



UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI PISA

Dipartimento di Scienze Agrarie, Alimentari e Agro-ambientali

Corso di Laurea Magistrale in

Produzioni Agroalimentari e Gestione degli Agroecosistemi

Curriculum: Agroambientale

Tesi di Laurea

**DETERMINAZIONE DEL FABBISOGNO IN FREDDO
DELL'ALBICOCCO:**

INTERAZIONI TRA GENOTIPO E HABITUS

Candidato:

Marco Puccini

Relatrice:

Ch.ma Dott.ssa Raffaella Viti

Anno Accademico 2012 / 2013

INDICE

INTRODUZIONE	PAG. 7
<i>Capitolo 1: LA DORMIENZA</i>	PAG. 11
1 <i>La dormienza delle gemme</i>	PAG. 11
1.1 <i>Problemi correlati alla dormienza</i>	PAG. 15
1.2 <i>Gemme a fiore e a legno</i>	PAG. 16
1.3 <i>Micro e macro sporogenesi</i>	PAG. 17
CAPITOLO 2: METODI DI VALUTAZIONE DELLA DORMIENZA	PAG. 21
1 <i>Evoluzione della dormienza nelle gemme a fiore</i>	PAG. 21
1.1 <i>Metodi biologici</i>	PAG. 22
1.1.1 <i>Crescita delle gemme a fiore</i>	PAG. 22
1.1.2 <i>Evoluzione fenologica</i>	PAG. 22
1.1.3 <i>Test delle talee uninodali</i>	PAG. 23
1.2 <i>Metodi anatomici</i>	PAG. 23
1.2.1 <i>Xilogenesi</i>	PAG. 23
1.2.2 <i>Microsporogenesi</i>	PAG. 25
1.3 <i>Metodi Biochimici</i>	PAG. 25
1.3.1 <i>pH intracellulare (pHi)</i>	PAG. 25
1.3.2 <i>Variazioni della componente carboidratica</i>	PAG. 26
1.3.3 <i>Dinamica dei composti antiossidanti</i>	PAG. 26
1.3.4 <i>Test dei nucleotidi</i>	PAG. 27
1.3.5 <i>Stato idrico delle gemme</i>	PAG. 27
CAPITOLO 3: CALCOLO DEL FABBISOGNO IN FREDDO	PAG. 29
1 <i>Metodo UTAH</i>	PAG. 29
2 <i>Altri metodi</i>	PAG. 31

CAPITOLO 4: PRINCIPALI ASPETTI FISIOLOGICI ED AMBIENTALI LEGATI	
ALLA COMPARSA DI ANOMALIE NELLE GEMME A FIORE	PAG. 33
1 <i>La comparsa di anomalie durante la fase di dormienza</i>	PAG. 35
2 <i>Aspetti genetici e fisiologici legati alla comparsa di anomalie</i>	PAG. 36
CAPITOLO 5: HABITUS: LE TIPOLOGIE DI ALBERO NELL'ALBICOCCO	PAG. 37
1 <i>Portamento</i>	PAG. 40
1.1 <i>Aperto</i>	PAG. 42
1.2 <i>Assurgente</i>	PAG. 43
1.2.1 <i>Taglia elevata</i>	PAG. 43
1.2.2 <i>Taglia normale</i>	PAG. 44
1.2.3 <i>Taglia nana</i>	PAG. 45
1.3 <i>Espanso</i>	PAG. 46
1.4 <i>Regolare</i>	PAG. 47
1.5 <i>Spur</i>	PAG. 48
CAPITOLO 6: SCOPO DEL LAVORO	PAG. 51
CAPITOLO 7: MATERIALI E METODI	PAG. 53
1 <i>Materiali</i>	PAG. 53
1.1 <i>Genotipi utilizzati</i>	PAG. 53
2 <i>Metodi</i>	PAG. 58
2.1 <i>Rilievi di campo</i>	PAG. 59
2.2 <i>Rilievi di laboratorio</i>	PAG. 60
2.2.1 <i>Determinazione del fabbisogno in freddo e osservazioni fenologiche</i>	PAG. 60
2.2.2 <i>Sviluppo degli elementi dei vasi xilematici</i>	PAG. 62
CAPITOLO 8: RISULTATI E DISCUSSIONI	PAG. 63
1 <i>Andamento climatico</i>	PAG. 63
1.1 <i>Accumulo CU</i>	PAG. 64

2	<i>Risultati di campo</i>	PAG. 67
2.1	<i>Caratterizzazione genotipo</i>	PAG. 67
2.1.1	<i>Portamento aperto: San Castrese</i>	PAG. 67
2.1.2	<i>Portamento assurgente: Antonio Errani</i>	PAG. 68
2.1.3	<i>Portamento regolare: Goldrich</i>	PAG. 69
2.2	<i>Indici di fertilità, cascola e fioritura</i>	PAG. 72
2.2.1	<i>Indice di fertilità</i>	PAG. 72
2.2.2	<i>Cascola</i>	PAG. 73
2.2.3	<i>Fioritura</i>	PAG. 74
2.3	<i>Epoca di fioritura</i>	PAG. 75
3	<i>Risultati di laboratorio</i>	PAG. 77
3.1	<i>Determinazione del fabbisogno in freddo</i>	PAG. 77
3.1.1	<i>Portamento Aperto: San Castrese</i>	PAG. 78
3.1.2	<i>Portamento Assurgente: Antonio Errani</i>	PAG. 79
3.1.3	<i>Portamento Regolare: Goldrich</i>	PAG. 80
3.2	<i>Sviluppo vasi xilematici delle gemme a fiore</i>	PAG. 84
	CONCLUSIONI	PAG. 87
	BIBLIOGRAFIA	PAG. 91

INTRODUZIONE

L'albicocco (*Prunus Armeniaca* L.) specie originaria dell'Asia Centrale, ha un areale di diffusione molto vasto ed è possibile rinvenirlo in ambienti caratterizzati da condizioni ecologiche e pedoclimatiche anche molto differenti. Può essere coltivato in zone con inverni molto rigidