidenza una certa attività di *breeding* in queste aree (Italia e Portogallo) a favore di erba mazzolina e festuca (Lelievre e Volaire, 2009) sottolineando, così come i ricercatori australiani, l’estremizzazione delle caratteristiche del clima mediterraneo verso una accentuazione della carenza idrica e dell’aumento della temperatura.

4.1 LA DORMIENZA ESTIVA (SUMMER DORMANCY) IN *DACTYLIS GLOMERATA* L.

E' noto che l'erba mazzolina sia una foraggera inquadrata come specie da prati avvicendati a motivo della sua poliennalità, cioè della sua capacità di sopravvivere per più anni, grazie alla presenza di gemme poste a livello del suolo, che rimangono vitali anche quando, apparentemente, la pianta, durante il periodo più difficile (l'estate nelle regioni temperate), muore. Tali meccanismi di sopravvivenza sono stati utilizzati da Raunkiaer per una classificazione ecologica delle specie vegetali basata sulla posizione delle gemme vitali (Forme biologiche). Le specie erbacee perennanti appartengono alla forma biologica delle 'emicriptofite' (letteralmente: piante in parte nascoste) che raggruppa le specie che affidano la loro sopravvivenza alle gemme poste al livello del suolo, da cui, quando le condizioni ambientali ritornano favorevoli, si ricostituisce l'apparato vegetativo.

Le specie dotate di questi meccanismi ecologici non possono sopravvivere a lungo in ambienti caratterizzati da periodi prolungati di carenza idrica. *Dactylis glomerata*, pur non sfuggendo a questa regola, tollera periodi anche lunghi di deficit idrico grazie alla estrinsecazione di meccanismi di adattamento quali la dormienza estiva, la riduzione della taglia della pianta, ecc. Gli studi su questo argomento sono vasti e denotano l'importanza foraggera della specie. L'obiettivo delle ricerche è quello di individuare questi meccanismi per sfruttarli in programmi di miglioramento genetico o per selezionare ecotipi più resistenti, o capaci di vegetare anche in condizioni difficili, ma anche quello di individuare gradienti di adattamento in relazione alle variazioni climatiche che fanno di *Dactylis glomerata* una delle specie erbacee più presente in tutti gli areali del mondo.

Trejo-Caldaza e O'Connell (2005), hanno utilizzato il polimorfismo nella lunghezza del frammento di restrizione per valutare la diversità genetica in sei popolazioni di *Dactylis glomerata* raccolte in Israele in due aree geografiche differenti con l'obiettivo di verificare l'ipotesi che i geni siccità-sensibili avrebbero una diversità genetica più alta nelle popolazioni adattate agli ambienti aridi. I geni siccità-sensibili e non-sensibili sono stati isolati sotto forma di cDNAs dalle foglie della *Dactylis glomerata*. Le popolazioni della suddetta foraggera raccolte nella regione arida del sud di Israele hanno manifestato una diversità genetica maggiore per i geni siccità-sensibili che le popolazioni delle piante raccolte nella regione mediterranea (nord Israele). Le popolazioni raccolte nella regione mediterranea hanno fatto accertare una diversità genetica maggiore per i geni della non-sensibilità alla siccità.

La resistenza alla siccità è definita generalmente come la capacità di mantenere la capacità produttiva in condizioni di moderato deficit idrico (Turner 1997). Viceversa, la tolleranza ad un intenso e prolungata deficit idrico determina la sopravvivenza della pianta (Blum 1996). Nelle zone mediterranee sottoposte ad un severo deficit idrico estivo, la sopravvivenza varia notevolmente sia tra che all'interno delle specie erbacee perenni: questa variabilità è presente anche in *Dactylis glomerata* (Volaire, 1995; Volaire e Lelievre, 1997; Volaire et al., 1998). Per evitare la morte degli apici vegetativi, i genotipi arido resistenti di *Dactylis* mettono in atto una combinazione di strategie di adattamento per ritardare la disidratazione aumentando lo sviluppo della radice e quindi la captazione dell'acqua (Garwood e Sinclair 1979, Volaire e Lelievre 2001) e limitando la perdita di acqua accelerando la senescenza della maggior parte dei tessuti aerei (Volaire ed altri. 1998a). La resistenza alla disidratazione, inoltre, si manifesta attraverso la capacità dei tessuti meristemati di tollerare un basso stato idrico grazie all'accumulo di soluti e al meccanismo

dell' *osmotic adjustment* (Volaire ed altri. 1998b). La dormienza, che è una sospensione provvisoria dello sviluppo visibile di strutture contenenti meristemi (Lang ed altri. 1987) si manifesta durante l'estate in alcune erbacee perenni (Laude 1953, Salisbury 1961, McWilliam 1968) ed è collegata alla sopravvivenza negli ambienti semi aridi (Oram, 1983; Ofir, 1986). E' stato dimostrato come una delle cultivar di *Dactylis* (cv. Medly) più resistenti all'aridità, ma non dormiente, manifesti una capacità di sopravvivenza inferiore a quella di una specie a dormienza estiva, *Poa bulbosa*, che presenta una piena tolleranza all'aridità (Ofir e Kigel, 1998; Volare et al., 2001). Vengono messe in atto, inoltre, strategie per la resistenza all'aridità che coinvolgono sia meccanismi di protezione che di riparazione (Bewley, 1995) il mantenimento della stabilità delle membrane potrebbe costituire un aspetto critico dell'adattamento (Blum e Ebercon 1981), poiché le membrane costituiscono il punto in cui si manifestano più chiaramente gli effetti del disseccamento (Leopold et al., 1981; McKersie e Leshem 1994).

La risposta in termini di tolleranza al disseccamento nelle piante soggette a stress da freddo, alla siccità o alla salinità , coinvolgono l'attivazione di una gamma di geni (Kuang ed altri. 1995) fra i quali, alcuni codificano per la sintesi di polipeptidi analogamente a quanto avviene nell'espressione delle proteine durante l'embriogenesi tardiva (Bray, 1993, Bartels et al., 1996). Le Dehidrine sono un sottofamiglia di queste proteine "che determinano l'embriogenesi ritardata", che si accumulano in qualche specie disidratate (Close, 1996; Ismail et al., 1999). Queste proteine possono svolgere un ruolo nella protezione di altre proteine o membrane, quindi conservare l'integrità strutturale (Dure 1993, Close, 1997). Possono anche funzionare come regolatori del potenziale osmotico delle cellule (Nylander et al., 2001) e completano la protezione realizzata tramite l'accumulo del saccarosio (Scott, 2000).

La sperimentazione realizzata sia in ambiente controllato che in campo, attraverso un progressivo aumento delle condizioni di deficit idrico ha potuto confrontare i genotipi di *Dactylis* a dormienza estiva, resistenti alla siccità e sensibili alla siccità con l'obiettivo principale di analizzare lo stato idrico della pianta, la stabilità della membrana e l'accumulo delle dehydrine nei tessuti meristemati e correlare questi caratteri con la capacità dei genotipi di sopravvivere in condizioni di siccità severa. L'analisi dell'allungamento della foglia e della senescenza dei tessuti aerei hanno indicato che la dormienza è stata estrinsecata dalla cultivar con il carattere della dormienza soltanto nelle prove di campo (e non in quelle in ambiente controllato). Questa cultivar ha mostrato un alto tasso di sopravvivenza, Allo stesso livello di deficit idrico del suolo, non sono state rilevate differenze tra cultivar non-dormienti e resistenti alla siccità e sensibili alla siccità per lo stato idrico della pianta e stabilità delle membrane. Tuttavia, l'accumulo delle Dehydrine con il progressivo aumento del deficit idrico è palesemente differente tra queste cultivar ed è stato associato con la loro differente sopravvivenza.

5. *DACTYLIS GLOMERATA* L.: MONOGRAFIA DELLA SPECIE

5.1 INQUADRAMENTO BOTANICO E DESCRIZIONE

5.1.1 *Inquadramento botanico*

Originaria dell'Europa e delle zone temperate asiatiche e africane, l'erba mazzolina (*Dactylis glomerata* L.) è una graminacea d'importanza mondiale e, certamente, tra le più interessanti per quasi tutti gli ambienti italiani. Il suo largo areale di diffusione è dovuto, secondo Stebbins (1959), alla sua costituzione poliploide in quanto essa deriverebbe dall'ibridazione di due specie (che dovrebbero essere considerate come ecotipi sulla base della loro interfertilità): *Dactylis Aschersoniana* e *Dactylis Woronowii*, entrambe diploidi con $2n=14$. L'anfidiploide *Dactylis glomerata* è intermedio nelle caratteristiche morfologiche tra le predette specie che vivono rispettivamente, la prima nelle foreste dell'Europa centro-settentrionale e sud-orientale la seconda nelle steppe semiaride dell'Asia sud-occidentale. Anche Jay e Lumaret (1995) considerano che la specie sia

un buon esempio tra le graminacee, di un complesso poliploide intraspecifico.

Dactylis glomerata è considerata come unica specie del genere (Hitchcock, 1950):

Divisione: Phanerogame

Sottodivisione: Angiosperme

Classe: Monocotyledones

Ordine: Glumiflore

Famiglia: Gramineae

Sottofamiglia *Festucoideae*,

Tribù *Festuceae*

Genere: *Dactylis*

Specie: *Glomerata* L.

Il GRIN (Germplasm Resources Information Network) (<http://www.ars-grin.gov/cgi-bin/npgs/html/splist.>) così codifica la suddetta specie:

1. *Dactylis glomerata* L.
Synonyms:
 - (=) *Dactylis glaucescens* Willd.
 - (=) *Dactylis glomerata* var. *ibizensis* ined.?
 - (=) *Dactylis glomerata* var. *lusitanica* ined.?
 - (=) *Dactylis glomerata* var. *varonwii* Ovcz.?
2. *Dactylis glomerata* subsp. *aschersoniana* (Graebn.) Thell.
= *Dactylis glomerata* subsp. *lobata* (Drejer) H. Lindb.
3. *Dactylis glomerata* subsp. *glomerata*
4. *Dactylis glomerata* subsp. *himalayensis* Domin
5. *Dactylis glomerata* var. *hispanica* (Roth) W. D. J. Koch
= *Dactylis glomerata* subsp. *hispanica* (Roth) Nyman
6. *Dactylis glomerata* subsp. *hispanica* (Roth) Nyman
Synonyms:
 - (≡) *Dactylis glomerata* var. *hispanica* (Roth) W. D. J. Koch
 - (≡) *Dactylis hispanica* Roth
7. *Dactylis glomerata* var. *ibizensis* ined.?
= *Dactylis glomerata* L.

8. *Dactylis glomerata* subsp. *ibizensis* (Gand.) Stebbins & Zohary
9. *Dactylis glomerata* subsp. *judaica* Stebbins & Zohary
10. *Dactylis glomerata* subsp. *juncinella* (Bory) Boiss.
11. *Dactylis glomerata* var. *lobata* Drejer
= *Dactylis glomerata* subsp. *lobata* (Drejer) H. Lindb.
12. *Dactylis glomerata* subsp. *lobata* (Drejer) H. Lindb.
Synonyms:
 - (=) *Dactylis aschersoniana* Graebn.
 - (=) *Dactylis glomerata* subsp. *aschersoniana* (Graebn.) Thell.
 - (≡) *Dactylis glomerata* var. *lobata* Drejer
 - (=) *Dactylis glomerata* subsp. *polygama* (Horv.) Domin
 - (=) *Dactylis polygama* Horv.
13. *Dactylis glomerata* var. *lusitanica* ined.?
= *Dactylis glomerata* L.
14. *Dactylis glomerata* subsp. *lusitanica* Stebbins & Zohary
15. *Dactylis glomerata* subsp. *maritima* (Hack.) K. Richt.
= *Dactylis marina* Borrill
16. *Dactylis glomerata* subsp. *polygama* (Horv.) Domin
= *Dactylis glomerata* subsp. *lobata* (Drejer) H. Lindb.
17. *Dactylis glomerata* subsp. *santai* Stebbins & Zohary
18. *Dactylis glomerata* subsp. *smithii* (Link) Stebbins & Zohary
19. *Dactylis glomerata* var. *varonwii* Ovcz.?
= *Dactylis glomerata* L.
20. *Dactylis glomerata* subsp. *woronowii* (Ovcz.) Stebbins & Zohary
Synonyms:
 - (≡) *Dactylis woronowii* Ovcz.
21. *Dactylis hispanica* Roth
= *Dactylis glomerata* subsp. *hispanica* (Roth) Nyman
22. *Dactylis hispanica* var. *maritima* Hack.
= *Dactylis marina* Borrill
23. *Dactylis hispida* Thunb.
= *Tribolium hispidum* (Thunb.) Desv.
24. *Dactylis lobata* M. Bieb.
= *Koeleria brevis* Steven
25. *Dactylis marina* Borrill
Synonyms:
 - (=) *Dactylis glomerata* subsp. *maritima* (Hack.) K. Richt.
 - (=) *Dactylis hispanica* var. *maritima* Hack.
 - (=) *Dactylis maritima* (Hack.) Rivas Mart.
26. *Dactylis maritima* Curtis
= *Spartina maritima* (Curtis) Fernald
27. *Dactylis maritima* (Hack.) Rivas Mart.
= *Dactylis marina* Borrill

28. Dactylis memphitica Spreng.
= Cutandia memphitica (Spreng.) K. Richt.
29. Dactylis polygama Horv.
= Dactylis glomerata subsp. lobata (Drejer) H. Lindb.
30. Dactylis repens Desf.
= Aeluropus lagopoides (L.) Thwaites
31. Dactylis spp.
32. Dactylis spicata Willd.
= Elytrophorus spicatus (Willd.) A. Camus
33. Dactylis woronowii Ovcz.
= Dactylis glomerata subsp. woronowii (Ovcz.) Stebbins & Zohary

La specie è originaria delle regioni dell'Europa e delle zone temperate asiatiche e africane ma risulta naturalizzata in altri continenti:

Nativa:

- AFRICA
Nord Africa: Algeria; *Egitto*, Libia; Marocco; Tunisia
- ASIA-TEMPERATA
Ovest Asia: Afghanistan; Cipro; Iran; Iraq; Israele; Giordania; Libano; Siria; Turchia
Caucaso: Armenia; Azerbaijan; Georgia; Federazione Russa - Ciscaucasia, Dagestan
Siberia: Federazione Russa - Est Siberia, Ovest Siberia
Asia centrale: Kazakhstan; Kyrgyzstan; Tajikistan; Turkmenistan; Uzbekistan
Mongolia: Mongolia
- ASIA-TROPICALE
Sub continente indiano: India; Pakistan
- EUROPE
Nord Europa: Denmark; Finland; Ireland; Norway; Sweden; United Kingdom
Europe centrale: Austria; Belgio; Cecoslovacchia; Germania; Ungheria; Olanda; Polonia; Svizzera

Est Europa: Estonia; Lituania; Moldavia; Federazione Russa – parte europea; Ucraina

Sud est Europa: Bulgaria; Jugoslavia; Italia; Romania

Sud ovest Europa: Francia; Portogallo; Spagna.

Naturalizzata

- AUSTRALASIA

Australia: Australia

Nuova Zelanda: Nuova Zelanda

- NORD AMERICA

Stati Uniti

- PACIFICO

Nord-centro Pacifico: Stati Uniti .- Hawaii

- SUD AMERICA

Centro America: America centrale

Sud America

- SUD AFRICA

5.1.2 Descrizione

Le graminacee foraggere degli ambienti temperati sono caratterizzate da un apparato radicale estremamente fascicolato che si ancora tenacemente al suolo migliorandone la struttura. Nella maggioranza delle specie le radici non si spingono in profondità e si rinnovano di anno in anno, dopo la stasi estiva, disponendosi con il tempo sempre più superficialmente con conseguente aumento della sensibilità alla siccità. Fa eccezione l'erba mazzolina dotata di un apparato radicale profondo e persistente che gli conferisce una maggiore resistenza alla siccità. I culmi eretti e appiattiti alla base, articolati in nodi ed internodi, tanto più lunghi

quanto più ci si allontana dalla parte basale, possono raggiungere anche i 140 cm di altezza (Fig 5.1).



Fig.- 5.1 Pianta di *Dactylis* a sviluppo completo.

Formano cespi robusti e compatti di colore verde glauco e, a seguito del fenomeno dell'accestimento, riempiono spesso ogni spazio, formando un cotico continuo adatto al pascolamento. Le foglie scabre, formate da una guaina che abbraccia lo stelo, sono allungate, strette e parallelinervie. La ligula è bianca e molto lunga, mentre le orecchiette di norma presenti nelle altre graminacee non si riscontrano in tale specie (Fig.- 5.2). Il numero massimo di

foglie è di 3-5 (in primavera). L'infiorescenza della *Dactylis* è un panico ramificato, presenta fiori riuniti in spighe che si dispongono caratteristicamente a mazzetti e sono provviste di 2-6 fiori (Fig. 5.3). I

semi sono molto piccoli (peso 1.000 semi=1,1g) vestiti, brevemente ristati e incurvati, di facile distacco dal rachide dopo la maturazione.



Fig.- 5.2 Particolare di ligula
(www.missouriplants.com)



Fig.- 5.3 Particolare di una
infiorescenza (Foto DACPA)

5.2 BIOLOGIA

Il ciclo delle graminacee pratensi comporta, come quello delle cereali, tre fasi principali:

- la fase vegetativa (dalla germinazione alla fine dell'accestimento),
- la fase riproduttiva (dalla differenziazione degli apici fioriferi alla fecondazione),
- la fase di maturazione del seme.

Le graminacee si differenziano tuttavia dai cereali per due importanti aspetti:

- la ripetuta utilizzazione che, asportando la maggior parte degli apparati aerei, perturba fortemente il ciclo escludendo l'andata a seme e dando luogo a più ricacci in un anno;
- la perennità che (fatta qualche eccezione), ogni anno, permette la ripresa di una nuova serie di cicli.

La germinazione, in genere, è più lenta di quella dei cereali richiedendo per la *Dactylis* 10-12 giorni. Essa esige un elevato grado di umidità. L'accestimento è la fase più importante e delicata delle graminacee perché condiziona la futura produzione. Dopo l'emergenza, dai meristemi basali di ciascuna, si differenzia un nuovo culmo che emette radici avventizie le quali, contribuendo alla nutrizione, favoriscono l'ulteriore differenziazione di culmi, foglie e radici. Il processo si arresta solo per la crescente competizione fra i culmi e con il passaggio di quelli più vecchi allo stadio riproduttivo. Nei cicli successivi si assiste ad un nuovo accestimento, condizionato dal numero di gemme risparmiate dall'utilizzazione precedente. Le gemme più vecchie (florigene) e quelle più giovani (vegetative) entrano in competizione nutrizionale tra loro. In seguito a ciò, ed anche per un'azione di tipo ormonale, si ha il predominio dei culmi riproduttivi che inibiscono quelli vegetativi (o pseudoculmi) e fanno volgere decisamente la pianta verso la levata rapida, a scapito dell'offerta foraggera. Tale tendenza può essere contrastata con interventi agronomici, come la concimazione azotata (che favorisce gli pseudoculmi) o l'asportazione delle iniziali delle infiorescenze per mezzo di un pascolamento (che interrompe la produzione degli ormoni fiorigeni). La fase riproduttiva, che inizia già durante l'accestimento, viene identificata dai seguenti stadi:

- stadio A (inizio levata): apparizione, all'interno della guaina, del primo abbozzo dell'apice vegetativo che si evidenzia. E' lo stadio ottimale per la concimazione azotata;

- stadio B (inizio levata rapida): apici vegetativi che manifestano gli abbozzi delle glume. E' lo stadio ottimale per il pascolamento;
- stadio C inizio dell'organizzazione delle spighette (abbozzi degli stami e dell'ovario);
- stadio D: meiosi;
- stadio E (inizio spigatura): fuoriuscita delle infiorescenze dalle guaine del culmo principale. E' questo lo stadio ottimale, soprattutto dal punto di vista qualitativo, per l'utilizzazione a sfalcio;
- stadio F (fioritura): apertura dei fiori con fuoriuscita degli stami (Fig. 5.4)



Fig. 5.4 Fioritura
(www.missouriplants.com)

L'importanza della fase riproduttiva aumenta rallentando il ritmo di utilizzazione. Qualora la pianta non venga utilizzata, inizia la fase della formazione e della maturazione delle cariossidi, che richiama le sostanze nutritive e fa disseccare parte degli organi vegetativi (ma non l'intera pianta come nei cereali, in quanto le basi dei culmi, con relative

radici restano vive). Si ha così un ricaccio, la cui importanza dipende dalle riserve di carboidrati, dall'attività del sistema radicale e dalle condizioni di

temperatura e umidità. Quando, invece, la pianta viene utilizzata per foraggio (sfalcio, pascolamento), il ricaccio avviene più rapidamente in relazione al livello di riserve glucidiche nelle radici e, soprattutto, all'attività fotosintetica delle parti verdi risparmiate. Dopo una fase caratterizzata da un bilancio assimilazione-consumo negativo si ristabilisce l'equilibrio e successivamente un bilancio positivo. Per ottenere un elevato tasso di crescita, l'elemento chiave è il mantenimento di una superficie fogliare in grado di intercettare pienamente la radiazione solare. Quindi bisogna fare attenzione al fattore "ritmo di utilizzazione" che dovrebbe corrispondere all'intervallo di crescita necessario per la rinnovazione delle foglie presenti al momento del taglio. Diminuendo gli intervalli fra le defogliazioni, la pianta assume un portamento più prostrato, riduce la dimensione delle lamine fogliari e concentra il grosso della fitomassa negli strati inferiori del manto vegetale. Per migliorare la perennità e la produttività della pianta è dunque necessario astenersi da tagli troppo frequenti, ma anche da quelli troppo distanziati nel tempo che comportano perdite per accumulo di tessuti senescenti fra le utilizzazioni. In ogni caso, la longevità della *Dactylis* è sensibilmente superiore a quella delle leguminose in genere (Talamucci, 2002).

5.3 ESIGENZE AMBIENTALI

Riguardo alle esigenze termiche, esse sono più modeste rispetto alle leguminose. Lo zero di vegetazione per *Dactylis glomerata* è di 6-7°C. La massima temperatura di accrescimento è di 35°C. La somma di temperatura occorrente per le varie fasi di sviluppo va dai 1.450 ai 1.650°C a seconda della precocità della cultivar. Knievel e Smith (1973) hanno dimostrato come in *Dactylis* la temperatura influenza notevolmente il tasso di maturazione, il tasso di crescita, la resa, l'accestimento, l'area fogliare, il

peso specifico fogliare e la ripartizione della sostanza secca. Ad esclusione del tasso di maturazione e della distribuzione della sostanza secca, ciascun parametro risulta massimo in regime di temperature di 18/10°C (giorno/notte) ovvero di 32/24°C con un abbassamento della temperatura a 18/10°C in fase di inizio spigatura. Il fillocrono (somma termica per l'emissione di una lamina fogliare) risulta di 130-200°C. Il tempo di emissione di una foglia è di 5-7 giorni. Alcuni tipi di *Dactylis glomerata* risultano essere fortemente condizionate dal termostadio, infatti non spigano se non dopo aver passato l'inverno e per questo vengono dette non alternative. Altre, invece, sono capaci, in semina primaverile, di spigare nello stesso anno e vengono dette alternative. Nelle semine primaverili per assicurarsi una buona fogliosità, fin dal primo anno, conviene impiegare varietà non alternative. Nei riguardi del fotoperiodo la *Dactylis* sembrerebbe fotoindifferente ma alcune varietà tardive risultano preferire condizioni di giorno lungo.

5.4 TECNICA COLTURALE

5.4.1 Preparazione del terreno

Per la preparazione del terreno, la tecnica da adottare è quella della lavorazione principale, seguita da lavori complementari di preparazione prima della semina. La profondità di lavorazione deve essere messa in relazione con la natura del suolo. Fattore particolarmente da attenzionare nei terreni argillosi è la profondità di aratura che deve essere effettuata ad una profondità intorno ai 40-45 cm. La *Dactylis* risulta essere alquanto aggressiva, controlla bene le erbe infestanti sia in coltura pura che in consociazione e si presta bene a miscugli oligofiti o polifiti con erba medica, lupinella e sulla. La gamma di precocità (intervallo in giorni fra la spigatura

della varietà più precoce e quella della varietà più tardiva nell'ambito di una medesima specie) è molto ampia, infatti si estende per oltre un mese.

5.4.6 Seme e semina

La semina deve avvenire preferenzialmente a fine estate-inizio autunno, in modo da ottenere un impianto rapido e un buon accestimento pre-invernale. In alcuni ambienti, soprattutto quelli caratterizzati da inverni rigidi, possono essere preferibili impianti primaverili. Questo tipo di semina, che va effettuata nel corso del mese di marzo per evitare gelate tardive (l'erba mazzolina è sensibile ai ritorni di freddo) e garantire un sufficiente accrescimento prima della siccità estiva, è particolarmente consigliata soprattutto nel caso si utilizzino varietà non alternative. La modalità di impianto rappresenta un'importante condizione di successo, anche perché i semi, essendo molto piccoli e rivestiti da involucri glumeali, incontrano difficoltà nella germinazione. Per tutta questa serie di motivi si rende necessaria una rullatura pre e post semina per impedire l'eccessivo approfondimento del seme e per farvi aderire bene le particelle di terreno con conseguente maggior richiamo dell'umidità. La quantità di seme per ettaro è di circa 30-40 kg, posti ad una profondità di 0,5-1cm e righe distanti 15-20 cm.

Per fornire indicazioni relative alla scelta del genotipo nel triennio 1978-1980 presso l'Azienda di Stato delle foreste demaniali di Belluno, a 221m slm sono state valutate le caratteristiche agronomiche di alcune popolazioni spontanee, raccolte in prati e pascoli della montagna veneta, appartenenti alle specie: *Dactylis glomerata*, *Arrhenatherum elatius*, *Festuca arundinacea* e *Brachypodium pinnatum*. Tra le popolazioni prese in esame si è osservato un ampio periodo di precocità all'interno del quale le popolazioni si sono distribuite con buona uniformità.

La diversa distribuzione della produzione tra i vari tagli dell'annata ha permesso di individuare forme spontanee adatte a formare prati (*Arrhenatherum elatius*, *Dactylis glomerata*, *Festuca arundinacea*.) ed altre per pascoli (*Dactylis glomerata*). Soprattutto per quanto riguarda *Dactylis glomerata*, presente in prova con un numero elevato di popolazioni locali, il materiale ha mostrato di possedere un'elevata variabilità per cui potrebbe risultare utile per programmi di miglioramento genetico. Nell'ambito delle popolazioni di *Dactylis glomerata*, la "gamma di precocità" fu nel 1979 di 20 giorni; nel 1980 invece a causa delle temperature più fredde registrate in primavera nei confronti dell'anno precedente, la gamma di precocità risultò accorciata di 20 giorni (Ziliotto e Testolin, 1982). Per le altre specie in esame non si riscontrarono nei due anni sostanziali differenze. Infine, nella media delle varie tesi (popolazioni spontanee e cultivar) presenti per ciascuna specie, *Dactylis glomerata* risultò, in entrambe le annate, sensibilmente più precoce delle altre tre che, invece, non presentarono in generale sostanziali differenze di precocità. La produzione complessiva di sostanza secca in *Dactylis glomerata* è risultata, nella media della prova, di 28,2 t/ha. In media *Dactylis glomerata* e *Festuca arundinacea* hanno fornito nell'anno di impianto una produzione superiore, almeno apparentemente, a quella di *Arrhenatherum elatius* confermando che le prime due specie presentano un insediamento più veloce. Al secondo anno ed al terzo, invece, le produzioni medie delle tre specie non hanno presentato sensibili differenze. In linea di massima, nell'ambito delle specie foraggere, tra le caratteristiche distintive dei tipi da pascolo da quelli da prato, assume notevole importanza la distribuzione della produzione dell'annata. Dai primi infatti è richiesta la predisposizione a distribuire la produzione in modo uniforme durante l'intero arco della stagione vegetativa; dai secondi invece, soprattutto nel caso in cui si voglia insilare il primo taglio oppure quando il clima sfavorevole limita il periodo vegetativo, è desiderata la

concentrazione della produzione nel taglio potenzialmente più produttivo che corrisponde, generalmente, al primo della stagione. Sulla base di tali considerazioni appare quindi interessante sottolineare come nell'ambito delle tesi di *Dactylis glomerata* si sono potute individuare popolazioni con attitudini per l'impiego a prato ed altre per quello a pascolo, diversamente per le altre due specie la cui unica destinazione sembra essere il prato.

Nel 1974 il Ministero Dell'Agricoltura e Foreste ha promosso una sperimentazione per determinare il valore agronomico di tutte le varietà di graminacee foraggere iscritte in quel momento nel Registro Nazionale. La sperimentazione è stata effettuata con la collaborazione di 9 Istituti di ricerca ed ha interessato 10 località ubicate lungo tutta la penisola italiana. La ricerca ha interessato 11 specie di graminacee foraggere nell'ambito delle quali sono state prese in considerazione 100 varietà. La prova è stata condotta in asciutto ed i caratteri rilevati sono stati la produzione di sostanza secca (q/ha), la data di spigatura e il ricoprimento specifico nel periodo autunnale. Il ricoprimento specifico autunnale a quattro anni dall'impianto è risultato superiore al 75% solo in quattro specie tra cui *Dactylis glomerata*. Per quanto riguarda la produzione media per ettaro e per anno fornita dalle diverse specie è risultata molto differente nel senso che le specie più produttive sono risultate *Festuca arundinacea* con 103q e *Dactylis glomerata* con 81q (Falcinelli e Lorenzetti, 1980). Sul confronto tra varietà all'interno della specie relativamente a *Dactylis* (di cui sono state utilizzate 5 varietà) sono state rilevate alcune differenze. La varietà più precoce è risultata Aries mentre la più tardiva Taurus; in seno alle varietà italiane la più precoce è apparsa Dora la più tardiva Marta. La più produttiva si è rivelata Dora con 101 q/ha di sostanza secca mentre la meno produttiva è stata Dagoma con 71 q/ha. La varietà Cesarina a quattro anni dall'impianto ha fatto registrare il più alto ricoprimento specifico (97%) Nel complesso sono risultate agronomicamente valide alcune varietà

francesi come Aries, Prius e Floreal. Il panorama varietale attuale risulta molto ampio. E' costituito da varietà di origine europea, americana ed australiana; nel Registro Ufficiale Europeo ne risultano inserite un'ottantina, in quello italiano 25. Per quanto riguarda le principali caratteristiche di alcune varietà di erba mazzolina fra le più diffuse in Italia, tra le precoci si ricorda Dora, di chiare origini italiane, la cui spigatura avviene indicativamente tra il 25-30 aprile; presenta una produttività elevata ed una media resistenza alle malattie; di taglia elevata e portamento eretto ha un'ottima persistenza ed è adatta allo sfalcio. Tra le intermedie Cesarina, anch'essa italiana, spiga indicativamente verso il 5-10 maggio, ha produttività elevata ed una buona resistenza alle malattie; Dorise, cultivar olandese spiga indicativamente tra il 5-10 maggio, ha una media produttività ed una buona resistenza alle malattie ed al freddo. Tra le tardive c'è Prairal, cultivar francese, spiga indicativamente tra il 13-18 maggio, ha una media produttività, una buona resistenza alle malattie ed è adatta al pascolamento. E' particolarmente idonea alla consociazione soprattutto con erba medica. (Betti et al., 1992). Riguardo le consociazioni di due o più foraggiere non solo si tende ad avere un foraggio più rispondente alle esigenze alimentari di una zootecnia moderna, ma anche ad utilizzare al meglio le caratteristiche pedoclimatiche dell'ambiente in cui si opera al fine di ottenere rese più costanti nel tempo e qualitativamente più equilibrate. Con i prati oligofiti di leguminose e graminacee si possono inoltre avere, come è noto, incrementi della fertilità del suolo sia per l'azione combinata fisica e chimico-biologico, sia per la possibilità di utilizzo da parte delle graminacee di parte dell'azoto di fissazione microbiologica per le componenti leguminose. La scelta delle specie da consociare non può prescindere dalla attenta valutazione dei reciproci rapporti di competizione e di mutualismo che tra esse intercorrono. Sono state condotte numerose ricerche ed in una di queste, condotta a Foggia, sono state messe a

confronto sei combinazioni binarie di due leguminose (*Medicago sativa* L. e *Onobrychis vicaefolia* Scop.) e tre graminacee (*Festuca arundinacea*, *Phalaris tuberosa* e *Dactylis glomerata*). Nel confronto fra le consociazioni, si sono distinte la medica e *Dactylis*, con il miglior valore produttivo (33 t/ha). Da notare che fra la migliore e la peggiore delle consociazioni è emerso un divario produttivo di 12,2 t/ha di s.s. (De Giorgio et al.,1991) La superiorità produttiva delle consociazioni dove è presente la *Dactylis glomerata*, trova in letteratura altre conferme (Talamucci,1975) In una prova condotta dal 1964 al 1969 dall'Istituto di Agronomia e coltivazioni erbacee di Padova, per osservare il comportamento di dodici cultivar di *Dactylis glomerata* in coltura asciutta, è stato messo in evidenza che la caratteristica di maggiore interesse nella differenziazione delle varie cultivar è risultata la precocità (Ziliotto, 1969) dalla quale sembra dipendere, più o meno direttamente, la variabilità riscontrata nelle altre caratteristiche agronomiche. Per valutare il carattere "precocità" sono stati scelti come parametri le fasi di "inizio spigatura" e "spigatura media." La prima segna l'inizio dell'epoca ottimale per ottenere del foraggio qualitativamente molto pregevole senza che ciò provochi una eccessiva limitazione della produttività di sostanza secca. Questo rilievo permette di effettuare una graduatoria di precocità delle cultivar in sperimentazione, offrendo cioè la possibilità, attraverso la scelta di determinate varietà, di scalare nel tempo, la produzione del primo taglio. Lo stadio di spigatura media segna l'epoca limite dell'aumento della produttività senza che ciò vada a scapito della qualità e della appetibilità del foraggio. L'intervallo di tempo che intercorre tra i due stadi fisiologici fornisce perciò la durata del periodo più opportuno ad ottenere, dallo sfalcio primaverile, la produzione migliore sia sotto l'aspetto qualitativo che quantitativo. I risultati ottenuti hanno rilevato un ordine di precocità secondo cui le varie cultivar sono giunte allo stadio di inizio spigatura. Si è presentata, quindi, la possibilità di formare

una graduatoria delle cultivar in prova e nell'ambito di questa graduatoria suddividerle in 5 gruppi di diversa precocità. Le cultivar francesi Montpellier e Aries sono le più precoci, a queste fanno seguito Germinal (precoce) e leggermente più tardive Floreal ed L22 (semiprecoci). Tra le tardive si riscontrano Chantemille, Taurus e Prairal (Gallais, 1966 e Aldrich, 1963 e 1968). Nell'ambito di alcuni gruppi poi, si sono messe in evidenza differenze significative anche tra le singole cultivar. Nel primo gruppo Montpellier risultata nettamente più precoce di Aries e, tra le cultivar tardive Chantemille più precoce di Prairal.

5.4.7 Concimazione

Le rilevanti asportazioni di elementi nutritivi consigliano una concimazione di fondo completa ed adeguata alla produttività e alla longevità del prato. In terreni fertili e profondi l'erba mazzolina è, tra le graminacee foraggere perenni, una delle più produttive, seconda solo alla festuca, a condizione che il terreno sia sufficientemente dotato di azoto, fosforo e potassio. Pertanto è utile apportare:

- all'aratura, oltre alla concimazione organica con letame, 50-100 kg/ha di fosforo; se il letame non è disponibile nei terreni poveri o con livelli appena sufficienti di fosforo e potassio occorre somministrare 100-150 kg/ha di P e 150-250 kg/ha di K;
- alla semina 30-50 kg/ha di azoto;
- in copertura 50-100 kg/ha di P e 100-250 kg/ha di K da distribuirsi all'uscita dall'inverno annualmente o ogni due-tre anni in funzione della dotazione del terreno;
- alla levata 50-80 kg/ha di azoto, nell'anno d'impianto, in caso di semina primaverile e negli ambienti più favoriti dove si prevede una produzione apprezzabile fin dal primo anno. Negli anni

successivi 100-250 kg/ha di azoto utilizzando le dosi più elevate negli ambienti irrigui e più fertili (Betti et al., 1992).

In una prova condotta dall'Istituto Sperimentale per le Colture foraggere di Lodi, è stata dimostrata l'efficacia della concimazione azotata nell'aumentare le rese di sostanza secca. Incrementi produttivi possono manifestarsi fino a dosi di 400 kg/ha in concomitanza con cultivar e momenti vegetativi capaci di utilizzarli, ma il limite di convenienza si arresta intorno ai 200 kg/ha (Onofri, 1988). I quantitativi indicati possono essere distribuiti con un solo intervento all'uscita dall'inverno, oppure divisi in due somministrazioni di cui una a fine inverno (50%) e l'altra dopo il primo sfalcio se il terreno è ancora sufficientemente umido. In coltura irrigua è molto utile un ulteriore frazionamento della concimazione.

5.4.8 Raccolta ed utilizzazione del prodotto

Alcune caratteristiche dei prati e dei pascoli rendono particolare il problema della loro utilizzazione. Si tratta di colture di medio e lungo periodo che forniscono pertanto risorse rinnovabili nel tempo, condizionate a loro volta dalla sequenza stessa delle utilizzazioni. Il prodotto erba non ha di per sé alcun valore, lo acquista soltanto nella trasformazione zootecnica, ed è caratterizzato da tenori in sostanza secca e qualità piuttosto variabili che influenzano in modo determinante le possibilità di utilizzazione e la stessa conservazione. Il produrre erba non è altro che una delle funzioni svolte da prati e pascoli, essendo da tempo riconosciuti a queste colture importanti ruoli agronomici, protettivi e, più recentemente, anche ambientali e paesaggistico-territoriali. Per tutte queste ragioni le modalità di utilizzazione dei prati e dei pascoli non possono essere intese semplicemente come l'ultimo anello di un processo produttivo foraggero. Esse infatti, incidendo sulla struttura della pianta o del popolamento, condizionano strettamente il ciclo e le potenzialità

produttive, la qualità delle stesse produzioni, l'efficacia degli interventi di tecnica colturale, la durata della risorsa stessa e quindi, in molte situazioni, il destino delle superfici prato-pascolive. Le modalità di utilizzazione stimolano risposte diverse nell'erba, che si comporta come un'entità dinamica, essendo in grado di rimpiazzare, anche in brevi intervalli di tempo, le foglie e i culmi asportati. (Cavallero e Ciotti, 1991) L'utilizzazione può determinare modificazioni sensibili a carico dei culmi. L'asporto dell'apice florale determina un'attenuazione della dominanza dei culmi riproduttivi a vantaggio di quelli vegetativi, di norma più numerosi, che, continuando così il loro accrescimento, concorrono in modo determinante ad aumentare la densità della cotica. A questo riguardo in *Dactylis glomerata* la produzione di culmi nuovi si concentra nella stagione fredda e in primavera, così che nei mesi successivi la densità si riduce in misura più o meno accentuata in relazione alla severità di utilizzazione, e ciò, risulterebbe particolarmente evidente quando l'intervallo tra le defogliazioni è prossimo alle due settimane (Knight, 1970). Per tutte le specie la frequenza delle utilizzazioni comporta una riduzione della taglia dovuta alla minore lunghezza degli internodi e delle lamine fogliari ed un aumento dell'angolo di inserzione delle foglie, in modo tale da offrire nel complesso un portamento più prostrato e una maggiore fittezza della cotica (Davies, 1988). Nelle graminacee perenni i culmi hanno vita limitata nel tempo; secondo Taylor e Templeton un culmo fertile di *Dactylis glomerata* produce in totale circa 15 foglie, mentre uno vegetativo, più longevo, ne produce 22. In ogni caso in questa specie la vita di un culmo non supera un'intera stagione produttiva (Parsons et al., 1989).

Con una buona tecnica colturale la produzione annua di *Dactylis* può raggiungere 10-12 t/ha di sostanza secca. L'utilizzazione primaverile può avvenire tramite:

- pascolo per cui l'erba deve essere alta non meno di 10-15cm;

- sfalcio il cui momento ottimale coincide con la fase iniziale di spigatura, in quanto successivamente diminuiscono le proteine e aumentano i costituenti meno digeribili.

L'erba mazzolina ha una bassa attitudine ad andare a seme nei ricacci estivi-autunnali e, rispetto ad altre specie, rimane verde, quindi appetibile a lungo. Oltre che somministrata verde o affienata, l'erba mazzolina può essere anche insilata. In questo caso, poiché rispetto ad altre graminacee è relativamente povera di zuccheri e ricca di proteine l'insilamento risulta meno agevole e pertanto è consigliabile procedere a un preappassimento in campo (Betti et al 1992.).

5.4.9 Epoca di sfalcio

Nel biennio 1987/88 è stata condotta una prova nella pedocollina di Reggio Emilia allo scopo di individuare l'epoca ottimale di primo taglio su 4 cultivar di graminacee prative di cui due di *Dactylis glomerata* (Dora e Prairal, la prima precoce e la seconda tardiva) e due di *Pheolum pratense* (Toro e Alpage, la prima precoce e la seconda tardiva). Sia la *Dactylis* che il fleolo hanno fornito le rese massime di energia (tra loro, peraltro, molto simili) tra il 18 e 20 maggio, quando le cv della prima specie erano in fase di completa spigatura-fioritura e quelle della seconda erano in botticella-inizio spigatura. Si deve peraltro considerare errata la prassi ormai consolidata di indicare l'epoca ottimale di raccolta delle graminacee prative facendo riferimento allo stadio vegetativo della pianta, indipendentemente dalla tardività della specie. La produzione al primo taglio è risultata crescente ritardando la raccolta; il beneficio più evidente si è osservato su Prairal. Relativamente alle due cultivar di *Dactylis* la produzione è aumentata passando dalla botticella alla spigatura (+25%) e da questa alla fioritura (+40%), mentre per il fleolo sembrerebbe che già alla botticella fosse stata raggiunta la produzione massima. Per quanto riguarda il

confronto fra le specie si segnala una certa superiorità della *Dactylis* sul fleolo (+12% sulle produzioni massime.). Per quanto riguarda i maggiori parametri qualitativi del foraggio riferiti al taglio primaverile di Dora e Toro, i dati del fleolo sono costantemente migliori di quelli della *Dactylis* (maggiore tenore proteico, minor contenuto di fibra grezza dal quale discendono più elevati valori di digeribilità e di UFL). Il peggioramento qualitativo del foraggio è più evidente per l'essenza più tardiva. A parità di stadio vegetativo (ad es. botticella), si sono rilevate differenze notevoli tra le specie relativamente al tenore di protidi grezzi (16% per *Dactylis*, 11% per fleolo), mentre per quanto riguarda il contenuto di fibra grezza, la digeribilità e l'energia del foraggio si sono registrati valori abbastanza simili. La produzione di sostanza secca del primo taglio della *Dactylis* è aumentata sino a circa due settimane oltre la fioritura, mentre nel fleolo la resa massima è stata realizzata in corrispondenza della fioritura. La produzione di sostanza secca ottenuta in botticella è risultata pari al 38% di quella massima in Dora, al 50% in Prairal, al 74% in Toro e al 84% in Alpage in altri termini l'accumulo di sostanza secca si è verificato nella fase fenologica di "pianta in erba" in misura tanto maggiore quanto più l'essenza è tardiva. L'analisi qualitativa del foraggio ottenuto è stata effettuata su tutti i tagli ottenendo i seguenti risultati: per la sostanza secca il fattore che ha influito maggiormente è stato l'andamento climatico che ha contraddistinto i vari periodi. Contro valori del 22-28% registrati nelle prime cinque epoche di taglio primaverile, si sono rilevate percentuali del 38-43% per le tre successive epoche, sino al 50% per le ultime due. Il foraggio del fleolo ha presentato un tenore di sostanza secca superiore a quello della *Dactylis*, in particolare nelle ultime epoche di raccolta. Il titolo proteico del foraggio del taglio primaverile è diminuito nettamente passando dalla prima (24-25% sul secco) alla sesta epoca (10-11%) ed in seguito ha manifestato una ulteriore leggera flessione e non si sono riscontrate differenze sostanziali di

comportamento fra le quattro cultivar. Il contenuto in fibra grezza è aumentato linearmente dalla prima alla quinta epoca in entrambe le specie (dal 24-26% al 34-36% sulla sostanza secca), mentre in seguito si è osservato un andamento piuttosto differenziato con un ulteriore aumento fino al 40% in *Dactylis* ed una sostanziale stazionarietà di valori nel fleolo. La digeribilità della sostanza organica ed il contenuto di U.F.L. della sostanza secca sono diminuite con il ritardo della raccolta, in modo più marcato per la *Dactylis* nei confronti del fleolo. La produzione di U.F.L. nella *Dactylis* è aumentata in modo evidente sino alla fioritura, mentre nel fleolo già alla fase di botticella si è raggiunto il 90-95% dell'energia massima ottenibile. I risultati della prova mettono in evidenza che la produzione e la qualità del foraggio del taglio primaverile delle graminacee prative sono soprattutto influenzate dalla durata del periodo che va dal risveglio vegetativo al momento dello sfalcio, mentre assai meno importante è il ruolo dello stadio fenologico della pianta. Ciò si deduce dall'analogia di risultati ottenuti da essenze di precocità molto diversa raccolte alla stessa data. Per la produzione di sostanza secca si può indicativamente stimare che "l'effetto giorni" sia pari a 2,5 volte "l'effetto fasi fenologiche". Su questo risultato certamente pesa anche il fatto che le essenze più tardive svolgono le fasi più avanzate del ciclo in condizioni climatiche meno favorevoli. Per la qualità del foraggio valgono circa le stesse considerazioni nel senso che il foraggio peggiora più con il passare del tempo che in funzione del raggiungimento di determinati stadi fenologici. Queste considerazioni mettono in luce l'imprecisione della definizione dell'epoca ottimale del taglio primaverile nelle graminacee prative basandosi esclusivamente sull'indicazione della fase fenologica della pianta alla raccolta. Sembrerebbe più opportuno far riferimento per ogni comprensorio a specifiche date, che non subirebbero delle sensibili variazioni in funzione delle specie utilizzate (qualità del foraggio) In

definitiva per realizzare la maggior produzione di U.F.L. risulta conveniente effettuare il taglio primaverile intorno al 20 maggio con Dora in fioritura e Toro nella fase di botticella-spigatura. Il fleolo sarebbe da preferire alla *Dactylis* poiché a parità di produzione di U.F.L. presenta un foraggio più energetico. E' inoltre da segnalare il tenore di sostanza secca del foraggio, compreso tra il 22 ed il 26%, un valore non del tutto sufficiente per un favorevole risultato dell'insilamento. Basterebbero comunque poche ore di appassimento in campo, onde innalzare il tenore di sostanza secca, oltre il 30% per annullare ogni perdita di percolazione e per il buon andamento delle fermentazioni (Vecchietini et al., 1991).

6. LA CARATTERIZZAZIONE GENETICA DEL GERMOPLASMA VEGETALE

6.2 I MARCATORI MOLECOLARI PER LA CARATTERIZZAZIONE GENOMICA

L'avvento dell'analisi molecolare ha rivoluzionato gli studi convenzionali basati sull'anatomia, sulla morfologia e sulla fisiologia delle cellule, dei tessuti, degli organi e degli organismi viventi, fino ad arrivare agli acidi nucleici e ai loro costituenti. Come per gli studi basati su caratteri fenotipici, anche nel campo dell'analisi molecolare è possibile scegliere un diverso livello di approfondimento. Dallo studio del nucleo cellulare nella sua interezza, si può procedere allo studio dei cromosomi, del DNA, dell'RNA, della sequenza delle basi azotate che le costituiscono, delle mutazioni di tali sequenze, dell'informazione che tali sequenze conservano, dei frammenti di DNA derivanti da tagli effettuati con enzimi di restrizione, ecc.. Ad ogni livello di approfondimento corrisponde una diversa metodologia molecolare più o meno informativa.

Il campo di applicazione delle metodologie molecolari abbraccia tutta la “life science” o scienza della vita: DNA umano, di animali, vegetali, lieviti, virus, viroidi, proteine.

Alcune tecniche molecolari si basano sulla ricerca di polimorfismi e sull'utilizzo di “marcatori molecolari” che puntano principalmente allo studio della variabilità genetica, all'identificazione parentale e all'identificazione varietale.

I marcatori molecolari, rispetto ad altre categorie di marcatori (marcatori morfologici o marcatori biochimici), hanno il vantaggio di analizzare direttamente il genoma giacchè non sono influenzati né dall'ambiente esterno né dalla tipologia cellulare. Per tali caratteristiche essi, oltre ad essere un valido strumento per l'identificazione varietale, vengono utilizzati come supporto fondamentale nei programmi di miglioramento genetico. Inoltre, rappresentano un mezzo efficace nella valutazione del livello di diversità genetica esistente all'interno di una specie o tra specie affini. Con il loro utilizzo è possibile attuare strategie di valorizzazione e tutela della biodiversità, nonché di accertare variabilità genetica non sempre riscontrata a livello fenotipico.

I vari marcatori molecolari possono essere classificati in differenti gruppi basati su:

- a) modalità di trasmissione (eredità nucleare biparentale, eredità nucleare materna, eredità materna o paterna da organello);
- b) modalità di “azione” del gene (marcatori domonanti o co-dominanti);
- c) metodo di analisi (marcatori hybridization-based o PCR-based).

Tra i marcatori molecolari più utilizzati, basati sull'ibridazione, ricordiamo i “*Restriction Fragment Length Polymorphism*” (RFLP, Polimorfismi della Lunghezza dei Frammenti di Restrizione) che sono stati per la prima volta utilizzati nel 1975 per identificare polimorfismi nella

sequenza di DNA di serotipi di adenovirus (Grodzicker et al., 1975) e successivamente adottati anche per i genomi vegetali (Helentjaris et al., 1986). Ancora oggi sono considerati validi per gli studi di filogenesi e di caratterizzazione molecolare e varietale, perché permettono di evidenziare polimorfismi tra due o più individui a confronto a carico di una regione del genoma riconoscibile da una sonda specifica. Gli RFLP si evidenziano grazie alle differenze di peso molecolare di frammenti di restrizione omologhi ottenuti digerendo il DNA con enzimi di restrizione.

La tecnica prevede 4 passaggi:

- digestione del DNA con uno o più frammenti di restrizione,
- separazione dei frammenti di restrizione mediante elettroforesi in gel di agarosio,
- trasferimento dei frammenti separati dal gel ad un filtro attraverso Southern blotting,
- individuazione del frammento di interesse tramite ibridazione del DNA con una sonda marcata specifica.

Il sistema di rilevazione successivo può essere l'autoradiografia in caso di sonde marcate con radioattivo, oppure mediante reazioni colorimetriche o che emettono fluorescenza.

L'invenzione, ad opera di Kary Mullis (1983), della “*Polymerase Chain Reaction*” (reazione a catena della polimerasi) o PCR, oltre a rivoluzionare l'intera biologia molecolare, ha permesso lo sviluppo dei marcatori basati su questa tecnica.

La PCR consiste nell'amplificazione o nella replicazione enzimatica di frammenti di DNA attraverso l'enzima *Taq* polimerasi e l'azione di brevi oligonucleotidi (primer) che fungono da innesco.

La PCR si basa su tre fasi fondamentali:

- denaturazione che consiste nel sottoporre il DNA ad alte temperature (92-95°C) in modo da separare la doppia elica in singoli filamenti;

- ligazione che è la fase durante la quale i primer si legano a regioni complementari del DNA template; tale reazione avviene generalmente a temperature comprese tra 45 - 60 °C;

- estensione che consiste nel sintetizzare, alla temperatura di 72°C (a volte 68°C), il filamento complementare partendo dalla sequenza del primer attraverso la polimerasi

I cicli di riscaldamento e raffreddamento sono ripetuti diverse volte in maniera da ottenere un incremento esponenziale nel numero di copie di una specifica sequenza.

I prodotti della reazione di amplificazione vengono separati attraverso un'elettroforesi su gel di agarosio o acrilammide, o ancora tramite sequenziatori automatici (l'elettroforesi avviene attraverso un sottile capillare).

I maggiori vantaggi delle tecniche basate sulla PCR rispetto a quelle basate sull'ibridazione includono:

- una minor quantità di DNA necessaria per l'analisi;
- non utilizzo, nella maggior parte dei casi, di sostanze radioattive;
- facile utilizzo della tecnica giacché non viene richiesta la conoscenza di sequenze specifiche; elevato polimorfismo e capacità di generare un numero elevato di marcatori in poco tempo.

Tra i marcatori, basati sulla reazione a catena della polimerasi, sono da annoverare:

- i microsatelliti o SSR (single sequence repeats) che risultano tra i più affidabili e di semplice utilizzo. Gli SSR (Tautz et al., 1986) sono costituiti da unità nucleotidiche di 2-8 bp (paia di basi),

ripetute un numero variabile di volte ed ubiquitarie nel genoma; il numero di ripetizioni è estremamente variabile e ciò li rende marcatori altamente polimorfici. I polimorfismi sono causati da variazioni nel numero di unità ripetute all'interno dei microsatelliti.

- i RAPD (*Random Amplified Polimorphic DNA*) che sono basati sull'amplificazione casuale del DNA polimorfico e consistono nell'utilizzo di oligonucleotidi a sequenza casuale che innescano la reazione di amplificazione a catena del DNA a partire da regioni omologhe al primer stesso. I primer determinano diversi prodotti di amplificazione per genomi differenti anche per un solo nucleotide. Nel caso in cui vi siano delezioni o sostituzioni di basi nei siti di appaiamento del primer viene impedita la reazione di amplificazione e quindi la visualizzazione di una o più bande. Qualora, invece, le delezioni o sostituzioni interessino tratti di DNA genomico compresi tra due siti di appaiamento dei primer, si otterranno variazioni nella lunghezza del prodotto di amplificazione.

I prodotti della reazione di amplificazione vengono separati tramite elettroforesi su gel di agarosio ed evidenziati tramite colorazione con bromuro di etidio. La potenzialità del metodo risulta abbastanza evidente ove si consideri:

- la piccola quantità di DNA necessario (tra 10 e 30 ng, 100 volte inferiore a quello richiesto per il metodo *RFLP*);
- la quantità di polimorfismi evidenziabili che si può ritenere illimitata;
- la possibilità di utilizzare lo stesso set di primer per una grande varietà di specie;

- la relativa semplicità dei profili elettroforetici ottenuti i cui parametri fondamentali (sequenza del primer e dimensione della banda polimorfica) possono essere facilmente scambiati tra laboratori diversi (Williams *et al.*, 1990).

L'analisi *RAPD*, grazie alla sua semplicità, in pochi anni è stata ampiamente adottata in diversi settori della biologia molecolare. Una delle applicazioni più interessanti che coinvolgono i *RAPD* è la costruzione di mappe genetiche. Per contro i *RAPD* sono sensibili a molti fattori esterni che li rendono alquanto irripetibili. A tal proposito occorre dire che la non riproducibilità è la causa principale che ha portato al quasi totale abbandono di questa tecnica favorendo l'applicazione di tecniche riproducibili come gli *AFLP*.

Gli *Amplified Fragment Length Polymorphism* (AFLP, polimorfismi della lunghezza dei frammenti amplificati) sono una recente categoria di marcatori messa a punto da Vos *et al.* (1995). Una delle peculiarità degli AFLP è data dal fatto che è possibile analizzare contemporaneamente molte regioni differenti di DNA distribuite in modo casuale nel genoma. Per questa caratteristica gli AFLP trovano diverse applicazioni in studi di rispondenza varietale o per verificare il livello di similarità tra diversi individui e tra popolazioni, oltre che, per studiare le linee evolutive o per l'individuazione di marcatori legati al sesso (Tracey *et al.*, 2004). Sono marcatori dominanti ed hanno il vantaggio di essere estremamente polimorfici e abbondanti nel genoma. Gli f-AFLP, la variante fluorescente, possono essere applicati anche a genomi di cui si conosce poco o niente e consentono di individuare una quantità superiore di polimorfismi rispetto ad altre metodologie. Infine i saggi effettuati su un campione possono essere ripetuti a riconferma dei dati ottenuti.

L'elettroforesi capillare in fluorescenza possiede un grande potere analitico e consente di analizzare un elevato numero di campioni

contemporaneamente. Si possono dunque ottenere fingerprinting ad alta risoluzione con una metodica rapida e riproducibile. L'elevata accuratezza di questo metodo permette di distinguere frammenti la cui lunghezza differisce anche di un solo paio di basi, permettendo quindi di discriminare tra specie altamente correlate. Attraverso l'elettroforesi capillare vengono separati i frammenti a lunghezza differente che vengono quindi visualizzati in un elettroferogramma il quale visualizza anche l'andamento della corsa elettroforetica di uno standard di riferimento aggiunto ai campioni. La posizione dei picchi evidenziati rappresenta la presenza di un frammento e l'insieme dei picchi rappresenta il fingerprinting di quello specifico organismo, unico ed irripetibile. Il numero di picchi che può essere rilevato da una reazione AFLP è molto alto ed è necessario adattare il programma della PCR selettiva allo scopo di selezionare un numero di frammenti tale da poter essere analizzato all'analizzatore genetico. Le combinazioni di primer utilizzate per amplificare differenti sub-set di frammenti di restrizione produce differenti fingerprint.

La tecnica degli f-AFLP è basata su un processo costituito dalle seguenti fasi successive: (Fig. 6.1) estrazione del DNA genomico;

- digestione del DNA genomico attraverso enzimi di restrizione. In

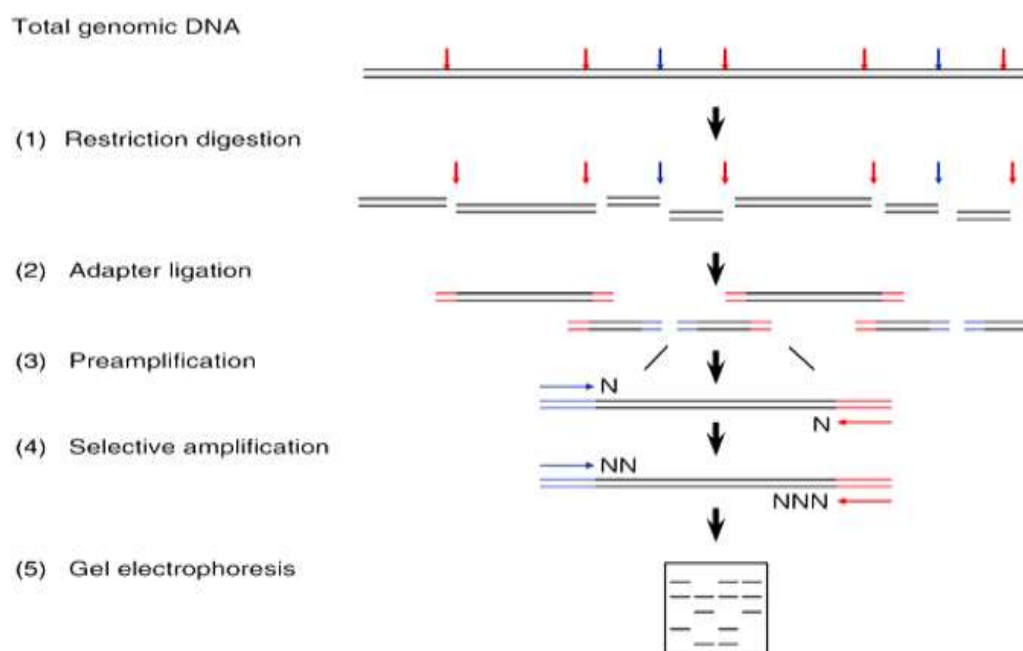


Fig 6.1. Workflow dell'analisi AFLP da Chial (2008)

questa fase si creano dei frammenti di DNA le cui estremità sono a sequenza nota;

- ligazione degli adattatori con estremità coesive complementari ai tagli effettuati dagli enzimi di restrizione e una sequenza nota (circa 20 nucleotidi);
- amplificazione preselettiva dei frammenti attraverso PCR con primer aventi all'estremità 3' un nucleotide "selettivo";
- amplificazione selettiva dei frammenti con aggiunta di primer di cui almeno uno marcato con un fluoroforo, con numero di nucleotidi selettivi al 3' da 1 a 3 ;
- separazione dei frammenti attraverso elettroforesi capillare;
- analisi dei frammenti per l'individuazione di polimorfismi.

7. SCOPO DELLA RICERCA

La sostituzione delle vecchie popolazioni coltivate con le varietà, certamente più produttive, ma a base genetica più ristretta, la distruzione di habitat naturali e di interi ecosistemi a seguito dell'estendersi delle zone coltivate, delle città e delle strade, l'eliminazione delle forme selvatiche di molte specie coltivate con le moderne pratiche colturali, ha portato ad una drastica diminuzione delle fonti di variabilità (Mooney, 1979; Hawkes, 1981). L'erosione genetica e i rimedi da adottare per frenarla sono diventati oggetto di discussione anche fra i 'non addetti ai lavori' (Falcinelli et al., 1983).

Il problema riguarda anche, sia pure in misura minore rispetto ad altre specie coltivate, le graminacee foraggere dove il sistema riproduttivo (si tratta, per la maggior parte, di specie allogame) facilita lo scambio di geni fra piante delle varietà coltivate e quelle degli insediamenti naturali. Nei paesi dove la foraggicoltura è più avanzata, infatti, già si nota il progressivo esaurimento della variabilità (Zeven, 1981) e la necessità di preservarla con la stessa attenzione riservata ad altre specie coltivate (Novoselova, 1977; Duyvendak e Luesink, 1981).

Il bacino del Mediterraneo, pur essendo interessato al fenomeno dell'erosione genetica così come tutto l'Occidente, rappresenta ancora oggi uno degli ecosistemi con la maggiore diversificazione, grazie alle caratteristiche climatiche che lo contraddistinguono (Pignatti, 2000) e al fatto che in ampi comprensori la produzione zootecnica e quella foraggera connessa è legata a vecchi schemi e a pratiche millenarie che hanno tuttavia il pregio di mantenere elevate le condizioni di 'naturalità' dell'ambiente. Ne è testimonianza il fatto che negli ultimi anni le riserve fitogenetiche del Mediterraneo hanno rappresentato una fonte privilegiata di variabilità per vasti programmi di miglioramento di specie foraggere realizzati in Australia (Fara et al., 1997, White et al, 1959).

In Italia, dove il lavoro di miglioramento genetico delle graminacee foraggere è stato avviato solo negli ultimi vent'anni, la raccolta, la valutazione e la conservazione di germoplasma assume una importanza particolare in quanto, ai problemi su esposti, si aggiunge il possibile «inquinamento» del pool genico dei tipi spontanei ad opera di polline di materiali importati (Cenci, 1973; Lorenzetti, 1982).

L'utilizzazione di *Dactylis glomerata* L. e di altre graminacee poliennali in ambiente mediterraneo asciutto richiede la disponibilità di varietà caratterizzate da elevata capacità di sopravvivenza ai severi stress idrici e termini estivi e da distinta attitudine alla produzione nella stagione autunno-vernina, quando, pur in presenza di temperature sub-ottimali, le disponibilità idriche non sono generalmente un fattore limitante. Secondo il prof. Piano (1997), varietà che possiedano in modo spiccato queste prerogative non sono state ancora costituite nel nostro Paese, sicchè gli unici materiali commerciali utilizzabili sono rappresentati da alcune varietà australiane (Piano et al., l.c.). Ai fini della costituzione di varietà dotate delle richieste caratteristiche di adattamento, le popolazioni locali possono ovviamente costituire un affidabile materiale genetico di base (Piano et al.,

l.c.). Nell'area mediterranea queste popolazioni afferiscono soprattutto alle sspp. *glomerata* L. e *hispanica* (Roth) Nyman. Sufficientemente distinte sotto l'aspetto morfo-fisiologico, ma interfertili (Lumaret, 1988), esse rivestono entrambe notevole interesse nei programmi di selezione (Volaire, 1991).

Dactylis glomerata L., come detto, è specie originaria delle zone temperate asiatiche e africane. Pianta vivace, di taglia alta (60-140 cm) dotata di sistema radicale profondo e persistente, provvista di cespi robusti e compatti. Ha una longevità compresa tra i 5 e gli 8 anni ed un'elevata produttività. La composizione chimica del foraggio è più che soddisfacente e l'appetibilità buona.

Il grande adattamento di questa specie è dovuto all'ampia variabilità di forme naturali. Risulta assai diffusa allo stato spontaneo negli ambienti asciutti dell'Italia meridionale ed in Sicilia dove, al pari di altre specie, è rinvenibile nelle più diverse condizioni di clima e di terreno.

La generalizzata presenza della specie nella flora spontanea costituisce senza dubbio un indice della sua ampia adattabilità ecologica ed avvalora le favorevoli prospettive sulle possibilità di utilizzazione quale coltura foraggera da prato o da pascolo. Alla realizzazione di tali prospettive, soprattutto nelle aree asciutte, un contributo rilevante, com'è noto, può essere offerto, direttamente od indirettamente attraverso il miglioramento genetico, dalla utilizzazione delle popolazioni locali e cioè dai biotipi differenziati sotto l'azione selettiva dei fattori del clima, nei confronti dei quali, in linea generale, le graminacee hanno "cicli vitali e periodi stagionale di accrescimento strettamente adattati" (Lorenzetti, 1968). Tali considerazioni fanno stimare utile l'esame di germoplasma siciliano di *Dactylis glomerata* dal momento che, sia pure nel contesto generale del clima caldo-arido, la Sicilia offre, per la sua posizione geografica e configurazione orografica, una notevole varietà di ambienti ecologici tra

loro differenziati per temperatura e suo decorso, piovosità e relativa distribuzione, nei quali tuttavia la suddetta specie è sempre presente.

Per raggiungere l'obiettivo di valorizzare a scopo riproduttivo le risorse genetiche indigene è indispensabile valutare la variabilità genetica presente nel germoplasma reperibile in una determinata regione. Le variazioni presenti in *D. glomerata* dal punto di vista delle caratteristiche morfologiche, modelli distributivi, adattivi, agronomici e alloenzimici, sono ben documentati in letteratura (Lumaret et al. 1987; Lumaret e Borrientos 1990; Sahuquillo e Lumaret 1995; Volaire e Thomas 1995; Volaire 1995; Bretagnolle e Thompson 1996; Gauthier et al. 1998; Gauthier e Lumaret 1999; Lindner et al. 1999; Sugiyama e Nakashima 1999; Tosun et al. 2002).

Le tecniche di analisi del DNA, che sono state usate con successo nel valutare la diversità genetica ed il grado di parentela nel germoplasma dell'erba mazzolina, comprendono i RAPD (Köllicker et al. 1999; Tonno et al. 2004; Zeng et al. 2006a) e SSR (Zeng et al. 2006b). Reeves e collaboratori (1998) hanno utilizzato i profili AFLP per determinare il rapporto tra dimensione del genoma e l'altitudine di origine nelle popolazioni naturali di *D. glomerata*. Anche se questi studi hanno dimostrato l'utilità di profili del DNA nel valutare le differenze genetiche in questa pianta foraggera, nessuno ha mai applicato la variante fluorescente degli AFLP (fAFLP) e non è mai stato realizzato alcuno studio sulla valutazione della diversità genetica di accessioni selvatiche siciliane.

Sulla base di queste considerazioni, nell'ambito del dottorato in "Scienze delle produzioni animali" il triennio di attività è stato orientato alla caratterizzazione e descrizione della variabilità esistente in genotipi di *Dactylis glomerata* L. reperiti in ambienti della Sicilia alquanto diversi per caratteristiche bioclimatiche, allo scopo di individuare caratteri agronomici di pregio ai fini della selezione di genotipi adatti alla coltivazione in ambiente mediterraneo.

8. MATERIALI E METODI

Dalle considerazioni prima esposte si è sviluppato il progetto di approfondire le scarse e frammentarie conoscenze sulla variabilità delle popolazioni di *Dactylis glomerata* L. presenti in Sicilia.

L'attività di studio e di ricerca è stata organizzata seguendo tre direttrici:

- caratterizzare il germoplasma siciliano dal punto di vista botanico, biologico, agronomico e qualitativo;
- individuare e descrivere, se presenti, i tratti della dormienza estiva;
- applicare le tecniche di caratterizzazione molecolare basate su polimorfismi del DNA per la stima della variabilità genetica e delle relazioni intraspecifiche.

Ne sono scaturite altrettante linee di ricerca:

- ✓ **LINEA 1** Caratterizzazione botanica, biometrica, biologica, agronomica e qualitativa di genotipi siciliani di *Dactylis glomerata* L.
- ✓ **LINEA 2** – Descrizione dei tratti della dormienza estiva (*Summer dormancy*) in genotipi siciliani di *Dactylis glomerata* L..
- ✓ **LINEA 3** – Caratterizzazione molecolare di genotipi siciliani di *Dactylis glomerata* L. basata sui polimorfismi del DNA; stima della variabilità genetica e delle relazioni intraspecifiche.

8.1 LINEA 1 – CARATTERIZZAZIONE BOTANICA, BIOMETRICA, BIOLOGICA, AGRONOMICA E QUALITATIVA DI GENOTIPI SICILIANI DI *DACTYLIS GLOMERATA* L.

- *Reperimento del germoplasma*

Nella primavera del 2005, presso l'azienda sperimentale della facoltà di Agraria dell'Università di Catania, c.da Passo Martino (m 10 s.l.m., 37°25' Lat N, 15°30' Long E, CT), la Sezione Scienze Agronomiche dell'Università di Catania ha costituito una collezione comprendente 53 genotipi di *Dactylis glomerata* L. provenienti da popolazioni di altrettante località della Sicilia; la scelta degli ambienti in cui effettuare i prelievi è stata operata in relazione alle caratteristiche termo-pluviometriche delle aree, determinate dalla quota altimetrica, dal regime delle precipitazioni e dall'esposizione. In ciascuna località sono stati prelevati alcuni cespi, successivamente divisi in porzioni più piccole e posti a dimora in vasi di PVC e solo dopo l'avvenuto attecchimento trasferiti in pieno campo. I genotipi sono stati numerati secondo l'ordine di raccolta e siglati con i nomi delle località dove è avvenuto il prelievo. Per ogni genotipo sono stati trapiantati dieci cespi che hanno costituito il nucleo di piante madri. Le piante madri sono state allevate secondo una ordinaria tecnica colturale, irrigate nel corso della prima estate dopo il trapianto e non più irrigate successivamente.

- *Sperimentazione in pieno campo*

Nell'autunno 2008 (30 ottobre), sulla base di una prima valutazione delle caratteristiche morfologiche e biologiche dei 53 genotipi, nonché delle peculiarità bioclimatiche dei siti di prelievo, sono stati scelti 9 genotipi (Tab.8.1, Fig.8.1)

Tabella 8.1 – Numero di identificazione e località di prelievo dei nove genotipi siciliani.

Genotipo	Località di prelievo
1	Augusta
4	Ferla
24	S. Michele di Ganzaria
46	Bronte
56	Fornazzo
63	Castell'Umberto
65	Gioiosa Marea
81	Villapriolo
98	Riesi



Figura 8.1 – Dislocazione dei siti di prelievo dei nove genotipi allo studio

Da un cespo, ove possibile, o da due al massimo, (Foto 8.1) sono stati staccati singolarmente i germogli di accestimento (Foto 8.2) e posti a radicare in vasi di PVC del diametro di 15 cm (Foto 8.3). Per ciascun genotipo sono stati trapiantati circa 100 germogli di accestimento.



Foto 8.1 – Cespo appena estirpato



Foto 8.2 – Germogli di accestimento staccati dal cespo e pronti per il trapianto



Foto 8.3 – Germogli di accestimento trapiantati

Contemporaneamente al trapianto dei germogli di accestimento è stata effettuata la semina, sempre in vasi di PVC, di tre varietà testimoni “Kasbah”, “Porto” e “Medly” fornite dalla dott.ssa Florance Volaire dell’INRA di Montpellier, Francia, Agronomy and Environment Department UMR SYSTEM (Analysis of Mediterranean and Tropical Crop Systems). I tre genotipi si caratterizzano per la diversa sensibilità all’aridità estiva:

- cv. Kasbah (*Dactylis hispanica* Roth.), australiana ma originaria del Marocco, resistente alla siccità e a dormienza estiva;
- cv. Medly, originaria del sud della Francia, molto resistente alla siccità, non dormiente;
- cv. Porto, portoghese, molto resistente alla siccità.

I 12 genotipi sono stati allevati in vaso per tutto il periodo invernale (Foto 8.4) e trapiantati definitivamente in pieno campo il 3 aprile 2009.

Il trapianto è avvenuto presso la stessa stazione sperimentale di C.da Passo Martino (Foto 8.5), in terreno profondo, di origine alluvionale



Foto 8.4 - Aspetto delle piante derivanti da germogli di accestimento e sviluppo dell'apparato radicale a circa 120 giorni dal trapianto.

(Typic e/o Vertic Xerofluvents) le cui caratteristiche sono riportate nella tabella 8.2.

I 12 genotipi sono stati trapiantati in parcelle della dimensione di 2,4 x 2,4 m; ogni cespo, dunque, è stato posto ai vertici di un quadrato di 80 cm x 80 cm.



Foto 8.5 - Particolari del trapianto dei genotipi in pieno campo.

Tabella 8.2. Caratteristiche del suolo su cui sono state effettuate le prove.

Sabbia (%)	49.27
Limo (%)	22.43
Argilla (%)	28.30
pH (in water solution)	8.6
Calcare totale (%) (metodo gas-volumetrico)	15.24
Sostanza organica (%) (Walkley-Black)	1.40
Azoto totale (‰) (Kjeldahl)	1.00
P ₂ O ₅ disponibile (ppm) (Ferrari)	5
K ₂ O disponibile (ppm) (Dirks e Sheffer)	244.8
Capacità di campo a -0.03 MPa (%)	27
Punto di appassimento a -1.5 MPa (%)	12

Ogni parcella conteneva 9 cespi. La distribuzione delle tesi è stata effettuata secondo un disegno a blocchi randomizzati con sei ripetizioni. Prima del trapianto il terreno è stato lavorato (una aratura e due erpature) e concimato con azoto (50 unità sotto forma di nitrato ammonico) e fosforo (100 unità di P₂O₅) sotto forma di perfosfato minerale. Una seconda concimazione azotata è stata effettuata alla fine dell'estate, nel mese di settembre utilizzando 50 unità di azoto (nitrato ammonico). Il controllo delle malerbe è stato effettuato manualmente. Al fine di evitare stress idrici ai giovani cespi e identificare i tratti della dormienza estiva, ove presente, nei genotipi siciliani, è stato assicurato il pieno soddisfacimento idrico restituendo l'acqua perduta per evapotraspirazione nel corso dell'estate (200 mm).

Nel secondo anno (2010) è stato introdotto un secondo fattore sperimentale, la disponibilità idrica. A questo scopo i sei blocchi sono stati divisi in due per realizzare il confronto tra:

- restituzione dell'evapotraspirazione (100% ET_m, Irrigato,

200mm);

- nessuna restituzione (Asciutto).

E' stato adottato uno schema sperimentale a split plot con tre ripetizioni, alla disponibilità di acqua è stata assegnata la parcella intera, ai genotipi la sub parcella.

La somministrazione idrica è stata effettuata utilizzando un sistema di irrigazione per aspersione.

Il volume di adacquamento è stato determinato sulla base della massima quantità di acqua disponibile nei primi 30 cm di terreno, dove ci si attendeva lo sviluppo della maggior parte delle radici, calcolata per mezzo della formula seguente:

$$V = 0,66 (CC - PA) \times \Phi \times D$$

dove:

V = quantità di acqua (in kg m⁻² convertiti in mm);

0,66 = frazione di acqua prontamente utilizzabile non limitante per l'evapotraspirazione colturale;

CC = capacità di campo, pari al 27% del terreno secco;

PA = punto di appassimento, pari all'12% del terreno secco;

Φ = densità volumica apparente (kg m⁻³);

D = approfondimento delle radici, pari a 0,3 m.

Ogni singola irrigazione è stata effettuata nel momento in cui venivano utilizzati i 2/3 dell'acqua utile nel terreno; la quantità di acqua somministrata con ogni singola irrigazione veniva calcolata secondo la formula sopra citata.

- Rilievi

- Parametri meteorologici (temperatura e piovosità) mediante centralina elettronica ed evaporato mediante vasca evaporimetri di classe A.;

- Parametri biologici:
 - data di spigatura (quando il 50% delle infiorescenze del cespo era fuoriuscito dalla guaina);
 - data di fioritura (quando il 50% delle infiorescenze del cespo presentava antere visibili);
- Caratteri biometrici (giugno 2010)
 - altezza della pianta (cm): è stata misurata dalla base del cespo all'apice della pannocchia nello stelo più lungo;
 - lunghezza (mm) e larghezza (mm) della prima lamina: la larghezza è stata presa a circa 1 cm dalla ligula come stabilito dalle norme per il controllo varietale (Sovrano Pangallo, 1974);
 - lunghezza dell'intera infiorescenza (mm): è stata misurata dal punto di attacco del 1° glomerulo all'apice dell'infiorescenza (Fig.8.2);
 - lunghezza del 1°-2°-3° internodo dell'infiorescenza (mm) (Fig.8.2);
 - lunghezza del 1°-2°-3° ramo dell'infiorescenza (mm): misurata rispettivamente dalla base del 1°-2°-3° ramo sino al punto d'attacco del 1° glomerulo (Fig.8.2);
- Produzione dei cespi e sue componenti (su tre cespi per ciascuna parcella e per ciascuno sfalcio)
 - biomassa prodotta;
 - numero di culmi;
 - numero di foglie;
 - numero di infiorescenze;
 - umidità dei culmi, delle foglie, delle infiorescenze;

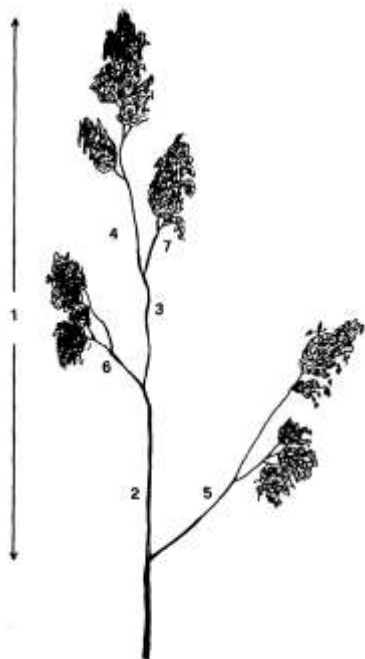


Fig. 8.2 - Infiorescenza di *Dactylis glomerata* L.; 1=lunghezza infiorescenza; 2-3-4=lunghezza del 1°, 2°, e 3° internodo; 5-6-7=lunghezza del 1°, 2° e 3° ramo (Falcinelli, 1983).

- *Analisi statistica*

ANOVA

I caratteri rilevati nel corso dell'anno sono stato sottoposti all'analisi della varianza (ANOVA) (Snedecor and Cochran, 1989), utilizzando il programma CoStat versione 6.003 (Cohort Software) relativo al disegno sperimentale adottato. La significatività delle differenze è stata saggiata con il metodo di separazione delle medie di Student-Newman-Keuls (SNK).

PCA (Analisi delle Componenti Principali)

Gran parte della sperimentazione agronomica ha un approccio multivariato, nel senso che, indipendentemente dall'obiettivo e dal tipo di disegno, le prove prevedono il rilievo di un numero anche elevato di caratteri. Due esempi sono particolarmente calzanti: la valutazione della

qualità produttiva nelle sperimentazioni varietali e la valutazione della flora infestante nelle prove malerbologiche. Infatti, sia la qualità della produzione che la flora infestante sono quantificate attraverso la rilevazione di molti caratteri (ad esempio contenuto in proteine, in amidi, valore nutritivo nel primo caso e il ricoprimento delle diverse specie infestanti nel secondo caso), difficilmente scindibili tra di loro.

L'approccio tradizionale di analisi dei dati in questo tipo di prove considera sempre le singole variabili e prevede l'impiego di metodiche quali l'ANOVA e i test di confronto multiplo. Senza voler sminuire l'importanza di questo tipo di approccio, è comunque evidente che così procedendo si vengono a perdere tutte le informazioni relative alle relazioni tra le variabili sperimentali e si perde la possibilità di fornire al lettore una sintesi generale dell'insieme dei risultati ottenuti.

Per questo motivo è talvolta utile impiegare metodiche di analisi multivariata, che prevedono l'analisi simultanea di un gruppo di variabili rilevate nello stesso collettivo.

L'analisi delle componenti principali, PCA, è una vera tecnica multivariata ed è, anche, tra le più utilizzate. È piuttosto simile alla regressione lineare multipla (MLR), con una differenza concettuale molto importante ed un output estremamente diverso. Concettualmente le intenzioni sono molto diverse in quanto la MLR cerca di trovare il miglior iperpiano attraverso i dati mentre la PCA comincia con la ricerca della linea retta che meglio si adatta a rappresentare la nuvola di punti (campioni) che attraversa, più o meno come verrebbe indirizzato un raggio laser attraverso un allineamento di palloni aerostatici legati. Questa retta passa nel centro del set di dati (definito come la media di ciascuna variabile) e corre lungo l'asse che spiega la maggior parte della variazione esistente nei dati.

Questa prima linea viene denominata “primo asse principale”: è un'unica retta, la più vantaggiosa che possa essere adattata a passare

attraverso la nuvola dei dati (formalmente è la combinazione lineare delle variabili con la varianza maggiore). Spesso il 1° asse di un set di dati sarà un'ovvia e semplice sorgente di variazione (ad esempio la taglia complessiva nei dati allometrici, il trattamento sperimentale in un esperimento ben disegnato, ecc.).

Un buon indicatore dell'importanza di un asse principale è la percentuale di varianza che esso spiega. Questa tende a diminuire quanto più il numero delle variabili (=numero degli assi nello spazio dei dati) aumenta.

Per campioni (accettabili) con 10-20 variabili ci si aspetta che circa il 30% della variazione sia sul 1° asse principale. Una volta stabilito il 1° asse principale, si può trovare il 2°, che necessariamente spiegherà meno varianza del 1°. Questo 2° asse spiega la massima variazione possibile condizionato da due vincoli:

- 1) deve essere ortogonale al 1° asse principale;
- 2) deve attraversare la media del set di dati.

Una PCA può generare tanti assi quanti sono gli assi, cioè le variabili, nello spazio originale dei dati, ma ciascuno è progressivamente meno importante di quello che lo precede.

Secondo P. Shaw, il 1° asse è di solito comprensibile (talvolta ovvio), il 2° è spesso utile, il 3° è raramente utile, dal 4° in poi sembrano rumori di fondo casuali.

Dal momento che esiste una stretta connessione tra pesi degli auto vettori e punteggi sull'asse, è utile osservarli insieme. Esiste un modo elegante per farlo, ed è conosciuto come "biplot". Consiste nel riportare sul grafico (plottare) contemporaneamente i punti campione e gli elementi autovettore (di solito come frecce).

Nell'ambito della sperimentazione su *Dactylis glomerata* è stata applicata la suddetta metodologia per quantificare le relazioni tra i

differenti caratteri rilevati; sono stati utilizzati i dati del secondo anno, considerando che questi, in seguito al definitivo insediamento dei cespi potessero meglio rappresentare le caratteristiche dei genotipi. Sono stati presi in esame i dati ricavati dalla tesi asciutta. I caratteri presi in esame per l'applicazione della PCA sono stati quelli biologici (spigatura e fioritura), la produzione di biomassa e le sue componenti (numero di sfalci, peso e numero di culmi, foglie, infiorescenze), alcuni caratteri biometrici (altezza della pianta, lunghezza e larghezza della foglia, lunghezza dell'infiorescenza e dei suoi eventuali rami). Sono stati presi in considerazione gli autovettori >1 e i valori di correlazione $> 0,6$.

8.2 LINEA 2 – DESCRIZIONE DEI TRATTI DELLA DORMIENZA ESTIVA (*SUMMER DORMANCY*) IN GENOTIPI SICILIANI DI *DACTYLIS GLOMERATA* L.

Per descrivere la dormienza estiva sono stati rispettate le indicazioni fornite da Volaire e Norton (2006):

- semina (o trapianto autunnale), per assicurare condizioni di induzione ottimale;
- irrigazione sufficiente a compensare l'evapotraspirazione durante l'estate;
- misura della biomassa prodotta nel corso delle stagioni per analizzare la potenzialità produttiva durante la stagione estiva;
- seguire l'evoluzione della senescenza fogliare nel corso dell'estate per caratterizzare lo stato della pianta in condizioni irrigue.

La definizione di dormienza estiva come “adattamento di specie perenni soggette a prevedibili estati lunghe e secche in ambienti a clima mediterraneo” è stata tradotta nella estrinsecazione dei quattro processi di carattere fisiologico e di sviluppo che si manifestano dopo la fioritura, nella tarda primavera:

- a) cessazione della crescita delle foglie;
- b) senescenza della maggior parte delle parti erbacee;
- c) disidratazione della base delle giovani foglie alla base dei germogli vegetativi che contengono tessuti meristematici;
- d) formazione di internodi basali rigonfi (cormi/tuberi) o foglie basali rigonfie (tipo bulbi) che possono essere considerati come organi di riserva a cui sono associati germogli di rigenerazione.

In accordo con la combinazione delle risposte, nell'ambito delle popolazioni di specie graminacee perenni di ambienti temperati, possono essere distinti tre principali gruppi (Volaire e Norton, 2006):

- (a) Popolazioni che mantengono una crescita attiva in condizioni irrigue. Le foglie di queste piante rimangono fotosinteticamente attive durante l'estate, con un tasso di senescenza fogliare non più alto del normale ricambio. Conseguentemente, tutti gli organi sotterranei della pianta rimangono ben umettati e non si formano organi di quiescenza. Questo modello di risposta, caratteristico delle popolazioni continentali di erba mazzolina (Volaire, 1995) e festuca (Norton et al., 2006), indica che queste popolazioni non posseggono i tratti della dormienza estiva.
- (b) Popolazioni che cessano completamente di crescere per un tempo minimo di quattro settimane nel corso dell'estate (il periodo secco potrebbe durare molto più a lungo nei siti di origine di queste popolazioni), e in cui gran parte dei tessuti aerei maturi sono senescenti. E' stato proposto di definire questo modello come risposta alla completa dormienza. In questo gruppo, la disidratazione indotta dai tessuti che sopravvivono può variare da moderata (per esempio *D. glomerata* cv Kasbah) a pieno essiccamento dei tessuti aerei (*Poa bulbosa*). Le specie possono presentare organi quiescenti come bulbi (*Poa bulbosa* e *Hordeum bulbosum*) o la base dei germogli rigonfia, come in *D. glomerata* cv. Kasbah (Norton et al., 2006).
- (c) Popolazioni che mostrano una marcata riduzione della crescita, associata con una parziale senescenza delle foglie, ma non la disidratazione della base delle foglie. E' stato proposto che questo modello di risposta potrebbe essere classificato come dormienza incompleta. E' comunemente riscontrabile all'interno di graminacee foraggere differenziate nel germoplasma mediterraneo di *D. glomerata* e *F. arundinacea* come 'Flecha'.

Sulla base dei criteri sopracitati nel corso dell'estate 2009 a partire

dal mese di giugno i cespi di ciascun genotipo sono stati periodicamente osservati per rilevare lo stato della vegetazione.

Sulle foglie è stato rilevato il mantenimento, la riduzione o la cessazione della crescita.

Sulle foglie giovani è stato rilevato il grado di disidratazione (%).

Sul cespo è stato rilevato il grado di senescenza (%).

8.3 LINEA 3 – CARATTERIZZAZIONE MOLECOLARE DI GENOTIPI SICILIANI DI *DACTYLIS GLOMERATA* L. BASATA SUI POLIMORFISMI DEL DNA; STIMA DELLA VARIABILITÀ GENETICA E DELLE RELAZIONI INTRASPECIFICHE

L'analisi genetica del germoplasma siciliano di *Dactylis glomerata* L. selezionato e dei genotipi varietali testimoni è stato effettuato attraverso la caratterizzazione molecolare mediante *fluorescent Amplified Fragment Length Polymorphism* (fAFLP).

Sono state prese in esame, pertanto, le nove accessioni “siciliane” (1, 4, 24, 46, 56, 63, 65, 81, 98) e tre accessioni “internazionali” (Kasbah, Porto, Medley) fornite dalla dott.ssa Volaire dell'INRA di Montpellier, Agronomy and Environnement Department UMR SYSTEM (Analysis of Mediterranean and Tropical Crop Systems).

- *Caratterizzazione genomica*

L'estrazione del DNA genomico dalle accessioni di *Dactylis glomerata* è stata eseguita con il DNeasy Plant Mini kit (Quiagen), secondo il protocollo fornito dal produttore, previa distruzione dei tessuti vegetali in mortaio contenente azoto liquido. La caratterizzazione genetica è stata eseguita mediante fAFLP come descritto da Vos *et al.* (1995) e secondo il protocollo A-2015A (Beckman & Coulter Inc., Application Information 2005, <http://www.beckman.com/>). Per l'amplificazione selettiva sono state utilizzate sette combinazioni coppie di primer *EcoRI-MseI* (Tab. 8.3) utilizzando primer *EcoRI* marcati con il fluoroforo Cy5. Le amplificazioni preselettive e selettive sono state effettuate su termociclatore Techne (Flexigene), utilizzando rispettivamente la Taq polimerasi recombinant (Invitrogen) e la Novataq hotstart (Novagen). L'elettroforesi capillare è stata condotta in condizioni standard su analizzatore genetico CEQ-8000

(Beckman & Coulter). La distanza e la matrice di similarità genetica sono state calcolate rispettivamente con il metodo di Nei, Li e Dice rispettivamente utilizzando il software Freetree (Pavlicek et al., 1999) con un'analisi bootstrap di 1000 ripetizioni. L'albero filogenetico è stato costruito secondo il metodo UPGMA (unweighted pair-group method with average linkages), esportando il file di output nel software NJplot (Perriere and Gouy, 1996).

Tab.8.3 - Numero di picchi totali, picchi polimorfici e percentuale di picchi polimorfici per ciascuna coppia di primer selettivi.

Coppia di Primer	Numero di picchi	Picchi polimorfici	% di picchi polimorfici
*e-ACA – m-CTC	295	274	92,88
*e-AAG – m-CTA	261	242	92,72
*e-AGG – m-CTA	275	251	91,27
*e-ACG – m-CAT	172	157	91,28
*e-ACG – m-CAC	237	219	92,41
*e-AAC – m-CAA	259	239	92,28
*e-ACC – m-CTG	289	266	92,04
Totale	1788	1648	
<i>Media</i>	<i>255,43±41,67</i>	<i>235,43±39,03</i>	<i>92,13</i>

9. RISULTATI

9.1 LINEA 1 - CARATTERIZZAZIONE BOTANICA, BIOMETRICA, BIOLOGICA, AGRONOMICA E QUALITATIVA DI GENOTIPI SICILIANI DI *DACTYLIS GLOMERATA* L.

9.1.1 Caratterizzazione bioclimatica delle stazioni di prelievo del germoplasma

Ai fini della caratterizzazione climatica dei siti di prelievo del germoplasma sono stati utilizzati i dati del Servizio Idrografico Regionale (SIAS) relativi alla temperatura e alle precipitazioni della serie storica disponibile, quella del trentennio 1965-1994.

Nei casi in cui non erano disponibili i dati meteorologici delle località di prelievo del germoplasma si è fatto riferimento a quelli delle stazioni più vicine che distavano non più di 20 chilometri dalle prime (Tab. 9.1).

Tabella 9.1 - Località di prelievo del germoplasma e stazioni utili per i dati meteorologici

Località	Altitudine (m slm)	Stazioni
Augusta (SR)	40	Siracusa
Bronte (CT)	800	Bronte
Castell'Umberto (ME)	650	San Fratello
Ferla (SR)	500	Monterosso Almo
Fornazzo(CT)	850	Zafferana Etnea
Gioiosa Marea (ME)	30	Tindari
Riesi (CL)	350	Mazzarino
San Michele Di Ganzaria CT)	480	Caltagirone
Villapriolo (EN)	600	Caltanissetta

Per ciascuna stazione, sono state calcolate le medie dei valori trentennali della temperatura di ciascun mese e la media mensile, sempre del trentennio, delle precipitazioni (Tab. 9.2). I dati medi annui della temperatura e la somma annua delle precipitazioni sono stati utilizzati, inoltre, per la determinazione dei climogrammi di Bagnouls e Gaussen. A questo scopo su un sistema di assi cartesiani sono stati riportati i valori delle precipitazioni (P) e quelli della temperatura (T), questi ultimi in scala doppia rispetto ai primi ($P=2T$); in tal modo, ponendo sulla scala delle ascisse i mesi dell'anno (da gennaio a dicembre) è stato possibile rappresentare l'ampiezza del periodo secco, dato dall'area racchiusa tra la curva della temperatura e quella delle precipitazioni (Tab. 9.12).

Il valore medio annuo della pioggia è risultato pari a pari a 673,8 mm e quello della temperatura pari 16,6°C.

Il regime pluviometrico delle nove stazioni risulta alquanto diverso, con una variabilità compresa tra 452 mm (Riesi) e 1199 mm (Fornazzo). La temperatura media annua varia tra i 15,4°C di Bronte e i 18,4°C di Augusta.

Tabella 9.2 - Valori medi dell'altitudine, della pioggia e della temperatura media delle località allo studio

Località	Altitudine (m slm)	Pioggia (mm anno ⁻¹)	Temperatura media (°C)
Augusta	15	544,0	18,4
Bronte	760	566,3	15,4
Castell'umberto	661	870,4	16,0
Ferla	556	689,5	15,6
Fornazzo	824	1199,4	16,2
Gioiosa Marea	30	744,5	16,9
Riesi	330	452,5	16,7
San Michele di Ganzaria	490	495,1	16,4
Villapriolo	523	502,9	17,3
<i>Media</i>	<i>465,4</i>	<i>673,8</i>	<i>16,6</i>

Augusta, SR (37°15'0"N 15°13'0"E)

La temperatura media di questa stazione posta a 15 m slm è di 18,4 °C. Il valore più basso si registra nei mesi di gennaio e febbraio (12,1°C), quello più alto nel mese di luglio (26,2°C) (Tab. 9.3). Le precipitazioni

Tabella 9.3 – Serie storica (1965-1994) della pioggia e della temperatura media mensile registrata ad Augusta.

Mese	Pioggia (mm)	Temperatura media (°C)
GEN	90,6	12,1
FEB	47,8	12,1
MAR	40,2	13,4
APR	24,8	15,4
MAG	17,2	19,4
GIU	3,0	23,4
LUG	3,5	26,2
AGO	11,6	26,0
SET	50,5	23,5
OTT	111,7	20,2
NOV	63,0	16,2
DIC	80,0	13,2
<i>Media</i>	<i>544,0</i>	<i>18,4</i>

medie annue sono di 544 mm, i mesi più piovosi sono ottobre (111,7 mm) e gennaio (90 mm), quelli con la piovosità più ridotta sono giugno (3,0

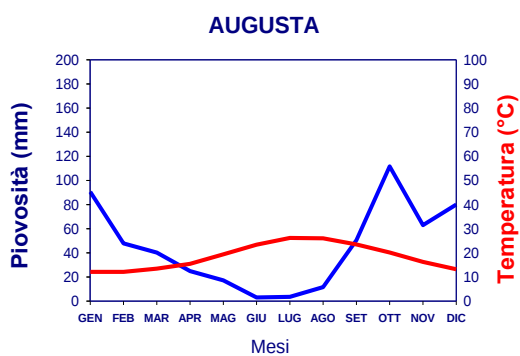


Figura 9.1 – Climogramma di Bagnouls e Gaussen relativo alla stazione di Augusta.

mm) e luglio (3,5 mm). Il climogramma (Fig. 9.1) di questa stazione mette in evidenza che la durata del periodo secco è pari a 158 giorni, dalla terza decade di marzo alla terza decade di agosto.

Bronte, CT (37°48'0"N 14°50'0"E)

La temperatura media più bassa di questa stazione posta a 760 m slm è quella del mese di gennaio (7,8°C), la massima quella del mese di agosto (24,5°C) (Tab. 9.4). Le precipitazioni medie annue sono pari a 566

Tab. 9.4 - Serie storica (1965-1994) della pioggia e della temperatura media annua registrata a Bronte

Mese	Pioggia (mm)	Temperatura media (°C)
GEN	77,6	7,8
FEB	64,4	8,0
MAR	56,8	9,8
APR	44,5	12,7
MAG	29,0	17,3
GIU	11,6	21,5
LUG	13,7	24,4
AGO	25,8	24,5
SET	42,7	21,0
OTT	73,9	16,7
NOV	53,8	12,3
DIC	72,6	9,0
<i>Media</i>	<i>566,3</i>	<i>15,4</i>

mm distribuite nel periodo autunno-vernino con una maggiore intensità nel mese di dicembre e gennaio, mentre mostrano valori minimi nel mese di giugno e luglio (tra 11 e 14 mm). Il climogramma (Fig. 9.2) indica che la durata del periodo secco è pari a 100 giorni, dalla terza decade di aprile alla terza decade di agosto.

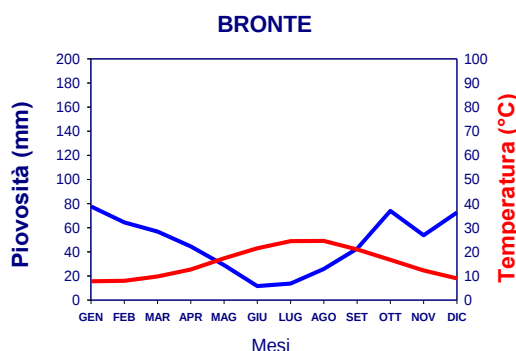


Figura 9.2 - Climogramma di Bagnouls e Gaussen relativo alla stazione di Bronte.

Castell'Umberto, ME (38°5'0"N 14°48'0"E)

Le temperature media annua di questa stazione, posta a 661 m slm, è pari a 16°C, con un valore minimo a gennaio (9,2 °C) ed uno massimo a agosto (24,1 °C) (Tab. 9.5). Le precipitazioni medie annue sono di 870 mm con un picco da ottobre a febbraio (tra 100 e 116 mm) ed un valore minimo a luglio (14,8 mm).

Tab. 9.5 - Serie storica (1965-1994) della pioggia e della temperatura media annua registrata a Castell'Umberto.

Mese	Pioggia (mm)	Temperatura media (°C)
GEN	111,1	9,2
FEB	109,6	9,4
MAR	86,0	10,9
APR	83,9	12,9
MAG	41,2	17,1
GIU	22,2	20,5
LUG	14,8	23,6
AGO	24,6	24,1
SET	54,8	22,0
OTT	106,1	18,2
NOV	100,4	13,8
DIC	115,7	10,6
<i>Media</i>	<i>870,4</i>	<i>16,0</i>

Dall'esame del climogramma (Fig. 9.3) si può osservare che la durata

del periodo secco è pari a 102 giorni, dalla prima metà di maggio alla seconda metà di agosto.

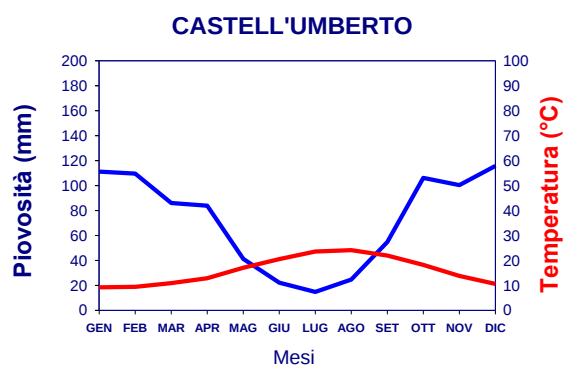


Fig. 9.3 - Climogramma di Bagnouls e Gaussen relativo alla stazione di Castell'Umberto.

Ferla, SR (37°7'0"N 14°57'0"E)

La temperatura media annua di questa stazione posta a 556 m slm, è pari a 15,6°C, il valore minimo è quello di gennaio (7,7 °C) il valore massimo quello di luglio ed agosto (24,8 °C) (Tab. 9.6). Le precipitazioni annue sono in media di 690 mm e mostrano i valori più alti a dicembre e gennaio (circa 115 mm).

Tab. 9.6 - Serie storica (1965-1994) della pioggia e della temperatura media annua registrata a Ferla.

Mese	Pioggia (mm)	Temperatura media (°C)
GEN	119,7	7,7
FEB	74,3	8,1
MAR	65,0	10,0
APR	45,0	12,4
MAG	26,8	17,2
GIU	9,3	21,8
LUG	9,0	24,8
AGO	19,7	24,8
SET	47,1	21,5
OTT	84,1	17,1
NOV	79,0	12,6
DIC	110,6	9,1
<i>Media</i>	<i>689,5</i>	<i>15,6</i>

Il chimogramma relativo (Fig. 9.4) rileva che la durata del periodo secco è pari a 122 giorni, dalla terza decade di aprile alla terza decade di agosto.

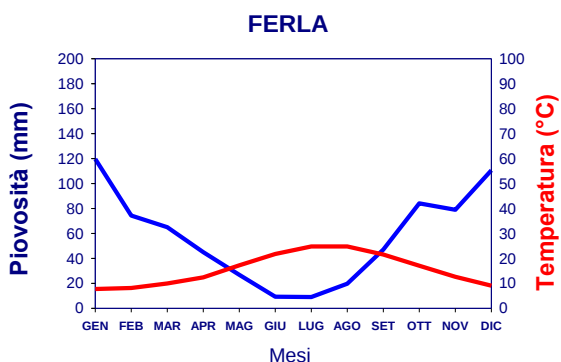


Fig. 9.4 - Climogramma di Bagnouls e Gaussen relativo alla stazione di Ferla.

Fornazzo, CT (37°44'14"N 15°06'45"E)

La stazione di Fornazzo, posta a 824 m slm, sul versante nord-orientale dell'Etna, è la più piovosa delle località allo studio, con quasi 1200 mm di pioggia annua (Fig. 9.7). I mesi più piovosi sono sei, da ottobre a marzo (piovosità compresa tra 125 mm e 197 mm). Le

Tab. 9.7 - Serie storica (1965-1994) della pioggia e della temperatura media annua registrata a Fornazzo.

Mese	Pioggia (mm)	Temperatura media (°C)
GEN	192,1	9,1
FEB	125,9	9,4
MAR	137,1	10,9
APR	65,7	13,2
MAG	39,8	17,6
GIU	12,0	21,4
LUG	13,7	24,8
AGO	25,2	25,0
SET	76,5	21,6
OTT	197,5	17,4
NOV	153,6	13,4
DIC	160,3	10,5
<i>Media</i>	<i>1199,4</i>	<i>16,2</i>

temperature medie annue sono di 16,2 °C, i valori minimi non scendono al

di sotto di 9 °C. e quelli

massimi non superano 25 °C.

Dall'esame del climogramma (Fig. 9.5) di questa stazione, si evince che la durata del periodo secco è pari a 88 giorni, da maggio alla prima metà di agosto.

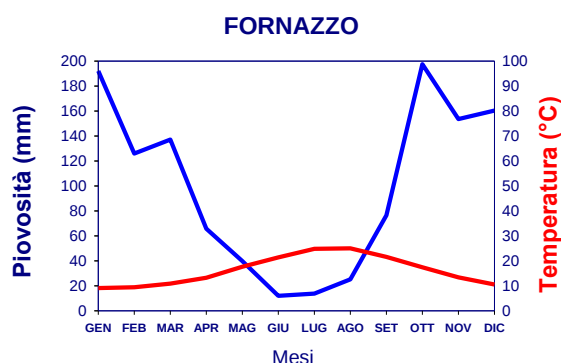


Fig. 9.5 - Climogramma di Bagnouls e Gaussens relativo alla stazione di Fornazzo.

Gioiosa Marea, ME (38°10'0"N 14°54'0"E)

Questa località della costa tirrenica siciliana (30 m slm) fa rilevare una temperatura media di 16,9 °C con un valore minimo a gennaio (10,6°C) e un massimo ad agosto (24,6°C) (Tab. 9.8). Le precipitazioni annue sono di 744 mm con valori più elevato da ottobre a febbraio (tra 85 mm e 111 mm).

Tab. 9.8 - Serie storica (1965-1994) della pioggia e della temperatura media annua registrata a Gioiosa Marea.

Mese	Pioggia (mm)	Temperatura media (°C)
GEN	85,2	10,6
FEB	85,0	10,8
MAR	66,0	11,9
APR	57,8	13,9
MAG	28,9	17,7
GIU	23,3	21,4
LUG	9,3	24,0
AGO	29,6	24,6
SET	64,0	22,1
OTT	99,4	18,5
NOV	84,8	14,8
DIC	111,2	12,0
<i>Media</i>	<i>744,5</i>	<i>16,9</i>

Il climogramma (Fig. 9.6) rileva una durata del periodo secco pari a 109 giorni, dalla terza decade di aprile alla prima metà di agosto.

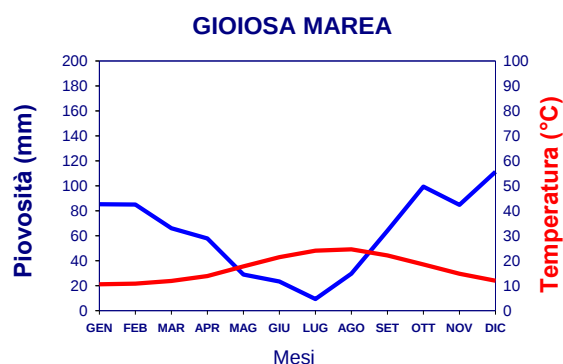


Fig. 9.6 - Climogramma di Bagnouls e Gausson relativo alla stazione di Gioiosa Marea.

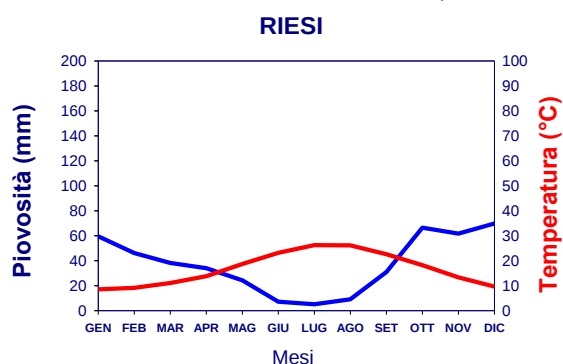
Riesi, CL (37°17'0"N 14°5'0"E)

La temperatura media di questa stazione dell'entroterra siciliano (330 m slm) pari a 16,7 °C, presenta un minimo a gennaio (8,5°C) ed un massimo a luglio e agosto (26,2°C) (Tab. 9.9). La pioggia annua è pari a 453 mm, con una maggiore intensità (60 mm) nei mesi autunnali e a gennaio ed un'assenza pressoché totale di pioggia da giugno ad agosto.

Conseguentemente, la durata del periodo secco è pari a 153 giorni,

Tab. 9.9 - Serie storica (1965-1994) della pioggia e della temperatura media annua registrata a Riesi.

Mese	Pioggia (mm)	Temperatura media (°C)
GEN	59,5	8,5
FEB	46,2	9,1
MAR	38,2	11,1
APR	34,0	13,8
MAG	24,3	18,7
GIU	7,1	23,2
LUG	5,1	26,2
AGO	9,1	26,2
SET	31,0	22,6
OTT	66,4	18,2
NOV	61,7	13,3
DIC	69,8	9,7
<i>Media</i>	<i>452,5</i>	<i>16,7</i>



dalla prima metà di aprile alla prima metà di settembre (Fig. 9.7)

Fig. 9.7 - Climogramma di Bagnouls e Gaussen relativo alla stazione di Gioiosa Marea

San Michele di Ganzaria, CT (37°17'0"N 14°26'0"E)

In questa stazione dell'entroterra siciliano (490 m slm) la temperatura media annua è di 16,4 °C (minima a gennaio, 8,8 °C; massima ad agosto, 26 °C) (Tab. 9.10). Le precipitazioni annue sono di 495 mm, concentrate soprattutto da ottobre a febbraio; circa 8 mm nei mesi di giugno e luglio.

Tab. 9.10 - Serie storica (1965-1994) della pioggia e della temperatura media annua registrata a San Michele di Ganzaria.

Mese	Pioggia (mm)	Temperatura media (°C)
GEN	74,8	8,8
FEB	53,2	9,1
MAR	43,6	10,7
APR	38,3	12,9
MAG	23,5	17,8
GIU	8,4	22,4
LUG	8,1	25,6
AGO	13,2	25,8
SET	36,5	22,3
OTT	69,8	18,3
NOV	59,1	13,5
DIC	66,5	9,9
<i>Media</i>	<i>495,1</i>	<i>16,4</i>

Il periodo secco dura 146 giorni, dalla seconda metà di aprile alla prima metà di settembre (Fig. 9.8)

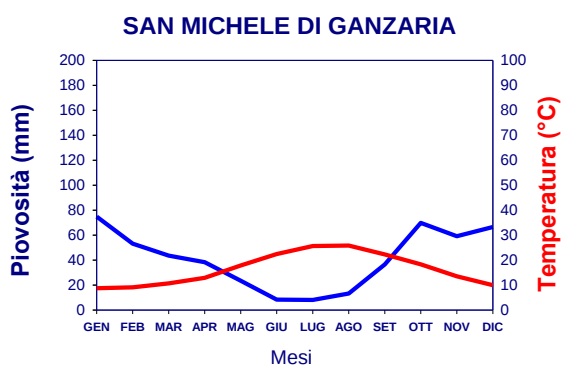


Fig. 9.8 - Climogramma di Bagnouls e Gaussen relativo alla stazione di San Michele di Ganzaria

Villapriolo, EN (37°37'48"N 14°11'38"E)

La temperatura media annua in questa stazione a 503 m slm è pari a 17,3°C, con un valore minimo a gennaio e febbraio (poco più di 9 °C) e un valore massimo a luglio e agosto (27 °C) (Tab.9.11). Le precipitazioni annue sono di 503 mm, con quantità pressoché simili da ottobre a febbraio (intorno a 60 mm) e quasi del tutto assenti a giugno e luglio.

Tab. 9.11 - Serie storica (1965-1994) della pioggia e della temperatura media annua registrata a Villapriolo.

Mese	Pioggia (mm)	Temperatura media (°C)
GEN	64,1	9,3
FEB	53,8	9,8
MAR	47,3	11,6
APR	39,5	14,3
MAG	28,5	18,9
GIU	9,1	23,2
LUG	8,4	26,6
AGO	12,5	27,1
SET	37,0	23,4
OTT	74,4	18,9
NOV	58,6	14,3
DIC	69,7	10,4
<i>Media</i>	<i>502,9</i>	<i>17,3</i>

Il periodo secco è pari a 146 giorni, dalla metà del mese di aprile alla prima metà di settembre (Fig. 9.9).

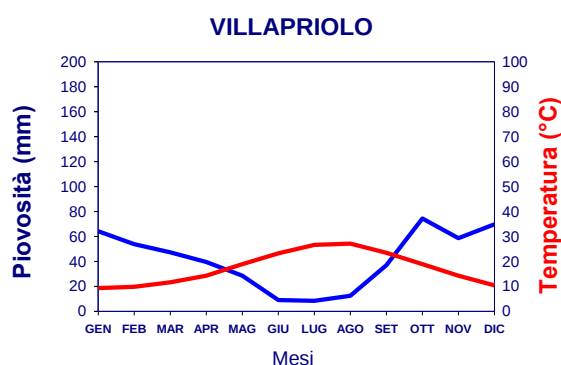
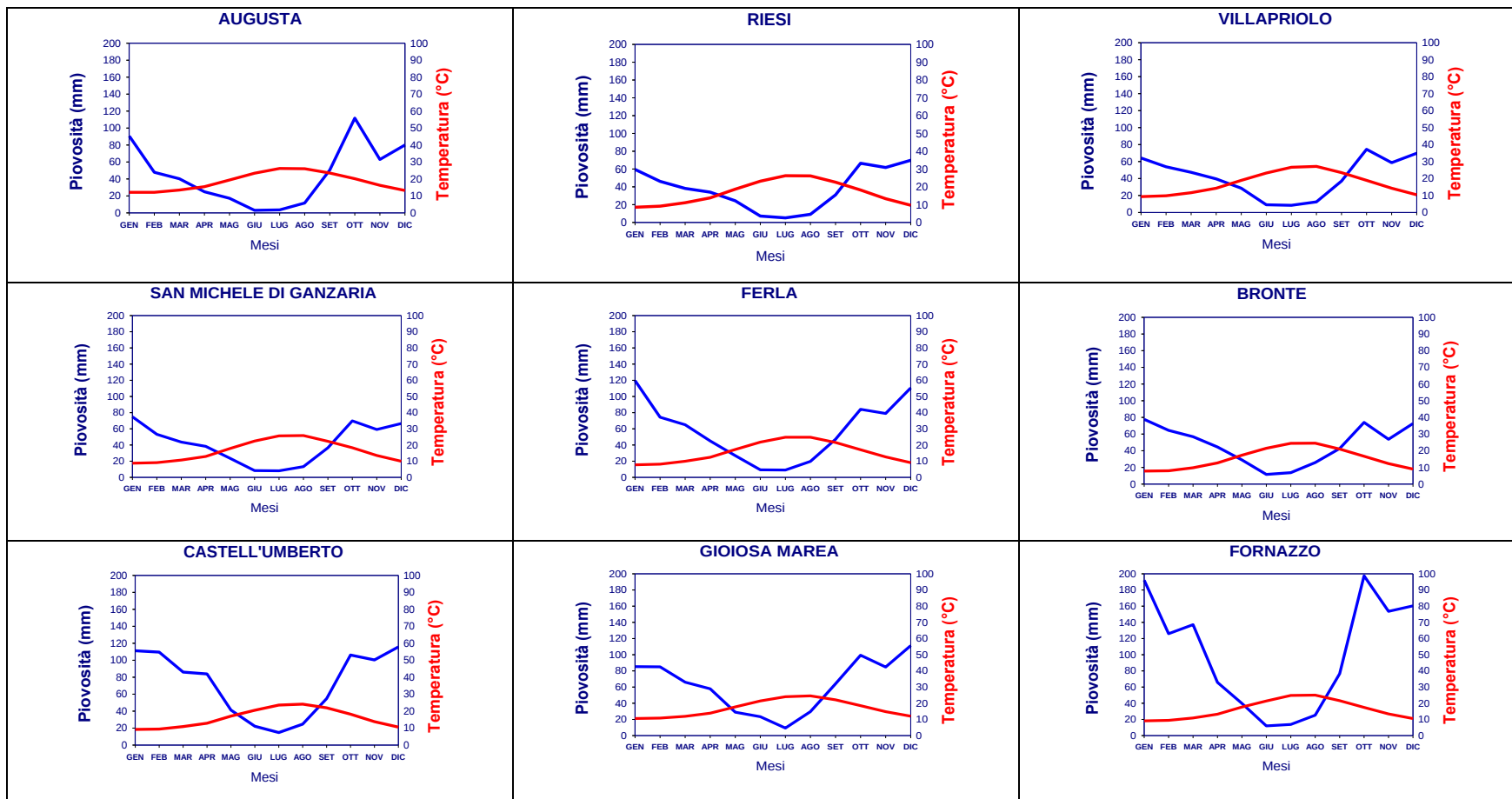


Fig. 9.9 - Climogramma di Bagnouls e Gausсен relativo alla stazione di Villapriolo

Il quadro di insieme dei climogrammi (Tab. 9.12) delle nove stazioni in cui è stato prelevato germoplasma di *Dactylis glomerata*, ordinati secondo l'intensità del periodo secco, permette di visualizzare la distribuzione di questo importante tratto del bioclimate. Le stazioni di Augusta (sulla costa sud orientale della Sicilia, mare Ionio), e quelle interne di Riesi, Villapriolo e San Michele di Ganzaria presentano la maggiore ampiezza del periodo secco, in media 5 mesi (tra 146 e 153 giorni). La stazione di Ferla, nell'entroterra della provincia di Siracusa, gode di una piovosità soddisfacente, superiore a 600 mm e un periodo secco più breve di circa 20 giorni rispetto a quello delle stazioni più interne o sulla costa sud. Le stazioni più piovose sono, per contro, quelle della costa tirrenica (Gioiosa Marea), della montagna (Monti Nebrodi) prospiciente la medesima costa (Castell'Umberto) e del versante nord ovest (Bronte) e nord-est dell'Etna (Fornazzo) che intercettano e bloccano la piovosità più cospicua che proviene da nord. In queste stazioni il periodo secco è inferiore a quello delle precedenti di circa 50 giorni: 88 giorni a Fornazzo, 100 giorni a Bronte, 102 giorni a Castell'Umberto, 109 giorni a Gioiosa Marea, mitigato anche da una qualche piovosità estiva che non supera i 20 mm.

Tabella 9.12 - Climogrammi delle nove stazioni allo studio ordinate secondo l'intensità del periodo secco.



9.1.2 Caratterizzazione dei suoli delle stazioni di prelievo del germoplasma

Le associazioni di suoli ricadenti nelle località in esame sono quelle desunte dalla “Carta dei Suoli della Sicilia” (Fierotti et al., 1998) (Tab. 9.13).

Tabella 9.13 – Caratteristiche dei suoli delle località oggetto di studio.

Località	Associazione	Tipi Pedologici
Augusta	20	Typic Xerochrepts-Calcixerollic Xerochrepts-Lithic Xerorthents
Bronte	15	Typic Xerorthents-Andic Xerochrepts-Ultic Haploxeralfs
Castell'Umberto	25	Typic Xerochrepts- Typic Haploxeralfs- Typic e/o Lithic Xerorthents
Ferla	4	Lithic Xerorthents-Rock outcrop- Lithic Haploxerolls
Fornazzo	15	Lithic Xerorthents- Andic Xerochrepts- Ultic Haploxeralfs
Gioiosa Marea	27	Typic Xerumbrepts- Typic Xerochrepts- Typic Haploxeralfs
Riesi	20	Typic Xerochrepts-Calcixerollic Xerochrepts-Lithic Xerorthents
San Michele di Ganzaria	16	Typic Xerorthents- Typic Xerochrepts- Typic Haploxeralfs
Villapriolo	11	Typic Xerorthents- Lithic Xerorthents- Typic e/o Vertic Xerochrepts

Associazione 20 - Suoli bruni-Suoli bruni calcarei-Litosuoli (Typic Xerochrepts-Calcixerollic Xerochrepts-Lithic Xerorthents)

I suoli del territorio di Augusta e Riesi ricadono in questa associazione il cui substrato è formato da calcari e calcari dolomitici sovente duri e posti ad una profondità variabile da pochi centimetri a circa 60-80

cm. La morfologia tendenzialmente pianeggiante è spesso interrotta da strette valli, in cui compaiono i suoli alluvionali come inclusioni, e da pendei talora terrazzati dall'uomo. I suoli bruni mostrano un orizzonte Ap con struttura grumosa, che passa gradualmente ad un B cambico, generalmente con struttura poliedrica sub-angolare. Il profilo è quasi completamente decarbonato, ben dotato in sostanza organica e discretamente provvisto dei principali elementi nutritivi. A volte, per particolari condizioni pedoclimatiche, il profilo diventa del tipo Ap-Bca-C e allora si passa ai suoli bruni calcarei, mentre laddove lo spessore si assottiglia, fino talora ad affiorare la nuda roccia, compaiono i litosuoli. In genere la profondità dei suoli dell'associazione è modesta, ma talora si riduce notevolmente e in siffatte condizioni e con un clima prevalentemente semi-arido, la coltura più diffusa è il mandorlo, talora accompagnato dall'olivo e dal carrubo.

Associazione 15 - Regosuoli-Suoli bruni andici-Suoli bruni leggermente lisciviati (Typic Xerorthents-Andic Xerochrepts-Ultic Haploxeralfs)

I suoli del territorio di Bronte e soprattutto di Fornazzo ricadono in questa associazione presente intorno alle pendici dell'Etna, e che circondano quasi ad anello il massiccio centrale del vulcano. Il paesaggio è montano e sub-montano, con pendii da poco inclinati a molto ripidi. Sui pendii più dolci si riscontra una maggiore fertilità del suolo e vi predominano i vigneti e gli agrumeti che insieme ad altri fruttiferi (pistacchio) rappresentano gli aspetti più salienti dell'agricoltura delle pendici circumetnee. Nel complesso la potenzialità dell'associazione è giudicabile discreta.

Associazione 25 - Suoli bruni-Suoli bruni lisciviati-Regosuoli e/o Litosuoli (Typic Xerochrepts- Typic Haploxeralfs- Typic e/o Lithic Xerorthents)

Si tratta di un'associazione molto rappresentata che si rinviene in tutte le province dell'Isola ma che risulta largamente concentrata sui principali rilievi quali le Madonie, i Nebrodi, gli Erei e i Sicani. La morfologia sulla quale prevale è pertanto la montagna, ma risulta abbastanza diffusa anche su morfologie collinari con pendii da inclinati a moderatamente ripidi. Riguardo alle caratteristiche chimico-fisiche occorre dire che su substrati calcarei si hanno suoli sia a tessitura equilibrata sia a tessitura più o meno argillosa, a reazione sub-alcalina, di buona struttura, mediamente provvisti di calcare, humus e azoto, ricchi di potassio assimilabile, discretamente dotati di anidride fosforica totale e poveri di anidride fosforica assimilabile. I suoli bruni più ricchi di materiale argilloso, distribuiti nel sistema collinare interno, concorrono a configurare il paesaggio più vivo del seminativo arborato o dell'arboreto, con mandorlo ed olivo più largamente rappresentati, che però cedono il posto al vigneto specializzato quando ricorrono condizioni favorevoli di clima e di giacitura. Nel complesso la potenzialità produttiva dell'associazione può essere ritenuta buona.

Associazione 4 - Litosuoli-Roccia affiorante-Protorendzina (Lithic Xerorthents-Rock outcrop- Lithic Haploxerolls)

Questa associazione di suoli presente a Ferla si rinviene sui versanti dell'altopiano ragusano e siracusano che scendono ripidi a valle. Elemento condizionante l'associazione, oltre al substrato, è la morfologia: laddove è accidentata, aspra e in forte pendio affiora la nuda roccia; dove tende invece ad addolcirsi, compaiono suoli ai primissimi stadi di sviluppo, i litosuoli, a profilo indifferenziato, la cui evoluzione è limitata, in modo particolare dall'azione erosiva degli agenti meteorici. Se la morfologia diviene ancora meno accidentata, la minore intensità di erosione, la maggiore copertura vegetale, la maggiore quantità di acqua di infiltrazione,

contribuiscono alla formazione dei proterendzina. La vegetazione, in particolare sui litosuoli, è pionieristica.

Associazione 27 - Suoli bruni leggermente acidi-Suoli bruni-Suoli bruni lisciviati (Typic Xerumbrepts- Typic Xerochrepts- Typic Haploxeralfs)

L'associazione 27 nella quale ricade il territorio di Gioiosa Marea si colloca lungo la catena dei Nebrodi, a quote che dal livello del mare si spingono fino ai 1.847 m di Monte Soro (ME). I substrati sono prevalentemente flisciodi intercalati a rocce metamorfiche. Alle quote più basse e nelle zone morfologicamente idonee, l'uso prevalente è rappresentato dal pascolo permanente o dal riposo pascolativo alternato col frumento e qualche coltura da rinnovo o foraggera nelle situazioni migliori, ma sono pure presenti lembi di querceto e di castagneto sparso. In queste zone aperte e irrazionalmente sfruttate, i suoli manifestano spesso carenza di calcio, deficienza più o meno accentuata di fosforo, reazioni sub-acida o acida, lisciviazione e quindi un graduale decadimento della fertilità, che si ripercuote negativamente sulla produttività e sulla composizione floristica del cotico. Per contro l'alta montagna è occupata in prevalenza dal ceduo (principalmente Faggio e Cerro), e dalla fustaia (principalmente conifere e Castagno), a scapito delle oasi di pascolo, che divengono più ristrette e più intervallate, generalmente sulle cime più alte. Nel complesso la potenzialità dell'associazione è giudicabile discreta, ma si esalta fortemente per il bosco.

Associazione 16 - Regosuoli-Suoli bruni-Suoli bruni leggermente lisciviati (Typic Xerorthents- Typic Xerochrepts- Typic Haploxeralfs)

Le caratteristiche dei suoli dell'associazione 16 sono fortemente condizionate dalla morfologia. Laddove la pendenza è maggiore e l'erosione è più intensa compaiono i regosuoli a profilo A-C, poco

profondo, di colore grigio-giallastro o grigio-brunastro. Generalmente sono poco strutturati, poco dotati in sostanza organica, ipocalcarei o calcarei in funzione del substrato su cui evolvono, con reazione neutra o sub-alcalina. I principali elementi nutritivi risultano quasi sempre scarsamente rappresentati. La tessitura, solitamente piuttosto sciolta, raramente tende ad essere argillosa. Quando la morfologia si addolcisce, compaiono i suoli bruni, a profilo A-B-C, che, eccezion fatta per la maggiore profondità e per la tessitura più sciolta, ripetono nella sostanza le caratteristiche fisico-chimiche degli stessi suoli precedentemente illustrati. Nelle aree altimetricamente più elevate, ove le precipitazioni sono più intense e meglio distribuite nel corso dell'anno e soprattutto, quando la calcarenite lascia il posto all'arenaria o alle sabbie, compaiono i suoli bruni leggermente lisciviati. Nell'insieme le potenzialità di questa associazione, che trova nel seminativo, nell'arboreto e nel bosco l'uso prevalente, risulta essere discreto.

***Associazione 11 - Regosuoli-Litosuoli-Suoli bruni e/o Suoli bruni vertici
(Typic Xerorthents- Lithic Xerorthents- Typic e/o Vertic Xerochrepts)***

Si tratta di suoli provenienti esclusivamente da substrati della serie gessoso-solfifero, che trovano la loro massima espansione nelle province di Agrigento, Caltanissetta, Enna e Trapani. La morfologia è piuttosto accidentata e spesso, dove l'erosione è più intensa, ai regosuoli si trovano associati spuntoni calcarei luccicanti di lenti di gesso. Il paesaggio, uno dei più difficili di tutta la Sicilia, è triste e sconsolante nel periodo invernale e diviene arido, brullo e desolato nel periodo estivo. I suoli sono in genere di scarsa fertilità e solo quando raggiungono un sufficiente spessore, come nelle doline di accumulo o nei fondo valle, consentono l'esercizio di una discreta agricoltura, basata prevalentemente sulla cerealicoltura e in parte sulle foraggere. Quando lo spessore del suolo si assottiglia affiora la nuda

roccia, il seminativo cede il posto a magri pascoli o a colture arboree tipicamente mediterranee ed arido-resistenti, come il pistacchio, il mandorlo e l'olivo. Nell'insieme l'associazione mostra una bassa potenzialità produttiva.

- *Caratterizzazione climatica delle aree di origine delle cultivar testimoni*

Marocco

Dal Marocco proviene la cultivar Kasbah caratterizzata da dormienza estiva. Non essendo disponibili informazioni relative all'esatta ubicazione del sito di prelievo in un territorio con una variabilità climatica che va dalle coste atlantiche al deserto, si riportano i dati climatici relativi alle stazioni di Rabat e Marrakech.

Nella prima la piovosità media annua risulta pari a 557 mm concentrata nei mesi compresi tra novembre e febbraio. I mesi quasi totalmente privi di pioggia vanno da giugno a settembre (Tab. 9.14).

La temperatura media è pari a 17,4°C e raggiunge e mantiene i valori massimi tra luglio e settembre (22,5°C). Il valore minimo è quello di gennaio (12,5°C) (Figura 9.10).

Nella seconda località il volume della pioggia si dimezza e la temperatura media annua sale a 19,8°C.

Il periodo secco è pari a 154 giorni a Rabat e 270 a Marrakech.

Tab. 9.14 – Precipitazioni e temperatura media annua registrata a Rabat e Marrakech.

Mese	Rabat		Marrakech	
	Precipitazioni (mm)	T. media (°C)	Precipitazioni (mm)	T. media (°C)
GEN	82	12,5	32	12
FEB	75	13,5	35	14
MAR	61	14	31	16
APR	59	15,5	29	18
MAG	26	17,5	14	20,5
GIU	7	20	4	24,5
LUG	0	22,5	0	27,5
AGO	1	23	2	28,5
SET	7	22	6	25
OTT	45	19	22	21,5
NOV	95	16	38	16,5
DIC	99	13,5	35	13
	557,0	17,4	248,0	19,8

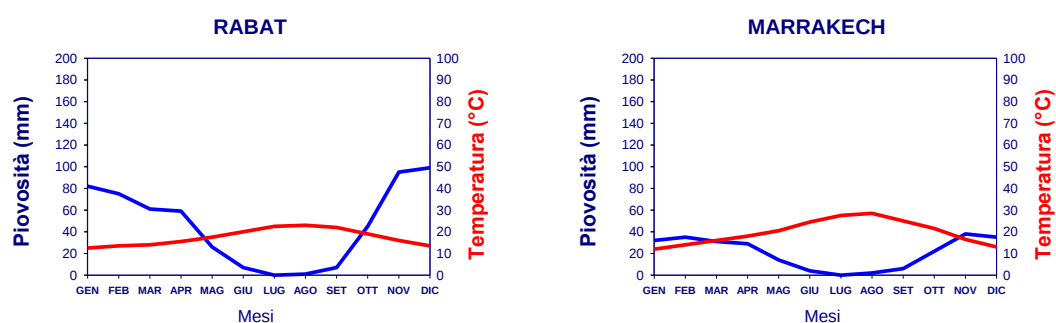


Fig. 9.10 - Climogramma di Bagnouls e Gaussen relativo alle stazioni di Rabat e Marrakech.

Portogallo

Dal Portogallo proviene la cultivar Porto resistente alla siccità e non dormiente. Non essendo disponibili informazioni relative all'esatta ubicazione del sito di prelievo in un territorio con una variabilità climatica, si riportano i dati climatici relativi alle stazioni di Faro e Lisbona.

Nella prima la piovosità media annua risulta pari a 564 mm concentrata nei mesi compresi tra ottobre e marzo. I mesi quasi totalmente privi di pioggia sono quelli di luglio ed agosto (Tab. 9.15).

La temperatura media è pari a 17,3°C e raggiunge e mantiene i valori massimi nel mese di agosto (24,5°C). Il valore minimo è quello di gennaio (11°C) (Figura 9.11).

A Lisbona il volume della pioggia è pari a 733 mm annui e la pioggia nei mesi da novembre a febbraio supera i 100 mm mensili. I mesi privi di precipitazioni sono quelli di luglio ed agosto. La temperatura media più elevata è quella del mese di agosto 24°C.

Il periodo secco è pari a 148 giorni a Faro e 123 a Lisbona.

Tab. 9.15 – Precipitazioni e temperatura media annua registrata a Faro e Lisbona.

Mese	Faro		Lisbona	
	Precipitazioni (mm)	Temperatura media (°C)	Precipitazioni (mm)	Temperatura media (°C)
GEN	97	11	109	11,5
FEB	68	12	110	12,5
MAR	54	13,5	68	14
APR	41	15	64	15
MAG	30	17,5	39	17
GIU	17	20,5	21	20,5
LUG	2	23,5	4	23
AGO	3	24,5	5	24
SET	16	22,5	26	22,5
OTT	54	19,5	80	19
NOV	83	15,5	111	15
DIC	99	12,5	106	12
	564,0	17,3	743,0	17,2

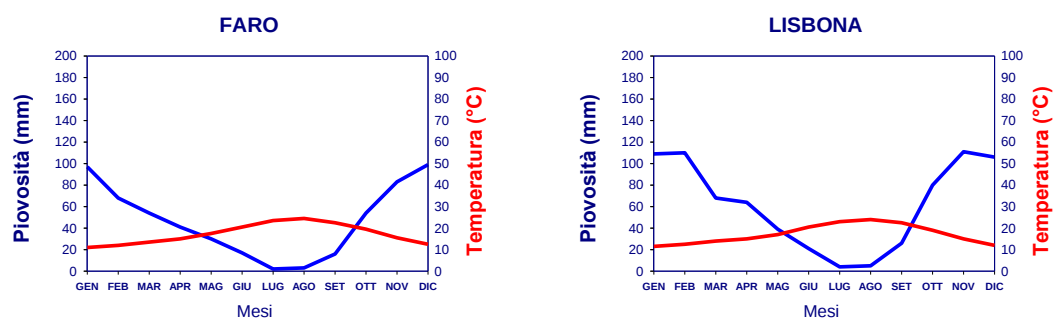


Fig. 9.11 - Climogramma di Bagnouls e Gausson relativo alle stazioni di Faro e Lisbona.

Francia del sud

Dalla Francia del sud proviene la cultivar Medly non dormiente ma resistente alla siccità.

La stazione climatica di riferimento per questa regione è quella di Nizza, dove la piovosità media annua risulta pari a 809 mm con punte superiori a 100 mm mensili nei mesi di ottobre e novembre (Tab. 9.16). Nei mesi meno piovosi di luglio ed agosto sono presenti comunque delle piogge (18 e 33 mm rispettivamente); ad agosto si registra la temperatura media più alta (23,5°C) (Figura 9.12). Le temperature più basse sono quelle dei mesi che vanno da dicembre a febbraio (9 °C). Il periodo secco si riduce a soli 71 giorni.

Tab. 9.16 – Precipitazioni e temperatura media annua registrata a Nizza.

Mese	Precipitazioni (mm)	Temperatura media (°C)
GEN	77	8
FEB	79	9
MAR	71	10,5
APR	66	11,5
MAG	56	16
GIU	41	20
LUG	18	22,5
AGO	33	23,5
SET	65	20,5
OTT	124	17
NOV	101	12,5
DIC	78	9
	809,0	15,0

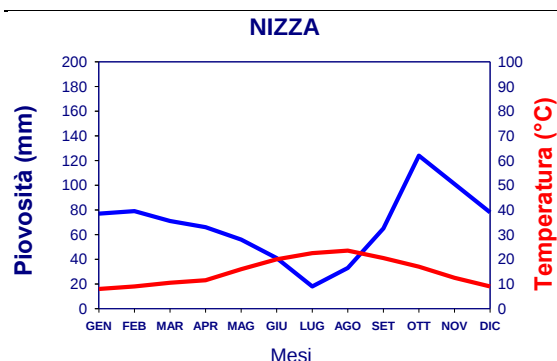


Fig. 9.12 - Climogramma di Bagnouls e Gaussen relativo alla stazione di Nizza.

9.1.3 Caratterizzazione climatica e pedologica della stazione in cui sono state effettuate le prove sperimentali

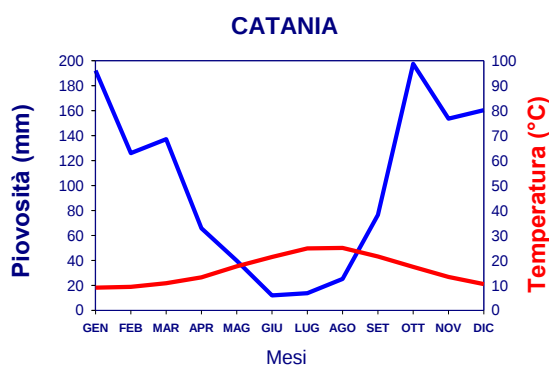
Catania (37°30'4"68 N, 15°4'27"12 E)

La temperatura media annua in questa stazione a 10 slm è pari a 17,9°C, con un valore minimo a gennaio e febbraio (in media 11,5 °C) e un valore massimo a luglio e agosto (25,5 °C in media) (Tab.9.17).

Tab. 9.17 - Serie storica (1965-1994) della pioggia e della temperatura media annua registrata a Catania.

Mese	Pioggia (mm)	Temperatura media (°C)
GEN	95,0	11,4
FEB	59,6	11,7
MAR	55,5	13,0
APR	33,1	15,2
MAG	24,0	18,9
GIU	6,8	22,7
LUG	6,1	25,3
AGO	13,4	25,8
SET	53,1	23,0
OTT	128,7	19,7
NOV	98,0	15,5
DIC	108,5	12,5
<i>Media</i>	<i>681,9</i>	<i>17,9</i>

Le precipitazioni annue risultano pari a 682 mm; i mesi più piovosi sono quelli di ottobre (129 mm) e dicembre (109 mm), quelli meno piovosi



giugno e luglio (6,5 mm in media).

Il periodo secco si protrae per 99 giorni, dalla prima decade di maggio alla prima di agosto (Fig.9.13).

Figura 9.13 - Climogramma di Bagnouls e Gaussen relativo alla stazione di Catania.

9.1.4 Andamento termo-pluviometrico durante il periodo di prove

Temperatura

Nell'autunno 2008, periodo in cui sono state avviate le prove la temperatura massima dell'aria ha fatto registrare valori di poco superiori a 20 °C (ottobre), scesi a circa 17 °C tra novembre e dicembre per toccare la punta minima a gennaio 2009 con 15,6 °C (media mensile) (Figura 9.14). A partire da febbraio è stata registrata una progressiva crescita; a maggio la media mensile era di 28,6 °C e quella di giugno e luglio di 32 °C, per poi decrescere a partire dal mese di agosto e raggiungere il valore più basso a gennaio 2010 (11 °C).

La temperatura minima mensile da 15,7 °C (ottobre 2008) si è ridotta progressivamente fino a gennaio 2009 (9,7 °C) per risalire progressivamente e toccare la punta massima a luglio 2009 (27 °C). Nel corso del secondo anno i valori minimi si sono mantenuti di alcuni gradi più alti rispetto al ciclo precedente.

Precipitazioni

La pioggia dell'autunno 2008 è stata abbondante (520 mm da ottobre a dicembre) e ben distribuita, con un picco nella seconda e terza decade di dicembre (265 mm). Tra gennaio e maggio 2009 la pioggia è stata di minore entità (130 mm), buona parte concentrata nel mese di marzo (84 mm). Dopo un'assenza totale di pioggia da maggio ad agosto, nel mese di settembre 2009 questa è ripresa (149 mm). Con alternanze di mesi piovosi e asciutti nell'autunno 2009 la pioggia complessivamente registrata è stata pari a 319 mm. L'inverno e la primavera 2010 sono stati, contrariamente all'anno precedente, alquanto piovosi (358 mm).

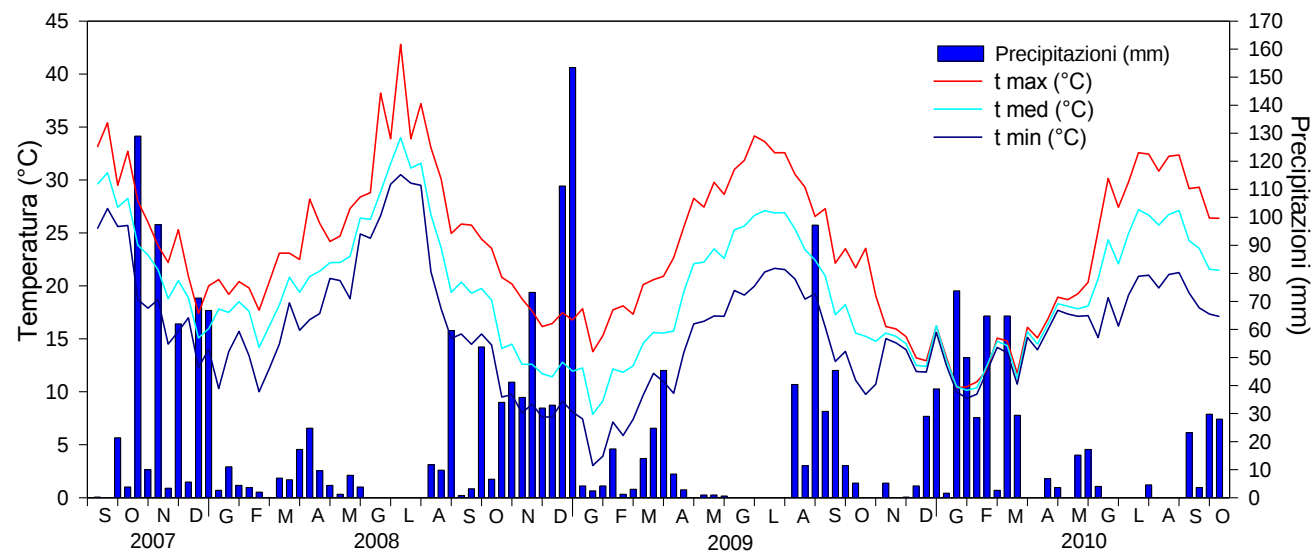


Figura 9.14 – Andamento della temperatura massima, minima e media e della pioggia nel triennio 2008-2010

9.1.5 Produzione dei cespi

2009 (Foto 9.1-9.4)

La produzione del primo anno deriva dai quattro sfalci realizzati, tre in estate (7 luglio, 4 agosto e 17 settembre) ed uno in autunno (13 novembre). Il ciclo produttivo si svolge tutto in condizioni di buon rifornimento idrico, mantenendo costantemente il livello di umidità del suolo al di sopra dei 2/3 dell'acqua utile con lo scopo di poter evidenziare la dormienza estiva. Nel corso della stagione estiva sono state effettuati complessivamente 5 interventi irrigui che hanno apportato 200 mm di acqua (Fig. 9.15). Il deficit idrico si manifesta a partire dalla fine di maggio e si conclude all'inizio di agosto grazie alle abbondanti piogge iniziate piuttosto precocemente.

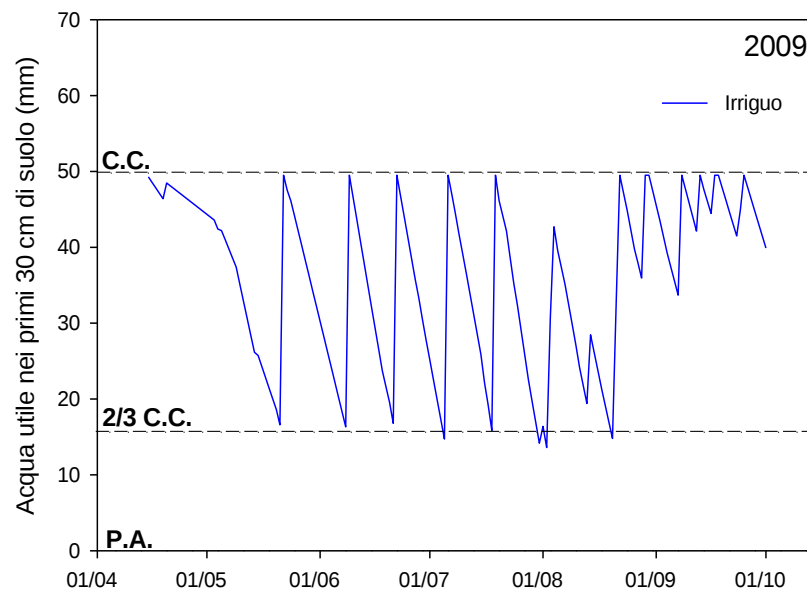


Figura 9.15 – Acqua utile nei primi 30 cm di suolo e interventi irrigui nel corso della primavera e dell'estate 2009. C.C. = capacità di campo; P.A. = punto di appassimento.

Peso secco della pianta

La produzione complessiva del primo anno (2009) deriva dalla somma di quattro sfalci effettuati il 7 luglio, 4 agosto, 17 settembre, 13 novembre. Nella media dei genotipi allo studio la produzione cumulata per cespo è stata di 64,1 g. La produzione delle cv Medly (144 g) e Porto (110,1 g), statisticamente indifferenziata, risulta significativamente più alta rispetto a quella dei genotipi siciliani (Tab. 9.18). Tra questi emergono comunque tre genotipi. 65 (Gioiosa Marea, 95,3 g), 63 (Castell'Umberto, 84,7 g), 56 (Fornazzo, 69,0 g), 46 (Bronte, 65,7 g). La produzione degli altri sei genotipi siciliani si colloca su valori statisticamente inferiori al genotipo 65 (tra 20, 4 g del genotipo 98 e 40,0 g del genotipo 24). La cv Kasbah si pone su livelli produttivi simili a questi ultimi (34,3 g).

La produzione delle foglie rappresenta, nella media dei genotipi, il 51% della biomassa totale del cespo (32.6 g), quella dei culmi e delle guaine fogliari il 35% , quella dell'infiorescenza il 14%. I rapporti tra i genotipi, relativamente alla componente peso delle guaine e dei culmi mettono in evidenza delle differenze rispetto a quanto osservato per il peso globale. Infatti, rispetto al valore medio, sia Medly che Porto presentano, rispetto a tutte le altre, un migliore rapporto foglie/steli. Il peso dell'infiorescenza è maggiore nel genotipo 63 (22,3 g) rispetto a tutte le altre (tra 2,3 e 15,9 g).

Tabella 9.18 - Peso secco della pianta, dei culmi, delle foglie e delle infiorescenze (Anno 2009). Sulla stessa colonna valori con lettere diverse differiscono per $p < 0,05$ (SNK test).

Genotipo	PS Pianta	PS Culmi	PS Foglie	PS Infiorescenze
1	31,57 cd	10,48 cd	17,77 c	3,33 c
4	38,76 cd	15,68 cd	18,64 c	4,45 c
24	40,00 cd	18,13 bd	14,62 c	7,26 bc
46	65,72 bd	19,27 ad	37,71 bc	8,75 bc
56	69,03 bd	25,17 ad	35,15 bc	8,71 bc
63	84,70 bc	31,04 ac	31,39 bc	22,27 a
65	95,33 b	37,58 ab	41,90 bc	15,85 b
81	34,99 cd	14,35 cd	14,52 c	6,13 c
98	20,36 d	8,28 d	9,81 c	2,27 c
Kasbah	34,25 cd	13,16 cd	16,00 c	5,10 c
Medly	144,21 a	39,84 a	92,37 a	12,00 bc
Porto	110,09 ab	37,16 ab	61,46 b	11,47 bc
media	64,08	22,51	32,61	8,96

Sfalcio del 7 luglio

Il primo sfalcio è stato effettuato tardivamente dal momento che il trapianto di tutti i genotipi avviene in primavera (1 aprile). La produzione media di tutti i genotipi è di 40,5 g che rappresenta oltre la metà (63%) della produzione dell'anno (Tab. 9.19a). La produzione più elevata è quella di Medly (71,7 g) che non si differenzia da quella di Porto (54,9 g) e da quella dei genotipi siciliani 63 (62,2 g), 65 (61,5 g), 56 (51,7 g). La produzione di Kasbah e degli altri genotipi siciliani è inferiore di oltre il 50% rispetto alle precedenti (tra 13,8 g e 37,0 g). Il contributo dei culmi e delle guaine fogliari è pari al 46% (18,6 g), quello delle foglie il 32% (12,9 g) e quello delle infiorescenze il 22% (9,0 g).

Il contenuto di umidità della pianta intera è pari al 46,8%, quello dei culmi e delle guaine 50% e quello delle foglie 45,6%. L'umidità delle infiorescenze è più bassa, 31,4%. Nel complesso le differenze tra i genotipi sono molto contenute (Tab. 9.19b).

Tabella 9.19a - Peso secco della pianta, dei culmi, delle foglie e delle infiorescenze (Taglio del 07/07/2009). Sulla stessa colonna valori con lettere diverse differiscono per $p < 0,05$ (SNK test).

Genotipo	P.S. Pianta	P.S. Culmi	P.S. Foglie	P.S. Infiorescenze
1	17,96 de	8,69 c	5,95 b	3,33 c
4	32,06 be	14,90 ac	12,71 b	4,45 c
24	32,19 be	17,40 ac	7,54 b	7,26 bc
46	37,14 be	15,13 ac	13,27 b	8,75 bc
56	51,69 ad	23,66 ac	19,33 b	8,71 bc
63	62,20 ab	28,40 ab	11,54 b	22,27 a
65	61,47 ab	30,71 a	14,91 b	15,85 b
81	28,06 be	13,13 ac	8,81 b	6,13 c
98	13,80 e	6,96 c	4,57 b	2,27 c
Kasbah	22,84 ce	10,03 bc	7,72 b	5,10 c
Medly	71,72 a	23,75 ac	35,97 a	12,00 bc
Porto	54,94 ac	30,83 a	12,64 b	11,47 bc
media	40,50	18,63	12,91	8,96

Tabella 9.19b - Percentuale di umidità (Taglio del 07/07/2009)

Genotipo	% Umidità pianta intera	% Umidità culmi	% Umidità foglie	% Umidità infior.
1	47,14	46,73	51,57	33,75
4	42,62	46,13	41,05	26,76
24	44,92	50,32	44,48	27,67
46	47,90	49,48	49,34	31,87
56	53,43	53,69	58,09	35,40
63	46,73	55,01	43,21	31,88
65	47,50	48,90	55,53	31,01
81	41,10	47,85	37,33	21,82
98	43,43	44,91	44,62	35,62
Kasbah	39,96	43,27	41,38	29,76
Medly	54,03	55,16	58,99	32,11
Porto	53,30	57,90	50,16	38,97
media	46,84	49,95	47,98	31,39

Sfalcio del 4 agosto

Questo sfalcio viene effettuato solo su 8 dei 12 genotipi. I quattro assenti sono oltre Kasbah, dormiente, i genotipi siciliani 1 (Augusta), 81 (Villapriolo) e 98 (Riesi). La produzione risulta costituita dalle sole foglie. Nella media dei genotipi il peso di un cespo è pari a 5,9 g; significativamente più elevato quello di Medly (18,1 g) e Porto (14,7 g) rispetto ai genotipi siciliani che superano solo in un caso i 4 g (Tab. 9.20a). Il contributo di questo sfalcio alla produzione complessiva è poco meno del 10%, con differenze sensibili tra i genotipi dal momento che il contributo di questo sfalcio alla produzione di Medly e Porto si aggira intorno al 13%, mentre quella dei genotipi siciliani rappresenta meno del 4% della produzione complessiva.

L'umidità della biomassa in questo taglio costituito esclusivamente da guaine e foglie è pari al 66,4% senza differenze tra i genotipi (Tab. 9.20b).

Tabella 9.20a - Peso secco della pianta e numero totale di foglie (Taglio del 04/08/2009). Sulla stessa colonna valori con lettere diverse differiscono per $p < 0,05$ (SNK test).

Genotipo	P.S. Foglie	N° tot. Foglie
4	1,56 b	40,96 b
24	1,10 b	41,88 b
46	4,14 b	82,38 b
56	2,43 b	75,84 b
63	1,59 b	42,17 b
65	3,78 b	75,64 b
Medly	18,14 a	413,49 a
Porto	14,69 a	432,01 a
media	5,93	150,55

Tabella 9.20b - Percentuale di umidità (Taglio del 04/08/2009)

Genotipo	% Umidità Foglie
4	63,21
24	63,46
46	69,30
56	65,59
63	66,69
65	67,15
Medly	67,47
Porto	68,00
media	66,36

Sfalcio del 17 settembre

Anche in questa data, 44 giorni dopo lo sfalcio precedente, la produzione media dei cespi di tutti i genotipi allo studio rappresenta circa il 10% di quella cumulata. La produzione di Medly (18,9 g) e quella di Porto (19,7 g) è, anche in questo caso, statisticamente più alta di quella degli altri genotipi (produzioni per cespo comprese tra 8,3 e 2,1 g) che non si differenziano tra loro (Tab. 9.21a).

L'umidità della biomassa costituita anche in questo caso dalle sole foglie e guaina è più alta che nel precedente sfalcio e pari al 74,2% con pochissime differenze tra i genotipi (Tab. 9.21b).

Tabella 9.21a - Peso secco della pianta e numero totale di foglie (Taglio del 17/09/2009). Sulla stessa colonna valori con lettere diverse differiscono per $p < 0,05$ (SNK test).

Genotipo	P.S. Foglie	N° tot. Foglie
1	2,33 b	96,12 b
4	2,66 b	94,32 b
24	2,11 b	76,23 b
46	5,50 b	149,45 b
56	3,59 b	128,81 b
63	8,33 b	126,18 b
65	8,21 b	227,68 b
81	2,36 b	227,27 b
98	2,20 b	72,38 b
Kasbah	2,34 b	137,97 b
Medly	18,95 a	600,76 a
Porto	19,75 a	561,09 a
media	6,53	208,19

Tabella 9.21b - Percentuale di umidità (Taglio del 17/09/2009)

Genotipo	% Umidità Foglie
1	74,04
4	73,79
24	67,97
46	76,95
56	75,77
63	70,53
65	77,47
81	74,30
98	75,80
Kasbah	74,73
Medly	74,71
Porto	74,32
media	74,20

Sfalcio del 13 novembre

La produzione media del cespo dei 12 genotipi è pari a 13,1 g. Quella di Medly (35,4 g) è statisticamente superiore alle altre. La produzione di Porto (20,7 g) si colloca su valori simili a quelli del genotipo 46 (18,9 g), 56 (11,3 g), 63 (12,6 g), 65 (21,9 g) (Tab. 9.22a). Inferiore statisticamente la produzione di Kasbah (9,1 g) e quella di tutti gli altri siciliani (tra 11,3 g e 2,5 g). In questa fase dello sviluppo del cespo i culmi rappresentano il 30% del peso globale e le foglie il 70%.

L'umidità della biomassa continua a crescere ed è pari al 78,1% quella delle foglie e 77,5% quella dei culmi. Anche in questo caso le differenze tra i genotipi sono scarse (Tab. 9.22b).

Tabella 9.22a - Peso secco della pianta, dei culmi, delle foglie e delle infiorescenze (Taglio del 13/11/2009). Sulla stessa colonna valori con lettere diverse differiscono per $p < 0,05$ (SNK test).

Genotipo	P.S. Pianta	P.S. Culmi	P.S. Foglie
1	11,28 bc	1,79 b	9,49 bc
4	2,49 c	0,78 b	1,71 c
24	4,60 c	0,73 b	3,87 c
46	18,94 b	4,14 b	14,80 ab
56	11,31 bc	1,52 b	9,79 bc
63	12,58 bc	2,65 b	9,94 bc
65	21,88 b	6,88 b	15,01 ab
81	4,57 c	1,22 b	3,35 c
98	4,37 c	1,32 b	3,05 c
Kasbah	9,08 bc	3,13 b	5,95 bc
Medly	35,41 a	16,09 a	19,32 a
Porto	20,71 b	6,33 b	14,38 ab
media	13,10	3,88	9,22

Tabella 9.22b - Percentuale di umidità (Taglio del 13/11/2009)

Genotipo	% H ₂ O Pianta	% H ₂ O Culmi	% H ₂ O Foglie
1	76,95	79,82	76,39
4	71,45	63,73	74,99
24	77,30	75,67	77,46
46	79,70	81,51	79,09
56	79,53	80,98	79,14
63	80,32	82,73	79,64
65	82,06	83,40	81,54
81	78,63	76,26	79,50
98	77,39	78,77	76,73
Kasbah	76,63	72,79	78,06
Medly	75,64	74,92	76,29
Porto	78,48	79,69	77,94
media	77,84	77,52	78,06

N° totale di culmi 2009

Nel primo sfalcio effettuato, il numero di culmi per cespo risulta pari a 30,6, coerentemente con la biomassa prodotta il numero totale di culmi è più elevato in Porto (57,8 culmi cespo⁻¹), Medly (50 culmi cespo⁻¹), 65 (58,2 culmi cespo⁻¹) (Tab. 9.23). Negli altri genotipi il numero dei culmi si riduce a circa la metà.

Relativamente al numero totale delle foglie i genotipi presentano delle differenze più sensibili; prevale nettamente Medly con 466 foglie cespo⁻¹, mentre Porto ne ha soltanto 183. Tra i genotipi siciliani spiccano i genotipi 56, con 287 foglie cespo⁻¹ e 65 con 282 foglie cespo⁻¹. Tra 91 e 185 il numero di foglie per cespo nei restanti genotipi siciliani. Kasbah ne differenzia 125.

Per quanto riguarda il numero di infiorescenze, pari a 21,7 per cespo, nella media dei genotipi il numero più elevato si riscontra in Porto

(46) e Medly (38) ma anche nel genotipo 65 (43). In tutti gli altri si riduce tra 22 a 7,7.

Tabella 9.23 - Numero totale dei culmi, delle foglie e delle infiorescenze (Taglio del 07/07/2009). Sulla stessa colonna valori con lettere diverse differiscono per $p < 0,05$ (SNK test).

Genotipo	N° tot. Culmi	N° tot. Foglie	N° tot. Infiorescenze
1	15,83 c	86,99 c	8,17 c
4	12,00 c	111,70 bc	7,83 c
24	21,83 bc	130,95 bc	15,50 c
46	24,83 bc	185,25 bc	14,00 c
56	35,33 ac	286,81 b	20,33 bc
63	28,00 bc	131,80 bc	22,33 bc
65	58,17 a	281,85 b	43,33 a
81	27,83 bc	135,18 bc	20,17 bc
98	11,50 c	91,34 c	7,67 c
Kasbah	23,83 bc	124,97 bc	17,00 c
Medly	50,00 ab	466,33 a	38,33 ab
Porto	57,83 a	182,99 bc	46,00 a
media	30,58	184,68	21,72

Tabella 9.24 - Numero totale dei culmi e delle foglie (Taglio del 13/11/2009). Sulla stessa colonna valori con lettere diverse differiscono per $p < 0,05$ (SNK test).

Genotipo	N° tot. Culmi	N° tot. Foglie
1	54,65 bd	267,89 bd
4	21,98 d	64,07 d
24	41,97 cd	134,28 cd
46	105,24 ac	472,98 ac
56	65,33 bd	286,84 bd
63	53,99 bd	165,38 cd
65	119,78 ab	427,83 bd
81	57,19 bd	185,58 cd
98	35,50 cd	114,63 cd
Kasbah	64,10 bd	406,29 bd
Medly	137,29 a	753,25 a
Porto	135,91 a	581,84 ab
media	74,41	321,74

2010 (Foto 9.5-9.6)

La produzione del secondo anno deriva dai tre sfalci realizzati il 25 gennaio, 1 aprile, 6 maggio e solo per alcuni genotipi il 4 agosto. Si svolge quasi del tutto in condizioni di buon rifornimento idrico, fino al mese di maggio (Fig. 9.16), anche grazie alla piovosità (Fig. 9.14). Il deficit idrico si manifesta a partire dal mese di giugno, quando vengo già utilizzati i 2/3 dell'acqua utile nel suolo. L'irrigazione, a causa del mancato rifornimento da parte del consorzio che gestisce la rete idrica, viene ripristinata a partire dal mese di luglio e vengono effettuati un totale di 5 interventi irrigui che apportano 200 mm di acqua.

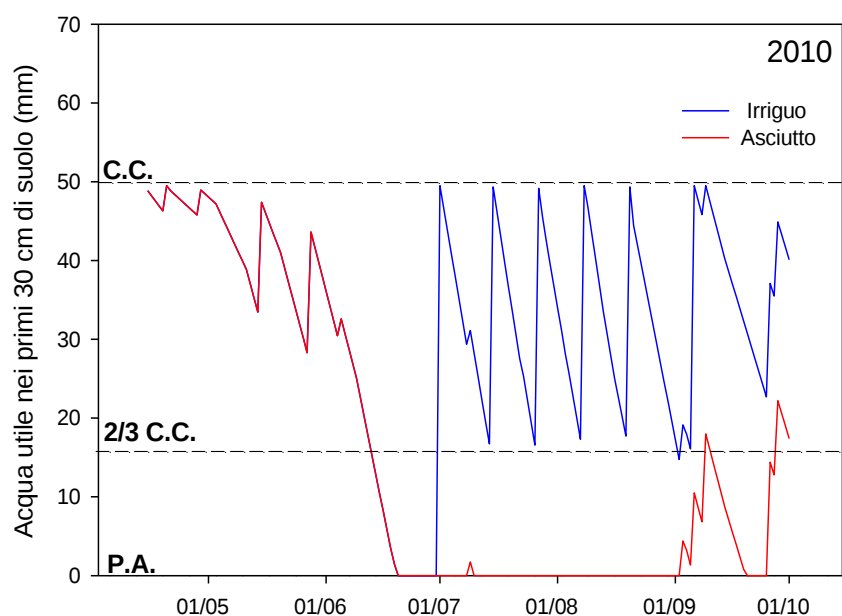


Figura 9.16 – Acqua utile nei primi 30 cm di suolo e interventi irrigui nel corso dell'estate 2010. C.C. = capacità di campo; P.A. = punto di appassimento.

La sopravvivenza dei genotipi al secondo anno dall'impianto, nelle condizioni in cui si è operato, è risultata soddisfacente, dal momento che sia in asciutto che in irriguo ha superato l'80% senza differenze in relazione all'acqua somministrata.

La produzione cumulata del singolo cespo è pari a 53,1 g di sostanza secca (Tab. 9.25). I genotipi mostrano differenze significative. La più produttiva risulta la cv Porto (83,8 g), la cv francese Medly non si differenzia dalla precedente (79,3 g). Non si differenziano da queste produzioni quelle di alcuni genotipi siciliani quali il 63 (Castell'Umberto, 91,5 g), 46 (Bronte, 78,5 g), 56 (Fornazzo, 70,7 g). Si differenzia dalle prime tre il genotipo 65 (Gioiosa Marea, 60 g). La produzione del genotipo 1 (Augusta, 40,6 g) è della stessa entità di Kasbah (42,9 g), seguono tutti gli altri 4 (Ferla), 24 (S. Michele di Ganzaria), 81 (Villapriolo), 98 (Riesi) con rese comprese tra 20 e 25 g.

Circa il 32% della produzione totale di un cespo è costituita dal peso del culmo e delle guaine fogliari, 17,2 g. Le foglie rappresentano il 54% del peso totale (28,7 g) e le infiorescenze il 14% (7,2 g). Per queste componenti della produzione vi sono differenze significative tra i genotipi e queste ricalcano abbastanza fedelmente quelle individuate per la produzione complessiva del cespo.

Il peso delle foglie appare più elevato in misura statisticamente significativa nelle cv. Porto e Medly (46 e 49 g rispettivamente) e nei genotipi siciliani 46, 63, 65 e 56 (44, 47,38 e 34 g rispettivamente); negli altri genotipi siciliani e in Kasbah il peso delle foglie non supera quasi mai i 20 g.

L'infiorescenza ha un peso maggiore nei genotipi siciliani 56 e 63 (tra 14 e 16 g) e notevolmente più bassa nelle altre (tra 9,7 g e 2,4 g).

Tabella 9.25 - Totale peso secco pianta intera, culmi, foglie ed infiorescenze (2010). Sulla stessa colonna valori con lettere diverse differiscono per $p < 0,05$ (SNK test).

Genotipo	Pianta	Culmi	Foglie	Infiorescenze
1	40,63 cd	14,37 bc	20,14 c	6,11 bd
4	20,14 d	7,22 c	9,55 c	3,37 cd
24	24,47 d	9,54 bc	11,69 c	3,24 cd
46	78,46 ab	24,51 a	44,28 ab	9,66 b
56	70,70 ab	23,33 a	33,56 b	13,81 a
63	91,46 a	28,19 a	47,38 ab	15,89 a
65	59,91 bc	16,11 b	38,03 ab	5,77 bd
81	25,01 d	8,90 bc	12,92 c	3,19 cd
98	19,97 d	7,75 c	9,77 c	2,45 d
Kasbah	42,88 cd	16,36 b	21,61 c	4,91 bd
Medly	79,29 ab	24,16 a	46,33 ab	9,40 b
Porto	83,85 a	26,29 a	49,32 a	8,24 bc
media	53,06	17,23	28,71	7,17

Sfalcio del 25 gennaio 2010

Lo sfalcio invernale, fa rilevare un peso medio del cespo pari a 13,7 g rappresenta il 26% della produzione complessiva (Tab. 9.26a). La produzione del genotipo 46 (25,6 g) supera anche se non in misura significativa quella delle cultivar testimoni Medly (19 g), Porto (17,5 g), Kasbah (17 g). Non si discosta da questa anche la produzione dei genotipi 63 e 65 (18 e 18,7 g rispettivamente) e 56 (15,2 g). Alquanto ridotta la produzione dei genotipi 1, 4, 24, 81, 98 (tra 11 g e 4,5 g). In questo sfalcio il 75% del peso secco è rappresentato dalle foglie (10,4 g).

L'umidità delle foglie e quella dei culmi supera l'80% e appare molto uniforme tra i genotipi (Tab. 9.26b).

Tabella 9.26a – Peso secco della pianta, dei culmi e delle foglie (Taglio del 25/01/2010). Sulla stessa colonna valori con lettere diverse differiscono per $p < 0,05$ (SNK test).

Genotipo	Pianta	Culmi	Foglie
1	11,18 bc	2,92 bd	8,26 bc
4	4,53 c	0,89 d	3,64 ac
24	5,22 ac	1,30 d	3,92 c
46	25,59 a	5,95 a	19,64 a
56	15,16 ac	3,11 bd	12,05 ac
63	18,13 ab	3,90 ac	14,23 ab
65	18,75 ab	4,95 c	13,79 ab
81	8,10 bc	2,29 cd	5,80 bc
98	4,56 c	1,07 d	3,49 c
Kasbah	17,03 ab	5,29 ab	11,73 ac
Medly	19,04 ab	4,65 ac	14,40 ab
Porto	17,52 ab	4,08 ac	13,44 ab
media	13,73	3,37	10,37

Tabella 9.26b - Percentuale di umidità (Taglio del 25/01/2010)

Genotipo	% H ₂ O Pianta intera	% H ₂ O Culmi	% H ₂ O Foglie
1	79,54	79,04	80,30
4	78,13	80,83	77,28
24	79,31	81,60	78,24
46	80,78	84,35	79,34
56	84,29	85,38	83,92
63	81,92	84,67	80,92
65	82,18	85,33	80,90
81	81,49	84,21	80,27
98	77,92	79,89	77,10
Kasbah	80,86	83,94	79,17
Medly	79,84	81,56	79,11
Porto	79,22	82,48	77,91
media	80,46	82,77	79,54

Sfalcio del 1 aprile 2010

Il peso del cespo, nella media di tutti i genotipi è pari a 9,5 g, che rappresenta il 18% della produzione cumulata di tutti gli sfalci (Tab. 9.27a). Anche in questo caso il cespo del genotipo 46 presenta il peso più alto (15,9 g) insieme al genotipo 56 (11,9 g) e alla cv. Medly (13,3 g). Anche in questo caso il 70% del peso del cespo è rappresentato dalle foglie (6,5 g), la restante parte dalle guaine fogliari (3,0 g). Non si modificano, rispetto al peso complessivo del cespo i rapporti tra i genotipi.

L'umidità si riduce leggermente rispetto allo sfalcio precedente ed è pari al 77% nelle foglie ed al 78% nei culmi (Tab. 9.27b).

Tabella 9.27a - Peso secco della pianta, dei culmi e delle foglie (Taglio del 01/04/2010). Sulla stessa colonna valori con lettere diverse differiscono per $p < 0,05$ (SNK test).

Genotipo	Pianta	Culmi	Foglie
1	10,15 bd	3,00 bd	7,15 bd
4	5,05 de	1,64 d	3,41 d
24	8,28 be	2,87 bd	5,42 bd
46	15,88 a	4,42 ab	11,47 a
56	11,86 ab	3,72 bc	8,14 b
63	8,18 be	2,25 cd	5,93 bd
65	10,73 bc	2,88 bd	7,85 bc
81	6,09 ce	2,04 cd	4,05 cd
98	4,77 e	1,43 d	3,34 d
Kasbah	9,19 be	3,44 bc	5,75 bd
Medly	13,28 ab	5,18 a	8,10 b
Porto	10,66 bc	3,49 bc	7,17 bd
media	9,51	3,03	6,48

Tabella 9.27b - Percentuale di umidità (Taglio del 01/04/2010)

Genotipo	% H ₂ O Pianta intera	% H ₂ O Culmi	% H ₂ O Foglie
1	80,29	81,42	79,92
4	77,52	70,82	79,98
24	56,10	51,57	57,97
46	78,94	83,95	74,23
56	82,70	82,98	82,59
63	81,82	78,92	82,13
65	72,58	77,00	70,42
81	77,28	75,60	78,01
98	77,93	80,82	76,40
Kasbah	81,79	85,55	78,31
Medly	82,12	82,92	81,54
Porto	81,59	83,19	80,62
media	77,56	77,90	76,84

Sfalcio del 6 maggio 2010

La produzione del cespo, nella media di tutti i genotipi allo studio è pari a 23,3 g, pari al 44% della produzione globale (Tab. 9.28a). Uno dei genotipi siciliani, il 63, mostra una produzione statisticamente superiore a quelle delle due cultivar più produttive (49 g contro 29,7 g e 27,5 g di Porto e Medly rispettivamente), per il fatto che a questa data si concentra oltre il 54 % della sua produttività complessiva. Più elevate delle suddette cv anche le produzioni dei genotipi 46 e 56 (37 g).

In questo sfalcio il peso delle foglie (9,6 g) si riduce a circa il 30% a favore delle infiorescenze (6,4 g). Il peso delle foglie è maggiore nel genotipo 63 (16,7 g) rispetto a tutti gli altri genotipi. Anche l'infiorescenza del genotipo 63 supera in peso (13,5 g) quella di tutti gli altri.

L'umidità della biomassa scende ulteriormente che nella media delle tre frazioni è pari al 71,4% (Tab. 9.28b).

Tabella 9.28a - Peso secco della pianta, dei culmi, delle foglie e delle infiorescenze (Taglio del 06/05/2010). Sulla stessa colonna valori con lettere diverse differiscono per $p < 0,05$ (SNK test).

Genotipo	Pianta	Culmi	Foglie	Infiorescenze
1	19,29 cd	8,45 cf	4,73 de	6,11 ce
4	10,56 d	4,69 f	2,50 e	3,37 de
24	10,97 d	5,37 ef	2,35 e	3,24 de
46	36,98 ab	14,15 ac	13,18 ab	9,66 ac
56	37,23 ab	14,62 ab	10,65 bc	11,97 ab
63	49,04 a	19,22 a	16,67 a	13,15 a
65	20,67 cd	7,46 df	8,08 cd	5,13 ce
81	10,83 d	4,57 f	3,07 de	3,19 de
98	10,65 d	5,26 ef	2,94 de	2,45 e
Kasbah	16,66 cd	7,62 bf	4,13 de	4,91 ce
Medly	27,52 bc	11,55 be	8,05 cd	7,92 bd
Porto	29,75 bc	12,00 bd	12,27 bc	5,48 ce
media	23,35	9,58	7,38	6,38

Tabella 9.28b - Percentuale di umidità (Taglio del 06/05/2010)

Genotipo	% Umidità Pianta intera	% Umidità Culmi	% Umidità Foglie	% Umidità Infioresc.
1	73,25	75,21	72,21	70,67
4	72,38	73,58	73,66	67,63
24	71,24	72,72	71,99	68,72
46	70,95	72,19	75,19	58,36
56	72,35	72,15	75,56	67,56
63	72,17	71,83	74,27	69,60
65	71,80	72,85	73,35	67,99
81	63,26	61,67	70,53	59,86
98	71,49	71,42	72,56	69,70
Kasbah	70,92	68,41	71,69	71,44
Medly	71,94	73,50	73,70	66,58
Porto	75,63	78,09	76,28	61,87
media	71,45	71,97	73,42	66,67

Sfalcio del 4 agosto 2010

Quest'ultimo sfalcio riguarda solo le due cv testimoni non dormienti (Porto e Medly) e i tre genotipi siciliani 56 (Fornazzo), 63 (Castell'Umberto), 65 (Gioiosa Marea). Nella media di tutti i genotipi la produzione è pari a 15,7 g, il 30% della produzione totale (Tab. 9.29a). Le cv Porto e Medly risultano le più produttive, con 25,9 g e 20,0 g rispettivamente, seguono le produzioni statisticamente inferiori dei genotipi 63 (16,1 g), dal 65 (9,8 g) e 56 (6,4 g). La produzione media di tutti i genotipi in irriguo è pari a 22,8 g, statisticamente superiore a quella in asciutto (8,5 g). Il divario nelle due condizioni di soddisfacimento idrico differisce tra i genotipi e genera interazione significativa: è minimo nel genotipo 56 (7,7 contro 5,2 g rispettivamente in irriguo e asciutto) ed è massimo nel genotipo 65 (16,7 contro 2,8 g rispettivamente in irriguo ed asciutto). I 2/3 del peso secco complessivo è rappresentato dalle foglie (10,8 g).

L'umidità della biomassa raggiunge il valore minimo in corrispondenza di questo sfalcio. Per la pianta intera si registra un valore pari a 54,7% in irriguo e 31,8% in asciutto (Tab. 9.29b).

Tabella 9.29a - Peso secco della pianta, dei culmi, delle foglie e delle infiorescenze (Taglio del 04/08/2010). Sulla stessa colonna valori con lettere diverse differiscono per $p < 0,05$ (SNK test).

Genotipo	Pianta	Culmi	Foglie	Infiorescenze
56	6,45 d	1,89 b	2,73 c	1,84 ab
63	16,11 bc	2,82 b	10,55 b	2,74 a
65	9,76 cd	0,83 b	8,30 b	0,64 c
Medly	20,05 ab	2,78 b	15,79 a	1,48 bc
Porto	25,92 a	6,72 a	16,45 a	2,75 a
media	15,66	3,01	10,76	1,89

$DMS_{interazione} = 9,27$

Tabella 9.29b - Percentuale di umidità (Taglio del 04/08/2010)

Genoti po	IRRIGUO					ASCIUTTO		
	% Umidità Pianta	% Umidità Culmi	% Umidità Foglie	% Umidità Inf.	% Umidità Pianta	% Umidità Culmi	% Umidità Foglie	% Umidità Inf.
56	44,02	37,09	50,57	16,81	20,72	29,38	23,74	7,96
63	57,21	44,43	60,23	25,33	30,50	32,17	44,52	12,63
65	56,49	57,14	57,17	24,62	25,33	18,81	29,92	18,21
Medly	53,67	40,47	55,36	25,72	43,78	50,43	44,03	28,37
Porto	62,04	60,99	64,21	38,17	38,90	40,82	41,26	21,59
media	54,68	48,02	57,51	26,13	31,85	34,32	36,69	17,75

- *Numero di culmi foglie e infiorescenza*

Nella media dei quattro sfalci effettuati nel 2010, il numero di culmi per cespo risulta pari a 56, quello delle foglie 321 e quello delle infiorescenze 14.

I culmi per cespo sono in numero statisticamente maggiore rispetto a tutti gli altri genotipi in Porto (95 culmi cespo⁻¹). Seguono Medly (76 culmi cespo⁻¹), i genotipi 46, 56 e 65 (71 culmi cespo⁻¹); sono intorno a 55 in Kasbah e genotipo 1, quindi inferiori in tutti gli altri (Tab. 9.30).

Le foglie per cespo sono in numero più elevato e statisticamente non differenziato in Porto, Medly, genotipi 46 e 56 (tra 575 e 433foglie cespo⁻¹). Si riducono nel genotipo 65 (405 foglie cespo⁻¹) e sono statisticamente inferiori in tutti gli altri.

Le infiorescenze del genotipo 56 e 63, ma anche quella di Medly e Porto, hanno un peso maggiore rispetto alle altre.

Nelle tabelle da 9.31 a 9.37 sono riportati i dati del numero di culmi, foglie e infiorescenze per cespo relativi ai quattro sfalci del 2010.

Tabella 9.30 - N° totale medio di culmi, foglie ed infiorescenze (Anno 2010). Sulla stessa colonna valori con lettere diverse differiscono per $p < 0,05$ (SNK test).

Genotipo	Culmi	Foglie	Infiorescenze
1	55,34 bd	321,95 ce	14,67 bc
4	23,48 e	122,62 f	9,89 bc
24	30,14 de	134,24 f	6,52 c
46	70,98 bc	433,56 ac	14,87 bc
56	70,74 bc	440,44 ac	25,65 a
63	43,21 de	256,91 df	17,25 ac
65	70,06 bc	405,32 bd	14,13 bc
81	46,92 ce	222,51 ef	8,07 bc
98	32,55 de	155,32 f	6,32 c
Kasbah	55,16 bd	280,34 cf	12,21 bc
Medly	75,65 b	500,48 ab	19,30 ab
Porto	95,21 a	574,57 a	16,86 ac
media	55,79	320,69	13,81

Tabella 9.31- N° totale medio culmi e foglie (Taglio del 25/01/2010). Sulla stessa colonna valori con lettere diverse differiscono per $p < 0,05$ (SNK test).

Genotipo	Culmi	Foglie
1	78,05 be	442,87 ad
4	33,71 e	182,82 d
24	47,43 ce	211,80 d
46	106,75 ab	734,81 a
56	81,65 bd	620,38 ab
63	48,39 ce	291,72 cd
65	107,42 ab	557,48 ac
81	85,08 bd	366,17 bd
98	38,64 de	190,06 d
Kasbah	93,50 bc	517,38 ac
Medly	110,07 ab	693,75 a
Porto	142,70 a	630,74 ab
media	81,11	453,33

Tabella 9.32 - N° totale medio di culmi e foglie (01/04/2010). Sulla stessa colonna valori con lettere diverse differiscono per $p < 0,05$ (SNK test).

Genotipo	Culmi	Foglie
1	84,26 bd	453,11 a
4	46,63 d	186,78 c
24	47,12 d	194,05 c
46	128,49 ab	422,24 ab
56	114,13 ac	415,43 ab
63	56,25 d	246,53 bc
65	108,81 ac	412,98 ab
81	71,31 cd	355,62 ac
98	59,02 d	222,88 c
Kasbah	78,00 cd	348,47 ac
Medly	106,67 ac	436,18 ab
Porto	131,88 a	416,56 ab
media	86,05	342,57

Tabella 9.33- N° totale medio culmi (Taglio 06/05/2010). Sulla stessa colonna valori con lettere diverse differiscono per $p < 0,05$ (SNK test).

Genotipo	Culmi	Foglie	Infiorescenze
1	59,05 ab	391,83 bd	58,68 ab
4	13,57 c	120,90 d	39,57 ab
24	25,99 bc	131,12 d	26,07 b
46	48,69 ab	577,19 ac	59,49 ab
56	71,15 a	609,69 ab	85,44 a
63	56,48 ab	375,86 bd	57,96 ab
65	57,36 ab	449,55 bd	49,91 ab
81	31,30 bc	168,24 d	32,27 b
98	32,56 bc	208,33 d	25,28 b
Kasbah	49,13 ab	255,50 cd	48,82 ab
Medly	71,82 a	596,26 ab	68,00 ab
Porto	71,46 a	867,48 a	44,96 ab
media	49,05	396,00	49,70

Tabella 9.34 - N° totale medio culmi (Taglio 04/08/2010). Sulla stessa colonna valori con lettere diverse differiscono per $p < 0,05$ (SNK test).

Genotipo	Irriguo	Asciutto	media
56	14,95	17,15	16,05 b
63	9,18	14,30	11,74 b
65	8,11	5,21	6,66 b
Medly	8,67	19,41	14,04 b
Porto	45,39	24,19	34,79 a
media	17,26 a	16,05 a	16,66

Tabella 9.35 - N° totale medio foglie (Taglio 04/08/2010). Sulla stessa colonna valori con lettere diverse differiscono per $p < 0,05$ (SNK test).

Genotipo	Irriguo	Asciutto	media
56	208,21	24,28	116,25 c
63	185,08	41,95	113,51 c
65	332,68	69,88	201,28 bc
Medly	321,96	229,47	275,72 b
Porto	606,67	160,35	383,51 a
media	330,92 a	105,18 b	218,05

Tabella 9.36 - N° totale medio infiorescenze (Taglio 04/08/2010). Sulla stessa colonna valori con lettere diverse differiscono per $p < 0,05$ (SNK test).

Genotipo	Irriguo	Asciutto	media
56	13,10	21,20	17,15 b
63	9,06	13,05	11,05 c
65	7,90	5,35	6,62 c
Medly	8,33	10,07	9,20 c
Porto	24,87	20,10	22,48 a
media	12,65 a	13,95 a	13,30

Tabella 9.37 - N° totale medio culmi, foglie ed infiorescenze (Taglio 04/08/2010). Sulla stessa colonna valori con lettere diverse differiscono per $p < 0,05$ (SNK test).

Genotipo	Culmi	Foglie	Infiorescenze
56	16,05 b	116,25 c	17,15 b
63	11,74 b	113,51 c	11,05 c
65	6,66 b	201,28 bc	6,62 c
Medly	14,04 b	275,72 b	9,20 c
Porto	34,79 a	383,51 a	22,48 a
media	16,66	218,05	13,30

9.1.6 Spigatura e fioritura

La spigatura dei 12 genotipi è avvenuta tra il 9 aprile 2010 (genotipo 81, Villapriolo) e il 14 maggio 2010 (genotipo 63, Castell'Umberto), con un divario tra le due date di 35 giorni. Il conteggio dei giorni a partire dal 1 gennaio è pari, nella media dei genotipi a 117 giorni (Tab. 9.38). Oltre al genotipo 81, anche Medly risulta più precoce di tutti gli altri genotipi (99 giorni). La spigatura di Kasbah avviene a 102 giorni dal 1 gennaio e non si differenzia da quella dei genotipi 1, 4, 24, 46 e 56 (119 giorni). Il genotipo 65 impiega 124 giorni e non si differenzia da Porto (128 giorni).

Nella media dei genotipi la fioritura si verifica 13 giorni dopo, l'11 maggio, e i rapporti tra i genotipi non variano.

Tabella 9.38 – Data di spigatura e fioritura

Genotipo	Spigatura		Fioritura	
	(data)	(*)	(data)	(*)
1	30/04/2010	119	06/05/2010	125
4	30/04/2010	119	11/05/2010	130
24	30/04/2010	119	10/05/2010	129
46	30/04/2010	119	10/05/2010	129
56	01/05/2010	120	15/05/2010	134
63	14/05/2010	133	25/05/2010	144
65	05/05/2010	124	21/05/2010	140
81	09/04/2010	98	30/04/2010	119
98	30/04/2010	119	11/05/2010	130
Kasbah	13/04/2010	102	01/05/2010	120
Medly	10/04/2010	99	30/04/2010	119
Porto	09/05/2010	128	20/05/2010	139
media	28/04/2010	117	11/05/2010	130

(*) giorni dal 1 gennaio

9.1.7 Altezza pianta

L'altezza massima raggiunta dai cespi è stata misurata in occasione dell'ultimo sfalcio primaverile (7 maggio 2010). Questa, nella media dei genotipi è risultata pari a 76,6 cm (Tab. 9.39). Il genotipo 4 (Ferla) ha fatto registrare l'altezza maggiore, 102,7 cm; statisticamente più bassa la cv Porto (90,9 cm), indifferenziate tra loro e statisticamente più bassi tutti gli altri genotipi.

9.1.8 Lunghezza e larghezza della lamina della foglia basale

La lunghezza della foglia basale misura in media 14,1 cm. Porto e il genotipo 63 (Castell'Umberto) presentano la maggiore lunghezza della foglia (22 cm) quella più corta misura 7,7 e appartiene al genotipo 81 (Villapriolo) (Tab. 9.39).

La larghezza della foglia (0,60 cm in media), è statisticamente più larga nel genotipo 4 (Ferla, 0,80 cm) e Porto (0,78 cm) rispetto a tutti gli altri.

Tabella 9.39 - Altezza della pianta (cm), lunghezza e larghezza della foglia (cm).

Genotipo	Altezza pianta	Lunghezza foglia	Larghezza foglia
1	75,68	11,12	0,50
4	102,72	15,78	0,80
24	74,55	14,47	0,63
46	73,28	11,85	0,57
56	70,33	15,08	0,57
63	73,17	20,62	0,68
65	69,47	13,67	0,55
81	65,18	7,75	0,48
98	76,35	10,95	0,57
Kasbah	70,98	13,00	0,53
Medly	76,65	13,07	0,55
Porto	90,98	22,07	0,78
media	76,61	14,12	0,60

9.1.9 Lunghezza dell'infiorescenza, degli internodi e dei rami

Anche la lunghezza dell'infiorescenza presenta una elevata diversificazione. Misura in media 12,7 cm ed è statisticamente più lunga rispetto a tutti gli altri genotipi nella cv Porto (21,4 cm) e nel genotipo 56 (20,2 cm) (Tab. 9.40). Il genotipo 81 presenta la lunghezza minima (5,5 cm).

Alla maggiore lunghezza dell'infiorescenza corrisponde anche una maggiore lunghezza di tutti gli internodi (I, II, III) con cui essa è correlata, infatti, gli stessi genotipi Porto e 56 (Fornazzo) sono caratterizzati da misure statisticamente superiori del primo, secondo e terzo internodo, come pure del primo, secondo e terzo ramo (Tab. 9.41).

Tabella 9.40 - Lunghezza dell'infiorescenza, del primo, del secondo e del terzo internodo

Genotipo	Lunghezza dell'infiorescenza	Lunghezza primo internodo	Lunghezza secondo internodo	Lunghezza terzo internodo
1	11,03	4,43	1,90	0,52
4	13,52	5,12	2,40	1,13
24	11,30	4,52	1,85	0,92
46	9,77	3,57	1,15	0,43
56	20,18	8,42	4,43	1,53
63	16,25	4,47	3,18	1,82
65	10,17	3,20	1,82	0,45
81	5,55	1,40	0,23	0,00
98	13,15	5,30	1,97	0,68
Kasbah	10,35	5,50	1,27	0,00
Medly	9,48	3,65	1,93	0,68
Porto	21,40	7,32	4,82	2,63
media	12,68	4,74	2,25	0,90

Tabella 9.41 - Lunghezza primo, del secondo e del terzo ramo

Genotipo	Primo ramo	Secondo ramo	Terzo ramo
1	2,40	0,58	0,13
4	2,97	0,53	0,13
24	3,08	0,67	0,12
46	2,10	0,30	0,05
56	6,47	2,17	0,32
63	2,18	1,00	0,40
65	1,73	0,38	0,07
81	0,30	0,03	0,00
98	3,17	0,32	0,08
Kasbah	3,20	0,13	0,00
Medly	2,42	0,77	0,22
Porto	4,38	2,35	0,95
media	2,87	0,77	0,21

- **Metodo dell'Analisi nelle Componenti Principali**

Il complesso dei dati utilizzati è riportato nella tabella 9.42

I risultati dell'analisi di correlazione di Pearson (Tab. 9.43) giustificano l'uso di un'analisi multivariata; il 58% dei 136 coefficienti di correlazione risulta statisticamente significativo (Tab. 9.44).

L'analisi delle componenti principali mostra 4 componenti che spiegano oltre il 90% della variabilità globale (Tab. 9.45); tuttavia solo le prime due mostrano coefficienti di correlazione $>0,6$ e quindi rilevanti ai fini dell'analisi stessa (Tab. 9.44).

La prima componente che spiega oltre il 56% della variabilità totale, è associata con il peso secco delle foglie e dei culmi e con caratteristiche morfologiche come il numero medio di foglie, culmi ed infiorescenze, la lunghezza degli internodi e delle ramificazioni delle infiorescenze.

La seconda componente, responsabile del 22% della variabilità totale, è associata al peso secco dei culmi e delle foglie, al numero medio di foglie e culmi alla statura della pianta e alla larghezza della foglia.

La rappresentazione grafica delle relazioni tra i genotipi (Fig.9.17) mostra una variabilità abbastanza ampia e consente di individuare tre gruppi di genotipi che costituiscono la metà del numero totale

I genotipi 63 e 56 formano un gruppo caratterizzato da elevato peso di culmi (25 g contro 16,9 della media) e di foglie (38,5 g contro 26,1 della media), elevato n° di culmi (62 contro 55,8), di foglie (352,5 contro 296 della media), e di infiorescenze (17 contro 12,5) con 4 sfalci (media 3,4).

Un gruppo è formato dai genotipi 24 e 98 i quali presentano un basso peso di culmi (7,5 contro 16,9) e di foglie (10 contro 26,1) e, naturalmente, un numero molto basso di culmi foglie infiorescenze

Un terzo gruppo è costituito dalla cv kasbah e dai genotipi 46 e 65 i quali presentano caratteristiche intermedie rispetto ai tipi degli altri gruppi (peso di culmi e foglie pari a 19 g, 29 g).

Le cv Medley e Porto che hanno mostrato un livello produttivo decisamente più elevato rispetto ai genotipi siciliani, si sono differenziate per alcune caratteristiche. Medley presenta, oltre ai valori più elevati di peso di culmi (26,6) e di foglie (46,4), n° di foglie (529) e di infiorescenze (19), precocità di spigatura (98 contro 117), statura nella media, foglie corte e strette (12 e 0,50 cm).

Porto si è distinta per l'alta statura (91,07), la spigatura tardiva (128) e le caratteristiche della foglia (grandi dimensioni) e dell'infiorescenza, molto lunga e con lunghe ramificazioni-

Non appartengono a nessun gruppo anche i genotipi 81, 4 e 1, tutti caratterizzati da basso peso di culmi e di foglie ma differenti per alcuni parametri: 81 di bassa statura (63,53), precoce (98) a foglia stretta (0,43); 4 di alta statura (101) a foglie larghe (0,87); 1 con parametri nella media ad eccezione della elevata lunghezza dell'infiorescenza e dalla prima ramificazione.

Tabella 9.42 – Media dei caratteri rilevati nei genotipi allo studio.

Genotipi	Spigatura	PS Culmi (g)	PS Foglie (g)	N° Medio culmi	N° Medio foglie	N° Medio infior.	N° Sfalci	Altezza (cm)	Lung. foglia (cm)	Larg. foglia (cm)	Lung. infior. (cm)	Lung. 1° internodo (cm)	Lung. 2° internodo (cm)	Lung. 3° internodo (cm)	Lung. 1° ramo (cm)	Lung. 2° ramo (cm)	Lung. 3° ramo (cm)
1	119	14,42	20,53	56,68	286,48	13,51	3	76,00	13,73	0,57	16,97	7,37	3,10	1,03	4,43	1,10	0,27
4	119	9,19	10,21	24,00	126,74	17,12	3	101,00	16,80	0,87	14,27	5,20	2,63	1,43	3,33	0,77	0,20
24	119	9,27	11,44	24,32	105,99	4,84	3	63,43	13,93	0,60	8,07	3,00	1,00	0,40	1,77	0,33	0,07
46	119	24,93	33,94	55,63	354,77	18,38	3	71,33	9,93	0,53	8,77	3,07	0,70	0,37	1,73	0,17	0,03
56	121	23,14	36,64	79,04	443,52	22,96	4	67,70	14,43	0,53	18,30	7,40	3,97	1,07	5,50	1,83	0,20
63	133	27,13	40,62	46,19	262,34	16,36	4	73,43	16,13	0,60	15,87	4,50	2,97	1,70	2,07	0,87	0,33
65	125	12,56	27,16	58,59	303,62	9,31	4	69,33	13,63	0,63	10,33	3,37	1,67	0,50	1,70	0,37	0,07
81	98	8,06	12,02	44,94	189,33	7,80	3	63,53	6,20	0,43	4,63	1,07	0,23	0,01	0,20	0,03	0,01
98	119	5,61	8,05	25,07	130,35	3,06	3	80,40	10,60	0,53	11,27	4,70	1,83	0,37	2,40	0,17	0,03
Kasbah	105	19,57	27,46	67,10	326,32	13,04	3	64,90	12,60	0,57	11,10	5,73	1,27	0,01	3,30	0,13	0,01
Medly	98	26,64	46,36	88,10	528,83	19,42	4	70,57	11,97	0,50	8,70	3,93	1,60	0,67	2,27	0,60	0,20
Porto	128	21,79	38,60	100,44	499,68	16,78	4	91,07	23,87	0,83	21,93	7,77	5,10	2,50	5,07	2,43	0,93
Media	116,9	16,9	26,1	55,8	296,5	13,5	3,4	74,4	13,7	0,6	12,5	4,8	2,2	0,8	2,8	0,7	0,2

Tabella 9.43 – Matrice di correlazione

Caratteri	Spigatura	PS Culmi (g)	PS Foglie (g)	N° Medio culmi	N° Medio foglie	N° Medio infior.	N° Sfalci	Altezza (cm)	Lung. foglia (cm)	Larg. foglia (cm)	Lung. infior. (cm)	Lung. 1° internodo (cm)	Lung. 2° internodo (cm)	Lung. 3° internodo (cm)	Lung. 1° ramo (cm)	Lung. 2° ramo (cm)	Lung. 3° ramo (cm)
Spigatura	1,000																
PS Culmi (g)	0,120	1,000															
PS Foglie (g)	0,117	0,957	1,000														
N° Medio culmi	-0,096	0,703	0,816	1,000													
N° Medio foglie	-0,082	0,800	0,891	0,971	1,000												
N° Medio infior.	0,088	0,798	0,744	0,624	0,718	1,000											
N° Tagli	0,324	0,605	0,777	0,658	0,683	0,491	1,000										
Altezza (cm)	0,380	-0,133	-0,131	-0,067	-0,068	0,216	0,002	1,000									
Lung. foglia (cm)	0,635	0,281	0,335	0,381	0,321	0,357	0,483	0,615	1,000								
Larg. foglia (cm)	0,526	-0,069	-0,045	0,020	-0,031	0,197	0,138	0,838	0,836	1,000							
Lung. infior. (cm)	0,648	0,342	0,356	0,429	0,386	0,494	0,443	0,549	0,837	0,587	1,000						
Lung. 1° internodo (cm)	0,405	0,295	0,294	0,469	0,425	0,468	0,273	0,440	0,697	0,448	0,916	1,000					
Lung. 2° internodo (cm)	0,594	0,325	0,382	0,484	0,437	0,491	0,550	0,554	0,851	0,584	0,977	0,871	1,000				
Lung. 3° internodo (cm)	0,637	0,358	0,393	0,361	0,336	0,480	0,532	0,682	0,896	0,724	0,858	0,632	0,892	1,000			
Lung. 1° ramo (cm)	0,356	0,296	0,295	0,499	0,462	0,539	0,286	0,409	0,676	0,441	0,886	0,976	0,860	0,605	1,000		
Lung. 2° ramo (cm)	0,472	0,391	0,455	0,613	0,558	0,561	0,579	0,435	0,811	0,511	0,901	0,793	0,952	0,858	0,831	1,000	
Lung. 3° ramo (cm)	0,450	0,364	0,441	0,573	0,496	0,381	0,518	0,548	0,868	0,623	0,789	0,618	0,842	0,915	0,591	0,873	1,000

Tabella 9.44 – Varianza delle Componenti Principali e contributo cumulato alla varianza totale.

Valore	PC 1	PC 2	PC 3	PC 4
Autovalutazione	9,600	3,727	1,178	0,866
% della varianza	56,470	21,923	6,930	5,091
Cumulo %	56,470	78,393	85,323	90,414

Tabella 9.45 – Risultati dell'analisi delle componenti principali.

Variabili	PC 1	PC 2	PC 3
Spigatura	0,529	-0,445	-0,386
PS Culmi (g)	0,558	0,708	-0,170
PS Foglie (g)	0,609	0,740	-0,232
N° Medio culmi	0,659	0,643	0,138
N° Medio foglie	0,639	0,718	0,083
N° Medio infior.	0,664	0,454	0,072
N° Sfalci	0,646	0,436	-0,409
Altezza (cm)	0,508	-0,640	-0,070
Lung. foglia (cm)	0,877	-0,331	-0,176
Larg. foglia (cm)	0,592	-0,624	-0,219
Lung. infior. (cm)	0,926	-0,247	0,161
Lung. 1° internodo (cm)	0,820	-0,163	0,494
Lung. 2° internodo (cm)	0,947	-0,211	0,107
Lung. 3° internodo (cm)	0,897	-0,278	-0,254
Lung. 1° ramo (cm)	0,819	-0,121	0,530
Lung. 2° ramo (cm)	0,941	-0,063	0,114
Lung. 3° ramo (cm)	0,879	-0,137	-0,154

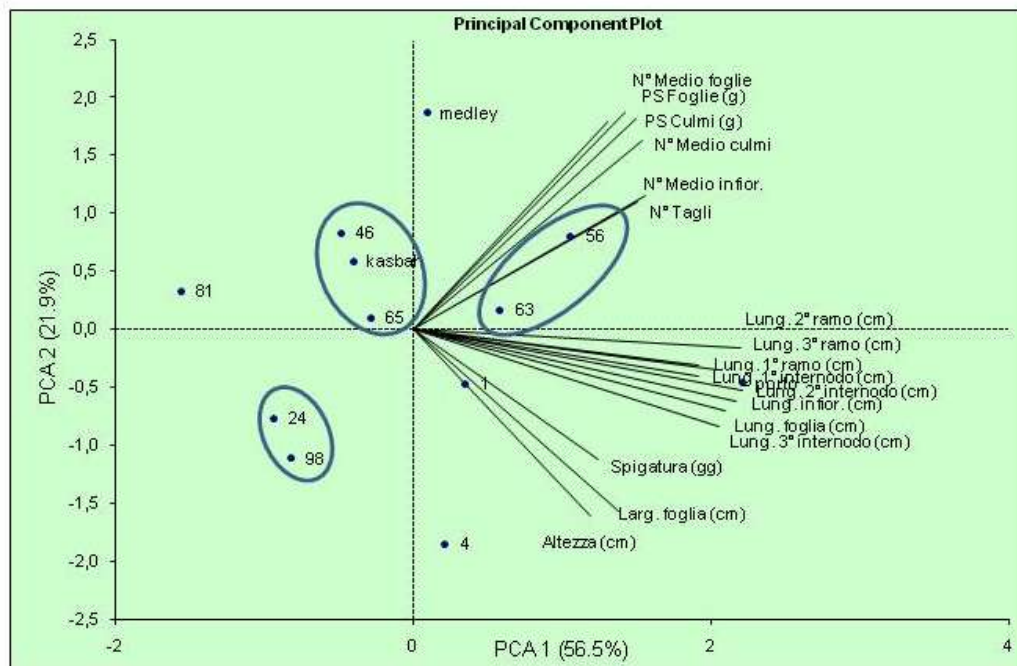


Fig. 9.17 – Biplot dei tipi studiati sulle base di PC1 e PC2.

9.2 LINEA 2 – DESCRIZIONE DEI TRATTI DELLA DORMIENZA ESTIVA (*SUMMER DORMANCY*) IN GENOTIPI SICILIANI DI *DACTYLIS GLOMERATA* L.

9.2.1 *Crescita fogliare*

Al fine di individuare la dormienza estiva dei diversi genotipi studiati è stata utilizzata la seguente codifica per quanto concerne la crescita fogliare: cessazione, riduzione e mantenimento.

Le tre cultivar testimoni manifestano le caratteristiche che le contraddistinguono relativamente al comportamento nelle condizioni di aridità estiva.

Porto e Medly mantengono una pressoché normale attività vegetativa durante il periodo estivo attestata dalla vitalità del cespo che consente nel mese di agosto uno sfalcio (Tabb. 9.46 e 9.47).

Kasbah per contro già dalla metà di giugno manifesta i primi segni di riduzione della crescita delle foglie che all'inizio di luglio risulta cessata del tutto.

I genotipi siciliani manifestano una variabilità non sempre facile da codificare secondo la suddetta terminologia.

Un gruppo comprendente i genotipo 1 (Augusta), 24 (San Michele di Ganzaria), 81 (Villapriolo), 98 (Riesi), manifestano entro i primi giorni del mese di luglio una cessazione quasi completa della crescita delle foglie.

I genotipi 4 (Ferla), 46 (Bronte) mostrano una riduzione della loro attività vegetativa

I genotipi 56 (Fornazzo), 65 (Gioiosa Marea) e 63 (Castell'Umberto) presentano ancora alla fine di luglio foglie in buona parte vitali.

Lo stesso rilievo effettuato nell'estate del 2010 presenta un quadro alquanto più semplice. Porto e Medly presentano una normale attività vegetativa estiva, come pure quattro genotipi siciliani (46, 56, 63, 65). Insieme a

Kasbah cessano quasi del tutto ogni attività vegetativa i genitipio 1, 4, 24, 81 e 98.

Tabella 9.46 – Crescita delle foglie codificata secondo la scala di Volaire e Norton (2006) rilevata a partire dal mese di luglio 2009.

Genotipo	Mantenimento	Riduzione	Cessazione
1			
4			
24			
46			
56			
63			
65			
81			
98			
Kasbah			
Medly			
Porto			

Tabella 9.47 – Crescita delle foglie codificata secondo la scala di Volaire e Norton (2006) rilevata a partire dal mese di luglio 2010.

Genotipo (2010)	Mantenimento	Riduzione	Cessazione
1			
4			
24			
46			
56			
63			
65			
81			
98			
Kasbah			
Medly			
Porto			

9.2.2 Senescenza della pianta matura

Nella figura 9.18 viene visualizzata la progressione della senescenza della pianta matura. E' possibile osservare come insieme a Porto e Medly un gruppo di genotipi siciliani (63, 65, 56) presenta un grado di senescenza della pianta che all'inizio di agosto varia tra il 75 e l'80%.

La cv Kasbah insieme ai genotipi 1,4,81,98,24,46 giungono, per contro, alla quasi completa senescenza della pianta.

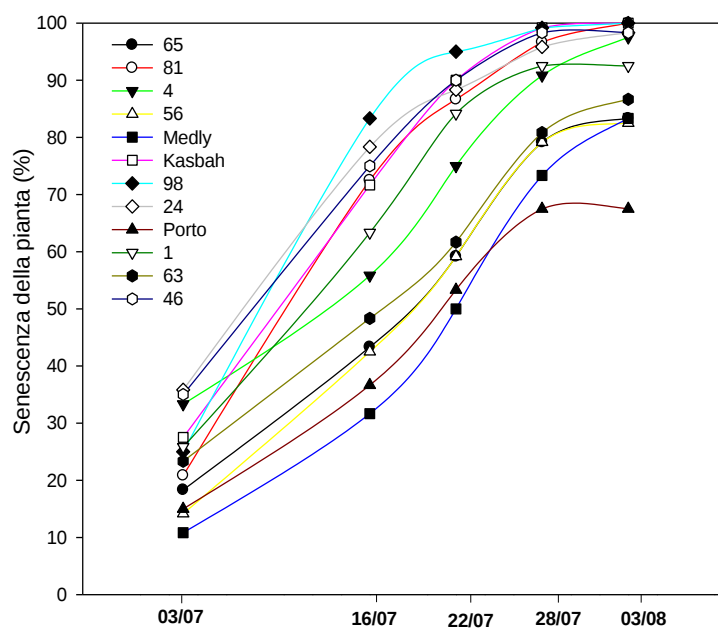


Figura 9.18 – Evoluzione della senescenza della pianta matura dei genotipi allo studio nel 2009

9.2.3 Disidratazione delle foglie giovani

Nella figura 9.19 viene visualizzata la progressione della disidratazione delle giovani foglie che mette in evidenza come insieme a Porto e Medly un gruppo di genotipi siciliani (63, 65, 56) presenta un grado di disidratazione che all'inizio di agosto varia tra il 50 e il 75%. La cv Kasbah insieme ai genotipi 1,4,81,98,24,46 giungono, per contro, alla quasi completa disidratazione delle foglie giovani.

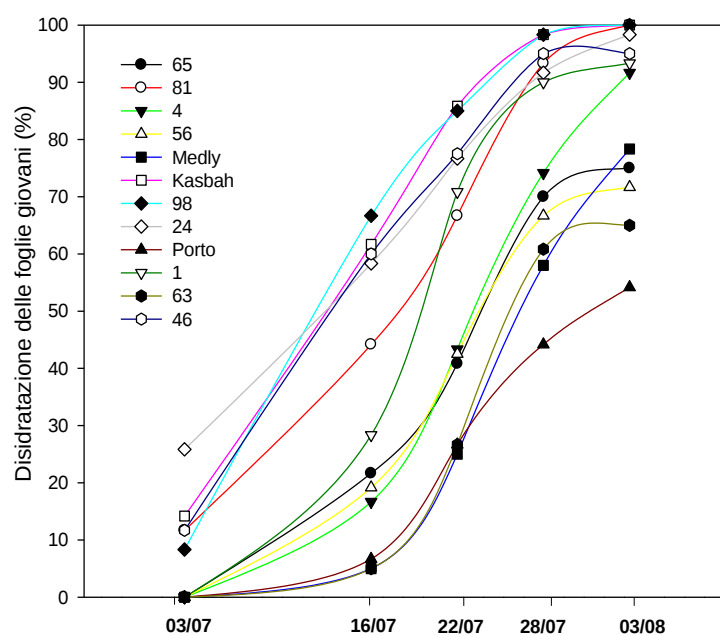


Figura 9.19 – Evoluzione della disidratazione delle foglie giovani dei genotipi allo studio nel 2009.

Nelle foto 9.1-9.16 sono ripresi i particolari dei cespi dei 12 genotipi nell'estate del primo anno (2009) e nell'estate del secondo anno (2010) nelle condizioni asciutte e irrigue.



Foto 9.1 - Particolare di un cespo (02/07/2009) del genotipo 1 (Augusta, a sinistra), 4 (Ferla, al centro), 24 (San Michele di Ganzaria, a destra).



Foto 9.2 - 02/07/2009 particolare di un cespo del genotipo 46 (Bronte, a sinistra), 56 (Fornazzo, al centro), 63 (Castell'Umberto, a destra).



Foto 9.3 - 02/07/2009 particolare di un cespo del genotipo 65 (Gioiosa Marea, a sinistra), 81 (Villapriolo, al centro), 98 (Riesi, a destra).



Foto 9.4 - 02/07/2009 particolare di un cespo del genotipo Kasbah (a sinistra), Madly (al centro), Porto (a destra).



Foto 9.5 - Particolare di un cespo del genotipo 1 (Augusta) (a sinistra asciutto, a destra irriguo).



Foto 9.6 - Particolare di un cespo del genotipo 4 (Ferla) (a sinistra asciutto, a destra irriguo).



Foto 9.7 - Particolare di un cespo del genotipo 24 (San Michele di Ganzaria) (a sinistra asciutto, a destra irriguo).



Foto 9.8 - Particolare di un cespo del genotipo 46 (Bronte) (a sinistra asciutto, a destra irriguo).



Foto 9.9 - Particolare di un cespo del genotipo 56 (Fornazzo) (a sinistra asciutto, a destra irriguo).



Foto 9.10 - Particolare di un cespo del genotipo 63 (Castell'Umberto) (a sinistra asciutto, a destra irriguo).



Foto 9.11 - Particolare di un cespo del genotipo 65 (Gioiosa Marea) (a sinistra asciutto, a destra irriguo).



Foto 9.12 - Particolare di un cespo del genotipo 81 (Villapriolo) (a sinistra asciutto, a destra irriguo).



Foto 9.13 - Particolare di un cespo del genotipo 98 (Riesi) (a sinistra asciutto, a destra irriguo).



Foto 9.14 - Particolare di un cespo del genotipo Kasbah (a sinistra asciutto, a destra irriguo).



Foto 9.15 - Particolare di un cespo del genotipo Medly (a sinistra asciutto, a destra irriguo).



Foto 9.16 - Particolare di un cespo del genotipo Porto (a sinistra asciutto, a destra irriguo).

9.3 LINEA 3 – CARATTERIZZAZIONE MOLECOLARE DI GENOTIPI SICILIANI DI *DACTYLIS GLOMERATA* L. BASATA SUI POLIMORFISMI DEL DNA, STIMA DELLA VARIABILITÀ GENETICA E DELLE RELAZIONI INTRASPECIFICHE

L'amplificazione selettiva con le sette diverse coppie di primer ha originato 1648 picchi di fluorescenza polimorfici su un totale di 1788 (Tab. 9.48), con una media percentuale di 92,13. Il dendrogramma costruito secondo il metodo UPGMA, generato dalla matrice 0-1 (assenza-presenza di picchi), ha separato le 12 accessioni di erba mazzolina in 5 gruppi (Fig. 9.20) denominati da A ad E. Il gruppo A contiene solo il genotipo 4 (Ferla), che dal punto di vista biometrico si distingue per l'elevata statura delle piante, rientra in generale nel gruppo dei semidormienti. Il gruppo B contiene anch'esso un solo genotipo, il 63 (Castell'Umberto), che presenta anch'esso alcune peculiarità dal punto di vista morfologico (forma e dimensione dell'infiorescenza), relativamente alla dormienza estiva si comporta come un non dormiente. Il gruppo C è quello che appare più omogeneo filogeneticamente e anche il più rappresentato, è composto dalle accessioni 56, 46, 24, 1 e 65 che tuttavia non presentano comportamenti omogenei in campo né per quanto riguarda la produzione di biomassa né per quanto riguarda l'espressione della dormienza estiva. Il gruppo successivo, D, comprende tre genotipi; due di questi (81 e 98) sono omogenei sia dal punto di vista geografico che per gli aspetti della produttività (sono entrambi poco produttivi) e della dormienza (sono entrambi dormienti). Il terzo genotipo di questo gruppo è Medly, distante dai primi due sia dal punto di vista geografico che agronomico. L'ultimo gruppo contiene le due accessioni internazionali (Porto e Kasbah).

Tab. 9.48 –Numero di picchi, numero di picchi polimorfici e % di picchi polimorfici

Coppia di Primer	Numero di picchi	Picchi polimorfici	% di picchi polimorfici
*e-ACA – m-CTC	295	274	92,88
*e-AAG – m-CTA	261	242	92,72
*e-AGG – m-CTA	275	251	91,27
*e-ACG – m-CAT	172	157	91,28
*e-ACG – m-CAC	237	219	92,41
*e-AAC – m-CAA	259	239	92,28
*e-ACC – m-CTG	289	266	92,04
Totale	1788	1648	
Media	255,43±41,67	235,43±39,03	92,13

*marcatura con Cy5

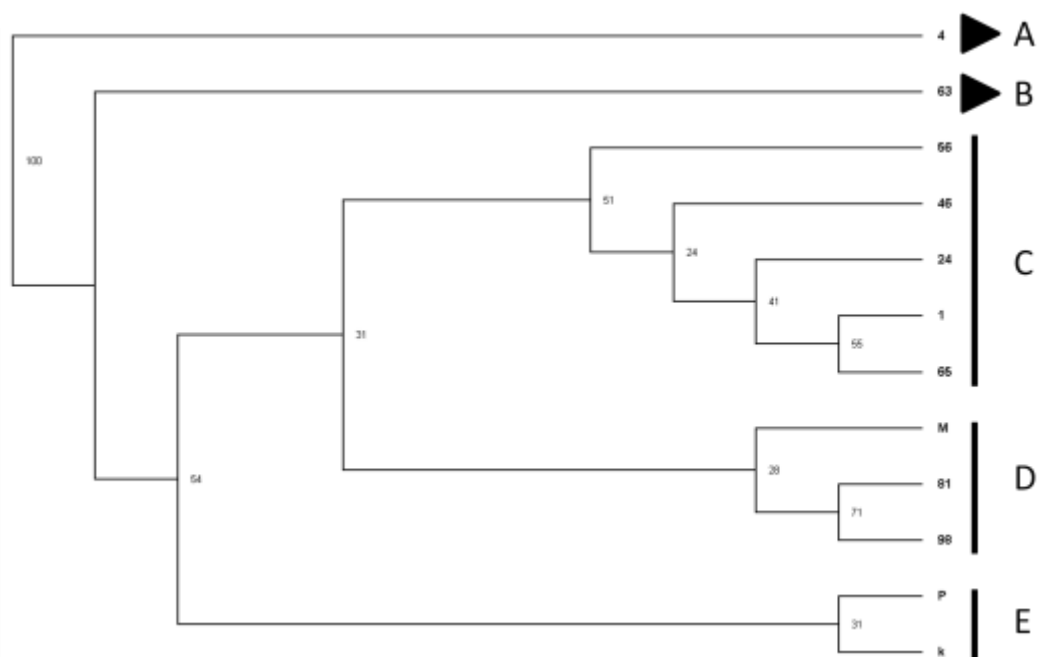


Fig. 9.20 – Dendrogramma relativo ai genotipi allo studio.

I dati ottenuti indicano un elevato grado di polimorfismo tra le accessioni. I dati sono in parziale accordo con una recente valutazione della diversità genetica di *D. glomerata* eseguita su accessioni provenienti dalla Repubblica Popolare Cinese (Peng et al., 2008). In questo lavoro, eseguito

su 32 accessioni cinesi e due statunitensi, è stata trovata una percentuale di bande polimorfiche dell'80,05. E' necessario considerare che il lavoro sulle accessioni cinesi è stato realizzato con la tecnica AFLP tradizionale e non in fluorescenza ed elettroforesi capillare. Ciò varia di non poco la base dei dati soprattutto per il numero di bande (picchi nel caso degli fAFLP) analizzate, 400 contro quasi 1800. Dai dati ottenuti sembra esserci una maggiore diversità nelle accessioni siciliane. L'elevata variabilità genetica tra accessioni è probabilmente specchio della capacità di questa specie di colonizzare ambienti anche molto diversi. Nel caso del lavoro di Peng e collaboratori (2008) viene indicata solo la macroarea di provenienza, sudovest e nordovest) senza alcuna indicazione dei fattori climatici, altimetrici e pedologici. L'albero filogenetico realizzato dai ricercatori cinesi è anche specchio del grado di ploidia, diploide o tetraploide, delle accessioni. Quest'ultimo dato non è stato indagato sulle accessioni siciliane e potrebbe essere programmato per indagini future.

10 – DISCUSSIONI E CONCLUSIONI

Nelle regioni aride del Mediterraneo l'utilizzazione delle graminacee perenni è importante ai fini della creazione di prati-pascoli di lunga durata che possano supportare la produzione zootecnica in sistemi agricoli estensivi e per realizzare cover-crops per la protezione del suolo. In tutti i casi, il valore agronomico e ambientale di queste piante perenni dipende dalla loro persistenza negli anni, fatto che è strettamente correlato con la loro abilità a sopravvivere alla sequenza delle estati aride (Volaire e Lelievre, 1997). Per selezionare piante foraggere perenni adatte all'ambiente mediterraneo, la strategia principale dovrebbe prevedere la sopravvivenza estiva e un tasso elevato di ricrescita autunnale.

La corretta identificazione dell'espressione della dormienza estiva presenta importanti implicazioni per il progresso e l'utilizzazione foraggera delle graminacee perenni, dal momento che è stato dimostrato che la dormienza estiva ha importanti ripercussioni sull'uso dell'acqua nel periodo estivo, sulla produzione di foraggio e sulla sopravvivenza all'aridità (Norton et al., 2008).

Nei genotipi siciliani questa caratteristica presenta una interessante variabilità. In accordo con le condizioni ecologiche degli ambienti in cui il

suddetto germoplasma è stato prelevato, la dormienza appare abbastanza chiaramente manifesta nel genotipo 1 (Augusta) come pure nei genotipi 81 (Villapriolo), 98 (Riesi) e 24 (San Michele di Ganzaria) che provengono da ambienti (quelli della costa sud orientale e dell'interno dell'Isola) dove il periodo secco raggiunge l'ampiezza maggiore, tra 146 e 158 giorni e la piovosità annua è inferiore a 500 mm. All'estremo opposto, dalle località dove il periodo secco supera di poco i 100 giorni e la piovosità da poco meno di 700 mm raggiunge i 1200 mm, la dormienza appare decisamente attenuata, attestata da un'attività vegetativa che continua, seppur in forma ridotta anche durante l'estate, attività vegetativa che si manifesta in maniera più evidente quando le condizioni di aridità estiva vengono annullate dall'irrigazione. Due genotipi, 4 (Ferla) e 46 (Bronte) forniscono indicazioni non univoche tra il primo e il secondo anno; in quest'ultimo, il genotipo 4 manifesta un arresto dell'attività vegetativa evidente, contrariamente a quanto fa rilevare il genotipo 46. Le condizioni ambientali nelle quali i due genotipi sono stati prelevati sono intermedie tra quelli prima descritti: temperature medie inferiori di circa 1 °C rispetto alle località più piovose e piovosità intermedia (560 e 690 mm) tra gli ambienti caratterizzati da una piovosità inferiore a 500 mm e quelli con piovosità superiore a 700 mm.

In relazione al comportamento biologico, i tipi non dormienti (56, 63, 65) sono anche più tardivi e fanno registrare la spigatura e la fioritura circa dieci giorni dopo quella dei tipi dormienti o a dormienza attenuata. Le cv testimoni risultano tutte precoci, indipendentemente dalla dormienza estiva che è una caratteristica di Kasbah ma non di porto e Medly.

Sotto l'aspetto produttivo, che costituisce il carattere agronomicamente più importante, i genotipi siciliani mostrano interessanti prospettive. Al primo anno la produzione complessiva derivante dai due tagli estivi e dai due autunnali, in condizioni di pieno soddisfacimento

idrico, è decisamente maggiore nelle due cultivar testimoni Medly e Porto (144 e 110 g s.s. cespo⁻¹ rispettivamente) rispetto ai migliori genotipi siciliani non dormienti o semi dormienti (46, 56, 63, 65) che producono da 66 a 95 g di sostanza secca per cespo. La produzione della cv Kasbah, dormiente, 34 g s.s. cespo⁻¹, è statisticamente indifferenziata da quella dei genotipi siciliani dormienti quali 4 (39 g s.s. cespo⁻¹), 24 (40 g), 81 (35 g). Nel secondo anno le produzioni di Porto e Medly (circa 80 g s.s. cespo⁻¹) sono indifferenziate da quelle dei genotipi siciliani 46, 56, 63 (80 g in media). Tra i dormienti, la produzione del genotipo 4 (41 g) non si discosta da Kasbah (43 g). Lo sfalcio estivo (4 agosto), che è possibile solo con le cv non dormienti Medly e Porto e tra i siciliani con i genotipi 56, 63, 65, mette in evidenza, soprattutto in condizioni non irrigue, la netta superiorità delle due cultivar rispetto a questi ultimi. Anche per gli aspetti qualitativi, per esempio il rapporto foglie culmi i genotipi 46 e 56 presentano un valore intorno a 6 che si riscontra anche in Porto e Medly. Si conferma che i tipi dormienti e semidormienti tra i genotipi siciliani (1, 4, 24, 81, 98) siano meno produttivi di quelli non dormienti (56, 63, 65), tuttavia alcuni dormienti presentano caratteristiche che se ulteriormente confermate potrebbero rivelarsi interessanti (l'altezza, il livello produttivo, la qualità).

I caratteri biometrici mettono in evidenza una elevata variabilità, ben maggiore di quella a carico della resa e delle sue componenti. L'altezza del genotipo 4 supera quella delle cv testimoni, la lunghezza della foglia dei genotipi siciliani varia da 8 a 20 cm, quella di Porto è 22 cm e di Medly 13 cm. La larghezza della foglia è pari a 7,8 mm in Porto e 5,5 in Medly; nel genotipo 4 misura 8,0 mm. L'elevata variabilità è attestata dall'analisi delle componenti principali che assegna ai caratteri biometrici (altezza e caratteristiche dell'infiorescenza) circa il 50% della variabilità totale. L'analisi PCA rileva inoltre per questi caratteri delle peculiarità per cui è

possibile effettuare alcuni raggruppamenti, mentre altri genotipi appaiono separati.

Anche i dati ottenuti dall'analisi genetica indicano un elevato grado di polimorfismo tra le accessioni. La lettura dell'albero filogenetico rileva le concordanze tra alcune peculiarità osservate (la elevata statura del genotipo 4, il peso rilevante dell'infiorescenza nel genotipo 63) e la distanza maggiore di questi tipi dagli altri, differenzia nettamente i due genotipi dormienti 81 e 98 (geograficamente vicini) dagli altri non dormienti o semi dormienti.

I risultati ottenuti aprono la strada ad altre e più approfondite ricerche necessarie a implementare le attuali conoscenze: la capacità di approfondimento dell'apparato radicale, la persistenza in relazione al grado di dormienza, l'accumulo di carboidrati solubili durante l'estate utili alla ripresa vegetativa autunnale e alla stessa capacità di sopravvivenza.

La diversità genetica e le relazioni tra i tipi selvatici di *Dactylis glomerata* che sono state messe in luce in questo lavoro possono essere utilizzati come base per un ampliamento della collezione e per la selezione di genotipi più adatti alle caratteristiche dell'ambiente mediterraneo.

In accordo con Volaire e Norton (2006) l'obiettivo agronomico principale è lo sviluppo di germoplasma per la produzione foraggera in aree dove si verifica regolarmente l'aridità estiva. Di norma la completa dormienza è associata quasi sempre a popolazioni con un potenziale produttivo basso, ma lo studio effettuato lascia intravedere la possibilità di mettere a punto cultivar dormienti o semidormienti nelle quali questo carattere sia associato a livelli di produttività soddisfacenti.

BIBLIOGRAFIA

- A.A.V.V., 1987. "Orientamenti agronomici dell'organizzazione di sistemi foraggeri basati su pascoli e prati-pascoli" del gruppo FAAPE-SIA. *Rivista di Agronomia* 21, 2.
- A.A.V.V., 1988. Convegno: il futuro della foraggicoltura prativa nella pianura padana. Lodi. Teatro alle Vigne 15-16 giugno.
- A.A.V.V., 1991. "Moderne tecniche agronomiche e loro compatibilità con la salvaguardia dell'ambiente-IV. Prati e Pascoli: ruolo ed utilizzazione." *Rivista di Agronomia* 25, 2.
- Aronson J., Shmida A., 1992. Plant species diversity along a Mediterranean desert gradient and its correlation with interannual rainfall fluctuations. *Journal of Arid Environments* 23, 235-247.
- Aschmann H., 1973. Distribution and peculiarity of Mediterranean ecosystems. In F. Di Castri e H.A. Mooney (Editors). *Mediterranean type ecosystem, origin and structure*. Springer-Verlag, Berlin 225-277.
- Axelrad J., 1973. History of Mediterranean ecosystem in California. In F. Di Castri e H.A. Mooney (Editors).
- Bagnouls F., Gaussen H., 1953. Les climats biologiques et leur classification. *Ann. Geogr.* 66, 355, 193-220.
- Baldoni R., Giardini L., 2002. *Coltivazioni erbacee. Foraggiere e tappeti erbosi*. Pàtron editore. Bologna 2002.
- Ballatore G.P., 1974. Caratterizzazione agronomica dell'ambiente mediterraneo. Le basi agronomiche e l'efficienza dell'irrigazione negli ambienti mediterranei, 23-40.
- Barker D.J., Anderson C.B., Dymock N., 1991. 'Grasslands Wana' cocksfoot persistence and autumn/winter production in hill country, under contrasting managements and micro-topographies. *N. Z. J. Agric. Res.* 34, 25-30.

- Barlow E.W.R., Munns R.E., C.J. Brady, 1980. Drought responses of apical meristems, pp. 191-205. In N.C. Turner and P.J. Kramer (ed.) *Adaptation of plants to water and high temperature stress*. John Wiley & Sons, New York.
- Bartels D., Furini A., Ingram J., Salamini F., 1996. Responses of plants to dehydration stress a molecular analysis. *Plant Growth Regul* 20, 111-118.
- Baskin C.C., Baskin J.M., 1998. *Seeds: Ecology, biogeography and evolution of dormancy and germination*. Academic Press, San Diego.
- Betti S., Ligabue M., Tabaglio V., 1992. *Le piante foraggere*. Centro Ricerche Produzioni Animali. Edizioni l'Informatore Agrario.
- Bewley J.D., 1995. Physiological aspects of desiccation tolerance a retrospect. *Int J Plant Sci* 156, 393-403.
- Biddiscombe E.F., Rogers A.L., Maller R.A., 1977. Summer dormancy, regeneration and persistence of perennial grasses in south-western Australia. *Aust. J. Exp. Agric. Anim. Husb.* 17, 795-801.
- Blum A., 1996. Crop responses to drought and the interpretation of adaptation. *Plant Growth Regul* 20, 135-148.
- Blum A., Ebercon A., 1981. Cell membrane stability as a measure of drought and heat tolerance in wheat. *Crop Sci* 21, 43-47.
- Bonnier G., 1991. *Flore complète illustré en couleurs de France Suisse et Belgique*. Tome Douzième, Librairie Generale de l'Enseignement, Paris.
- Borrill M., 1961. The pattern of morphological variation in diploid and tetraploid *Dactylis*. *Journ. Linn. Soc. Bot.* 56, 368, 441-452.
- Borrill M., 1978. Evolution and genetic resources in cocksfoot. *Welsh Plant Bree. Sta Ann. Rep. For 1977*, 190-209.

- Bowers M.A., 1987. Precipitation and the relative abundance of desert winter annuals: a 6-year study in the northern Mojave Desert. *Journal of Arid Environments* 12, 141-149.
- 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.
- Braun-Blanquet J., 1926. Vegetations-Entwicklung und Bodenbildung in der alpine Stufe der Zentralalpen, *Denkschr. Schw. Naturf. Ges.* 63/2.
- Bray E.A., 1993. Molecular responses to water deficit. *Plant Physiol* 103, 11-16.
- Breese E.L., 1960. The genetic assesment of breeding material. *Proc. 8th Internat. Grassl. Congress* 45-49.
- Breese E.L., 1966. Some special problems in the breeding of forage grasses. *Gen. Agr.* XX.
- Brullo S., Cirino E., Longhitano N., 1995. Vegetazione della Sicilia: quadro sin tassonomico. *Atti Conv. Lincei* 115, 285-305.
- Brullo S., Scelsi F., Siracusa G., Spampinato G., 1996. Caratteristiche bioclimatiche della Sicilia. *Giornale botanico italiano*, volume 130 (1).
- Burton G.W., 1956. Utilisation of heterosis in pasture plant breeding. *Proc. 7th Interat. Grassl. Congress* 439-449.
- Cassaniti S., Cosentino S., Litrico P.G., 1996. Ecofisiologia di *Dactylis glomerata* L. e *Festuca arundinacea* Schreb. in clima caldo-arido. *Rivista di Agronomia* 30, 4, 637-645.
- Cavallero A., Ciotti A., 1991. Aspetti agronomici dell'utilizzazione dei pascoli. *Rivista di Agronomia* 25, 2 81-126
- Cenci C.A., 1973. Nuovi pascoli: problemi genetici. *Natura e Montagna* 3-4, 25-27.

- Cenci C.A., Caratteristiche biometriche e morfologiche di popolazioni naturali tetraploidi di *Dactylis glomerata* L. In corso di stampa
- Chial H., 2008. DNA fingerprinting using amplified fragment length polymorphisms (AFLP): No genome sequence required. Nature Education 1(1).
- Clements F.E., 1928. Plant succession and indicators, New York 205.
- Close T.J., 1996. Dehydrins: emergence of a biochemical role of a family of plant dehydration proteins. Physiol Plant 97, 795-803.
- Close T.J., 1997. Dehydrins: a commonalty in the response of plants to dehydration and low temperature. Physiol Plant 100, 291-296.
- Cock P.S., 1990. The importance of seed production in increasing livestock production in West Asia and North Africa. In: Sementi per le colture foraggere mediterranee, Intern. Conf. 29-31 October pp. 109-114.
- Corleto A., 1985. Praticoltura da vicenda nell'Italia meridionale. Rivista di Agronomia 19, 2-3, 122-136.
- Coste M., 1937. Flore descriptive et illustrée de la France de la Corse et des contrées limitrophes. Librairie des Sciences et des arts, Paris. Tome troisième 625-626.
- Crescini F., Franceschetti G., 1942. Per l'incremento della praticoltura italiana. An. Art. Grafiche; Torino.
- Cristofolini G., 2010. Dispense delle lezioni. Disponibili all'indirizzo: www.unibo.it/docenti/giovann.cristofolini.
- Cullen B.R., Chapman D.F., Quigley P.E., 2005. Persistence of *Phalaris aquatica* in grazed pastures. 1. Plant and tiller population characteristics. Aust. J. Exp. Agric. 45, 41-48.
- Davies A (1988) The regrowth of grass swards. The grass plant – its form and function. In: Jones MB, Lazenby A (eds) The grass crop:

The physiological basis of production. Chapman and Hall, London, p 85

- De Giorgio D., Rizzo V., Convertini G., Carlone G.. 1991- Risposte quanti-qualitative di prati biftiti di leguminose e Graminacee sottoposti a differenti regimi idrici. Rivista di Agronomia 25, 2, 356-362.
- De Martonne E., 1941. Nouvelle carte mondiale de l'indice s'aridité. Météorol 3-26.
- De Philippis A., 1937. Classificazione ed indici del clima in rapporto alla vegetazione forestale italiana. N.G.B.I. ns., 44 (1), 1-69.
- Di Castri F., 1973. Mediterranean type Shrublands of the world.
- Di Castri F., Mooney H.A., 1973. Climatographical comparison between Chile and Western coast of North America. Mediterranean type ecosystem origin and structure. Springer-Verlag, Berlin 21-36.
- Domin K., 1943. Monograficka studie o rodu *Dactylis glomerata* L. Acta Bot. Bohem. 14, 3-147.
- Drago A., 2002. Atlante climatologico della Sicilia. Servizio Informativo Agrometereologico Siciliano. Assessorato Agricoltura e Foreste, Regione Siciliana.
- Dure L., 1993. Structural motifs in Lea proteins. In Plants Responses to Cellular Dehydration During Environmental Stress. Current Topics in Plant Physiology, American Society of Plant Physiologists Series 10, 91-103. American Society of Plant Physiologists, Rockville, MD.
- Duyvendak R., Luesink B., 1979. Preservation of genetic resources in grasses. In Proceedings of the conference: Broadening the Genetic Base of Crops. Wageningen, Nhetherlands 3-7 july 1978, edited by A. C. Zeven and A.M. Van Harten, Centre for Agricultural Publishing and Documentation, Wageningen 67-73.

- Falcinelli M., Cenci C. A., Negri V., 1983. Valutazione di ecotipi di *Dactylis glomerata* L.: i caratteri botanici. Rivista di Agronomia 17, 2, 305-314.
- Falcinelli M., Lorenzetti F., 1980. Valutazione delle varietà di graminacee foraggere iscritte al registro nazionale per l'impianto di prati-pascoli nelle terre marginali dell'Umbria. Rivista di Agronomia 14, 104-111.
- Fara G., Franca A., Porqueddu C., Caredda S., Roggero P.P., 1997. Mediche e trifogli annuali autoriseminanti per usi foraggeri e non convenzionali: adattamento e persistenza. Rivista di Agronomia 31, 4, 1009-1018.
- Filistocco E., Falcinelli M., Mariani A., 1980. Indagine preliminare sulla caratterizzazione di ecotipi italiani di *Dactylis glomerata* L.. Sementi Elette, XXVI 2, 19-25.
- Fiori A., 1923/1929. Nuova Flora Analitica d'Italia. Vol. I, 126-127, ristampa Edagricole, Bologna 1974.
- Garwood E.A., Sinclair J., 1979. Use of water by six grass species. II root distribution and use of soil water. J. Agric. Sc., Cambridge 93, 25-35.
- Ghazanfar, S.A., 1991. Vegetation structure and phytogeography of Jabal Sham an arid mountain in Oman. Journal of Biogeography 18, 299-309.
- Giacomini, 1958. La flora. Touring club italiano, Milano vol. II.
- Giardini A., Cinti F., 1985. Praticoltura da vicenda nell'Italia centrale. Rivista di Agronomia 19, 2-3, 104-121.
- Greenwood K.L., Hutchinson H.J., 1998. Root characteristics of temperate pasture in New South Wales after grazing at three stocking rates for 30 years. Grass Forage Sci. 53, 120-128.

- Grodzicker T., Williams J., Sharp P., Sambrook J., 1975. Physical mapping of temperature sensitive mutants of adenovirus. Cold Spring Harbor Symp. Quant. Biol. 39, 439-446.
- Harris C.A., Clark S.G., Reed K.F.M., Nie Z.N., Smith K.F., 2008. Novel *Festuca arundinacea* Schreb. And *Dactylis glomerata* L. germplasm to improve adaptation for marginal environments. Aust. J. Exp. Agric. 48, 436-448.
- Hawkes J.G., 1981. Germoplasm collection, preservation and use. In Plant Breeding II, edited by K. J. Frey, the Iowa State University Press, Ames. 51-83.
- Helentjaris T., Slocum M., Wright S., Schaefer A., Nienhuis J., 1986. Construction of genetic linkage maps in maize and tomato using restriction fragment length polymorphisms. Theor. Appl. Genet. 61, 650-658.
- Hinch D.K., Hellwege E.M., Heyer A.G., Crowe J.H., 2000. Plant fructans stabilize phosphatidylcholine liposomes during freeze-drying. Eur. J. Biochem 267, 535-540.
- Hitchcock A.S. (rev. A. Chase). 1950. Manual of the grasses of the United States. Washington, DC.
- Hoekstra F.A., Golovina E.A., Buitink J., 2001. Mechanisms of plant desiccation tolerance. Trends Plant Sci. 6, 431-438.
- Hoen K., 1968. Summer dormancy in *Phalaris tuberosa* L. Aust. J. Agric. Res 19, 227-239.
- Horvath D.P., Chao W. S., Suttle J.C., Thimmapuram J., Anderson J.V., 2008. Transcriptome analysis identifies novel responses and potential regulatory genes involved in seasonal dormancy transitions of leafy spurge (*Euphorbia esula* L.). BMC Genomics 9, 536-553.
- IPCC, 2007. Climate change 2007: impacts, adaptation and vulnerability. Contribution of Working Group II to the Fourth

Assessment Rep. of the Intergovernmental Panel on Climate Change. M.L. Parry et al.. Cambridge Univ. Press, Cambridge, UK.

- Ismail A.M., Hall A.E., Close T.J., 1999. Purification and partial characterization of a dehydrin involved in chilling tolerance during seedling emergence of cowpea. *Plant Physiol* 120, 237-244.
- Jay M., Lumaret R., 1995. Natural variation in the subtropical group of *Dactylis glomerata* L.. Evidence from flavonoid patterns. *Biochem. Syst. and Ecol.*, 23: 523-531
- Kamenetsky R., 2009. Patterns of dormancy and florogenesis in herbaceous perennial plants: environmental and internal regulation. *Crop Science* 49, 2400-2404.
- Katsnelson J., 1964. The variability of annual precipitation in Palestine. *Archive für Meteorologie Geophysik und Bioklimatologie* 13B, 163-172.
- Keller W., 1953. Water requirement of selected genotypes of orchardgrass, *Dactylis glomerata* L.. *Agron. Journ.* 45, 622-625.
- Kemp D.R., 1994. Pasture management research priorities, p. 149-154. In J.L. Wheeler et al.. *Temperate pastures: their production, use, and management*. Australian Wool Corp. and CSIRO, Melbourne, Australia.
- KNIEVEL D.P., SMITH D., 1973. Influence of cool and warm temperatures and temperature reversal at inflorescence emergence on growth of timothy, orchardgrass, and tall fescue. *Agronomy Journal* 65, 378–383.
- Knight R., 1960. The growth of cocksfoot (*Dactylis glomerata* L.) under spaced plant and sward conditions. *Aust. J. Agric. Res.* 11, 457-472.

- Knight R., 1973. The climatic adaptation of populations of cocksfoot (*Dactylis glomerata* L.) from southern France. *Journal of Applied Ecology* 10, 1-12.
- Koller D., 1969. The physiology of dormancy and survival of plants in desert environments. *Symp. Soc. Exp. Biol.* 23,449-469.
- Köppen W. e Geiger R., 1930-39. *Handbuch der Klimatologie*, 5 Vols., Berlin.
- Köppen W., 1923. *Die climate der Erde, Crundriss der klimakunde*, Berlin and Leipzig.
- Köppen W., Geiger R., 1930. *Handbuch der climatologie*. Borntraeger, Berlin.
- Kuang J., Gaff D.F., Gianello R.D., Blomstedt C.K., Neale A.D., Hamill J.D., 1995. Changes in vivo protein complements in drying leaves of the desiccation-tolerant grass *Sporolobus stapfianus* and the desiccation-sensitive grass *Sporolobus pyramidalis*. *Aust. J. Plant. Physiol.* 22, 1027-1034.
- Kutiel H., 1985. The multimodality of the rainfall course in Israel as reflected by the distribution of dry spells. *Archive fur Meteorologie Geophysik und Bioklimatologie* 36B, 15-27.
- Kutiel H., 1990. Variability of factors and their possible application to climatic studies. *Theoretical and Applied Climatology* 42, 169-175.
- Kutiel H., 1993. L'incertitude du regime pluviometrique en Mediterranee e orientale. *Publication de l'Association Internationale de Climatologie* 6, 151-158.
- Kutiel P., Lavee H., Ackermann O., 1998. Spatial distribution of soil surface coverage on north and south facing hill slopes along a Mediterranean to extreme arid climatic gradient, Israel. *Geomorphology* 23, 245-256.

- Kutiel P., Lavee H., Shoshany M., 1995. Influence of climatic transect upon vegetation dynamics along a Mediterranean arid transect. *Journal of Biogeography* 22, 106-1071.
- Lang G.A., Early J.D., Martin G.C., Darnell R.L., 1987. Endo-, para-, and ecodormancy: Physiological terminology and classification for dormancy research. *Hort Science* 22, 371-377.
- Laude H.M., 1953. The nature of summer dormancy in perennial grasses. *Botanical Gazette* 114, 284-292.
- Lazarides M., 1992. Resurrection grasses (Poaceae) in Australia. P. 213-234. In G.P. Chapman (ed.) *Desertified grasslands. Their biology and management*. Academic Press, London. *Crop Science* 49, 2386-2392.
- Leopold A.C., Musgrave M.E., Williams K.M., 1981. Solute leakage resulting from leaf desiccation. *Plant Physiol* 68, 1222-1225; *Plant. Physiol.* 116, 200-250.
- Lodge G.M., Murphy S.R., 2006. Root depth of native and sown perennial grass-based pastures, North-West Slopes, New South Wales. 1. Estimates from cores and effects of grazing treatments. *Aust. J. Exp. Agric.* 46, 337-345.
- Lombardo G. M., Tuttobene R., 1988. Decorso della maturazione del seme in *Dactylis glomerata* L. e *Festuca arundinacea* Schreb. *Rivista di Agronomia* 22, 177-184.
- Longo G., 1980. Il ruolo della *Dactylis glomerata* L. nella valorizzazione produttiva delle aree marginali dei Nebrodi. *Rivista di Agronomia* 14, 133-140.
- Longo G., La Malfa G., 1976. Variabilità di alcune caratteristiche morfologiche e biologiche in popolazioni di *Dactylis glomerata* L. reperite in aree asciutte della Sicilia orientale. *Rivista di Agronomia* 10, 107-115.

- Lorenzetti F., 1968. Valutazione agronomica e genetica di ecotipi di *Lolium perenne* e *Dactylis glomerata* L.. Genetica agraria, volume 1, 68-80.
- Lorenzetti F., 1982. Progresso agricolo ed erosione genetica: un patrimonio da salvare. Terra e Vita 10, 65-66.
- Lucchin M., Olivieri A. e Zallot E., 1984. Valutazione di popolazioni naturali di *Dactylis glomerata* L.. Sopravvivenza all'inverno. Rivista di Agronomia 18, 2, 131-138.
- Lucchin M., Olivieri A., 1985. Comportamento di popolazioni naturali di *Dactylis glomerata* L. sopravvissute al freddo invernale. Rivista di Agronomia 19, 4, 273-283.
- Lumaret R., 1988. Cytology, genetics and evolution in the genus *dactylis*. CRC Critical Reviews in Plant Science 7 (1), 55-91.
- Mazzitelli L., Hancock R.D., Haupt S., Walker P.G., Pont S.D.A., McNicol J., Cardle L., Morris J., Viola R., Brennan R., Hedley P.E., Taylor M.A., 2007. Co-ordinated gene expression during phases of dormancy release in raspberry (*Rubus idaeus* L.) buds. J. Exp. Bot 58, 1035-1045.
- McKersie B.D., Leshem Y.Y., 1994. Stress and Stress Coping in Cultivated Plants. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, Boston, London 132-144.
- McWilliam J.R., 1968. The nature of the perennial response in Mediterranean grasses. 2. Senescence, summer dormancy and survival in *Phalaris*. Aust. J. Agric. Res. 19, 397-409.
- McWilliam J.R., Kramer P.J., 1968. The nature of the perennial response in Mediterranean grasses. 1. Water relations and summer survival in *Phalaris*. Aust. J. Agric. Res. 19, 381-395. Crop Science 49, 2386-2392.

- Mooney P.R., 1979. Seeds of the Earth. A private or public Resource? 120, 1 ed., Inter Pares Publ., Ottawa.
- Myers W.M., 1960. New developments in forage crop breeding. Proc. 8th Internat. Grassl. Congress 7-11.
- Nie Z., Norton M.R., 2009. Stress tolerance and persistence of perennial grasses: the role of the summer dormancy trait in temperate Australia. Crop Science 49, 2405-2411.
- Nie Z.N., Chapman D.F., Tharmaraj J., Clements R., 2004a. Effects of pasture species mixture, management and environment on the productivity and persistence of dairy pastures in south west Victoria: 1. Herbage accumulation and seasonal growth patten. Aust. J. Agric. Res. 55, 625-636.
- Nie Z.N., Chapman D.F., Tharmaraj J., Clements R., 2004b. Effects of pasture species mixture, management and environment on the productivity and persistence of dairy pastures in south west Victoria: 2. Plant population density and persistence. Aust. J. Agric. Res. 55, 637-643.
- Nie Z.N., Miller S., Moore G.A., Hackney B.F., Boschma S.P., Reed K.F.M., et al., 2008. Field evaluation of perennial grasses and herbs in southern Australia. 2. Persistence, root characteristics and summer activity. Aust. J. Exp. Agric. 48, 424-435.
- Norman H.C., Ewing M.A., Loi A., Nutt B.J., Sandral G.A., 2000. The pasture and forage industry in the Mediterranean bioclimates of Australia. In: Cahiers Options Méditerranéennes-Legumes for Mediterranean forage crops, pastures and alternative uses, 45, 469-476.
- Norton M., Volaire F., Lelièvre R., 2006a. Summer dormancy in *Dactylis glomerata* L.: the influence of season of sowing and a

- simulated mid-summer storm on two contrasting cultivars. *Aust. J. Agric. Res.* 57, 565-575.
- Norton M., Volaire R., Lelièvre F., 2006b. Summer dormancy in *Festuca arundinacea* Schreb, The influence of season of sowing and a simulated mid-summer storm on two contrasting cultivars. *Aust. J. Agric. Res.* 57, 1267-1277.
 - Novoselova A., 1977. The gene pool and its use in breeding grassland plants. In *Proceedings of the XIII International Grassland Congress, Leipzig, German Democratic Republic, 18-27 May 1977*, edited by E. Wojahn and H. Thons, Akademie- Verlag, Berlin, vol. I, 51-59.
 - Nylander M., Svensson J., Palva E.T., Welin B.J., 2001. Stress-induced accumulation and tissue-specific localization of dehydrins in *Arabidopsis*.
 - Nylander M., Svensson J., Palva E.T., Welin B.J., 2001. Stress-induced accumulation and tissue-specific localization of dehydrins in *Arabidopsis thaliana*. *Plant Mol. Biol.* 45, 263–279.
 - Ofir M., 1986. Seasonal changes in the response to temperature of summer-dormant *Poa bulbosa* L. *Bulbs Ann Bot* 58, 81-89.
 - Ofir M., Kigel J., 1998. Absciscic acid involvement in the induction of summer-dormancy in *Poa bulbosa*, a grass geophyte. *Physiol. Plant.* 102, 163–170.
 - Ofir M., Kigel J., 2007. Regulation of summer dormancy by water deficit and ABA in *Poa bulbosa* ecotypes. *Ann. Bot. (Lond.)* 99, 293-299.
 - Ofir M., Koller D., 1974. Relationship between thermoinduction and photoinduction of flowering and dormancy in *Hordeum bulbosum* L., a perennial grass. *Aust. J. Plant Physiol.* 1, 259–270.

- Onofrii M., Tomasoni C., Berardo N., 1988. Miglioramento delle tecniche colturali. Prati monofiti di graminacee. Confronto fra cultivar ed epoche di sfalcio. *Agricoltura e Ricerca* 87 41-48.
- Oram R.N., 1983. Ecotypic differentiation for dormancy levels in overwintering buds of *Phalaris aquatica* L. *Bot. Gaz.* 144, 544- 551.
- Panella A., 1967. Il miglioramento genetico delle graminacee foraggere perenni. *Rivista di Agronomia* 1, 90-105.
- Parsons A.J., Johnson I.R., Williams J.H.H.. 1988. Leaf age structure and canopy photosynthesis in rotationally and continuously grazed swards. *Grass Forage Sci.* 43:1–14.
- Parrish T.L., Koelewijn H.P., van Dijk P.J., 2004. Identification of a male-specific AFLP marker in a functionally dioecious fig, *Ficus fulva* Reinw. ex Bl. (Moraceae). *Sex. Plant Reprod.* 17, 17-22.
- Pavlicek A., Hrdá S., Flegr J., 1999. FreeTree freeware program for construction of phylogenetic trees on the basis of distance data and bootstrap/jackknife analysis of the tree robustness. Application in the RAPD analysis of genus *Frenkelia*. *Folia Biol.* 45, 97-99.
- Peng Y., Zhang X., Deng Y., Ma X., 2008. Evaluation of genetic diversity in wild orchadgrass (*Dactylis glomerata* L.) based on AFLP markers. *Hereditas* 145, 174-181.
- Perrière, G., Gouy, M., 1996. WWW-Query: An on-line retrieval system for biological sequence banks. *Biochimie* 78, 364-369.
- Piano E., Romani M., Pusceddu S., 1997. Selezione di genotipi di *Dactylis glomerata* L. per l'ambiente mediterraneo. *Rivista di Agronomia* 31, 1 Suppl. 233-236.
- Piano E., Sardara M., Spanu F., Usai R., Pusceddu S., 1990. Bio-morphological characterization and agronomical evaluation of cocksfoot populations from Sicily (Italy). Sixth Meeting FAO Sub-network on Mediterranean Pastures and Fodder Crops, Bari 111-114.

- Pignatti S., 1995. Ecologia vegetale, Utet, Torino.
- Pinna M., 1977. Climatologia, manuali di geografia, 5, UTET, Torino.
- Porqueddu C., González F., 2006. Which role and potential in Mediterranean conditions? In: Diversité des Fabacae fourragères et de leurs symbiotes, Intern. Workshop, Alger, 19-22 Feb. pp. 290-297.
- Porqueddu C., Ledda L., Roggero P.P., 2000. Role of forage legumes and constraints for forage legume seed production in Mediterranean Europe. Cahiers Options Méditerranéennes 453-460.
- Raunkiaer C., 1934. Life forms and terrestrial plant geography, Oxford Clarendon Press. 632.
- Raven P.H., 1973. Introduction to section V: Plant Biogeography. In F. Di Castri e H.A. Mooney (Editors). Mediterranean type ecosystem, origin and structure. Springer-Verlag, Berlin 211-212.
- Ridley A.M., Simpson R.J., 1994. Seasonal development of roots under perennial and annual grass pastures. Aust. J. Agric. Res. 45, 1077-1087.
- Rieder J., Diercks R., Klein W., 1983. Prati e pascoli. Liviana Editrice.
- Rivas-Martinez S., 1994. Clasificación bioclimática de la Tierra. Folia Bot. Matritensis 16, 1-29.
- Rivoira G., 1976. Foraggicoltura asciutta in ambiente mediterraneo. Rivista di Agronomia 10, 1, 3-22.
- Salisbury J.H., 1961. A study of dormancy, survival, and other characteristic in *Lolium perenne* L. at Adelaide, S.A. Australian Journal of Agricultural Research 12, 1-9.
- Scott P., 2000. Resurrection plants and the secrets of eternal leaf. Ann Bot 85, 159–166.

- Shaimi N., Kallida R., Volaire F., Saidi N., Al Faiz C., 2009. Summer dormancy and drought serviva of Moroccan ecotypes of *Dactylis glomerata* L. Crop Sci 49, 1416-1424.
- Sharon D., 1965. Variability of rainfall in Israel. Israel Exploration Journal 15, 169-176.
- Sharon D., Kutiel H., 1986. The distribution of rainfall intensity in Israel, its regional and seasonal variations and its climatological evaluation. Journal of Climatology 6, 277-291.
- Shoshany M., Kutiel P., Lavee H., 1996. Seasonal vegetation cover changes in the Judean Mountain and Desert regions: A remote sensing study. Journal of Arid Environments 33, 9-21.
- Shoshany M., Kutiel P., Lavee H., Eichler M., 1994. Remote sensing of vegetation cover along a climatological gradient. Journal of Photogrammetry and Remote Sensing 49, 2-10.
- Shoshany M., Lavee H., Kutiel P., 1995. Seasonal vegetation cover changes as an indicator of soil types along a climatological gradient: A mutual study of environmental patterns and controls using remote sensing. International Journal of Remote Sensing 16, 2137-2151.
- Silsbury J.H., 1961. A study of dormancy, survival and other characteristics in *Lolium perenne* L. at Adelaide, S. A. Austr. J. agr. Res. 12, 1-9.
- Sovrano Pangallo G., 1974. Controllo varietale di graminacee e leguminose prative. Ed. Istituto Sperimentale per le colture Foraggere, Lodi.
- Sprague G., Tatum L.A., 1942. General vs. specific combining ability in single crosses of corn. Jour. Amer. Soc. Agron. 34, 923-932.
- Stebbins G., Zohary D., 1959. Cytogenetic and evolutionary studies in the genus *Dactylis*. 1. Morphology distribution and

interrelationships of the diploid subspecies. University of California Publications in Botany 31, 1-40.

- Sternberg M., Brown V.K., Masters G.J., Clarke I.P., 1999. Plant community dynamics in a calcareous grassland under climate change manipulations. *Plant Ecology* 143, 29-37.
- Striem H.L., Rosenan N., 1973. Rainspells, as climatological parameter, used in the analysis of rainfall in Jerusalem. *Archiv für Meteorologie Geophysik und Bioklimatologie* 21B, 25-42.
- Talamucci P., Falcinelli M., 1977. Produzione di seme di graminacee foraggere. *Rivista di Agronomia* 11, 103-114.
- Tano F., Bellini P., 1985. Praticoltura da vicenda nell'Italia settentrionale. *Rivista di Agronomia* 19, 2-3, 77-103.
- Tautz D., Trick M., Dover G.A., 1986. Cryptic simplicity in DNA is a major source of genetic variation. *Nature* 322, 652-656.
- Trejo-Caldaza, O'Connell, 2005. Genetic diversity of drought-responsive genes in populations of the desert forage *Dactylis glomerata*. *Plant Science* 168, 1327-1335.
- Turner NC (1997) Further progress in crop water relations. *Adv*
- Vavilov N., 1926. Studies on the origins of cultivated plants. *Bull. Appl. Bot. Plant Breed* 16, 1-245.
- Vecchietтини M., Cinti F., Gaspari F., Giardini A., 1991. Influenza dell'epoca di taglio sulla resa e sulla qualità del foraggio di erba mazzolina (*Dactylis glomerata* L.) e coda di topo (*Phleum pratense* L.). *Rivista di Agronomia* 25, 2, 253-262.
- Vegis A., 1964. Dormancy in higher plants. *Annu. Rev. Plant Physiol.* 15, 185-224.
- Volaire F., 1991. Agronomical evaluation of local populations of cocksfoot (*Dactylis glomerata*, L.) in Corsica. *Agr. Med.* 121, 263-271.

- Volaire F., 1995. Growth, carbohydrate reserves and drought survival strategies of contrasting *Dactylis glomerata* populations in a Mediterranean environment J. Appl. Ecol. 32, 56-66.
- Volaire F., 1995. Growth, carbohydrate reserves and drought survival strategies of contrasting *Dactylis glomerata* populations in a Mediterranean environment. J. Appl. Ecol. 32, 56-66. Crop Science 49, 2386-2392.
- Volaire F., 2002. Drought survival, summer dormancy and dehydrin accumulation in contrasting cultivars of *Dactylis glomerata*. Physiol. Plant. 116, 42-51.
- Volaire F., 2003. Seedling survival under drought differs between an annual (*Hordeum vulgare* L.) and a perennial grass (*Dactylis glomerata* L.). New Phytol. 160, 501-510.
- Volaire F., 2008. Plant traits and functional types to characterise drought survival of pluri-specific perennial herbaceous swards in Mediterranean areas. Eur. J. Agron. 29, 116-124.
- Volaire F., Conejero G., Lelièvre F., 2001. Drought survival and dehydration tolerance in *Dactylis glomerata* and *Poa bulbosa*. Aust. J. Plant. Physiol. 28, 743-754.
- Volaire F., Grandoin J.M., 1996. The effect of age of the sward on the relationship between water-soluble carbohydrate accumulation and drought survival in two contrasted populations of cocksfoot (*Dactylis glomerata* L.) Grass and Forage Science 51, 190-198.
- Volaire F., Lelièvre F., 1997. Production, persistence and water-soluble carbohydrate accumulation in 21 contrasting populations of *Dactylis glomerata* L. subjected to severe drought in the south of France. Aust. J. Agric. Res. 48, 933-944.
- Volaire F., Lelièvre F., 1997. Production, persistence, and water-soluble carbohydrate accumulation in 21 contrasting populations of

Dactylis glomerata L. subjected to severe drought in the south of France. Australian Journal of Agricultural Research 48, 933-944.

- Volaire F., Lelièvre F., 2001. Drought survival in *Dactylis glomerata* and *Festuca arundinacea* under similar rooting conditions in tubes. Plant Soil 229, 225-234.
- Volaire F., Norton M., 2006. Summer dormancy in perennial temperate grasses. Ann. Bot. (Lond.) 98, 927-933.
- Volaire F., Norton M.R., Norton G.M., Lelièvre F., 2005. Seasonal patterns of growth, dehydrins and water-soluble carbohydrates in genotypes of *Dactylis glomerata* varying in summer dormancy. Ann. Bot. (Lond.) 95, 981-990.
- Volaire F., Seddaiu G., Luigi L., Lelièvre F., 2009. Water deficit and induction of summer dormancy in perennial Mediterranean grasses. Ann. Bot. (Lond.) 103, 1337-1349. Crop Science 49, 2386-2392.
- Volaire F., Thomas H., 1995. Effects of drought on water relations, mineral uptake, water-soluble carbohydrates accumulation and survival of two contrasting populations of cocksfoot (*Dactylis glomerata* L.). Ann. Bot. (Lond.) 75, 513-524. Crop Science 49, 2386-2392.
- Volaire F., Thomas H., Bertagne N., Bourgeois E., Gautier M.F., Lelièvre F., 1998b. Survival and recovery of perennial forage grasses under prolonged Mediterranean drought. II. Water status, solute accumulations, abscisic acid concentration and accumulation of dehydrin transcripts in bases of immature leaves. New Phytol. 140, 451-460.
- Volaire F., Thomas H., Lelièvre F., 1998. Survival and recovery of perennial forage grasses under prolonged Mediterranean drought: Growth, death, water relations and solute content in herbage and stubble. New Phytol. 140, 439-449. Crop Science 49, 2386-2392.

- Volaire F., Thomas H., Lelièvre F., 1998a. Survival and recovery of perennial forage grasses under prolonged Mediterranean drought. I. Growth, death, water relations and solute content in herbage and stubble. *New Phytol.* 140, 439-449.
- Vos P., Hogers R., Bleeker M., Reijans M., Van De Lee T., Hornes M., Frijters A., Pot J., Peleman J., Kuiper M., Zabeau M., 1995. AFLP: a new technique for DNA fingerprinting. *Nucleic Acids Res.* 23, 4407-4414.
- Walter H., Lieth H., 1960-67. Klimadiagramm-Weltatlas. Gustav-Fisher Verlag, Jena.
- Ward D., Olsvig-Whittaker L., 1993. Plant species diversity at the junction of two desert biogeographic zones. *Biodiversity Letters* 1, 172-185.
- Wassom C., Kalton R.R., 1958. Evaluation of combining ability in *Dactylis glomerata* L. IV Randomness of pollination in topcross and polycross nurseries. *Agron. Jour.* 50, 640-643.
- Westhoff V., 1970. Vegetation study as a branch of biological science, Misc. Papers Landbouwhogeschool Wageningen 5, 11-30.
- Whittaker R.H., 1975. *Communities and Ecosystems*. New York: MacMillan Press. 385.
- Whyte R.O., Moir T.R.G. e Cooper J.P., 1959. Grasses in Agriculture. FAO, Roma 267-300.
- Williams J.G.K., Kublelik A.R., Livak K.J., Rafalski J.A., Tingey S.V., 1990. DNA polymorphisms amplified by arbitrary primers are useful as genetic markers. *Nucleic Acids Res.* 18, 6531-6535.
- Zangheri P., 1976. *Flora Italica*. Cedam, Padova 949-950.
- Zeng B., Zhang X.Q., Fan Y., Lan Y., Ma X., Peng Y., Liu W., 2006. Genetic diversity of *Dactylis glomerata* germplasm resources

detected by molecular markers. Dissertation of the 2nd China-Japan-Korea Grassland Conf., Lanzhou, China.

- Zeven A.C., 1979. Collecting genetic resources in highly industrialized Europe, especially the Netherlands. In Proceedings of the conference: Broadening the Genetic Base of Crops. Wageningen, Netherlands, 3-7 July 1978, edited by A.C. Zeven and A. M. Van Harten, Centre for Agricultural Publishing and Documentation, Wageningen, 49-58.
- Ziliotto U., Scotton M., Stringi L., 1992. Caratterizzazione floristica dei pascoli italiani. Rivista di Agronomia 26, 3 suppl., 295-324.
- Ziliotto U., Testolin R., 1982. Valutazione agronomica di popolazioni di graminacee foraggere raccolte in prati e pascoli delle Prealpi ed Alpi venete. Rivista di Agronomia 16, 4, 353-365.
- Ziliotto U., 1969. Osservazione su alcune caratteristiche agronomiche di dodici cultivar di *Dactylis glomerata* L. Sementi Elette. Rivista di Agronomia 6, 372-394.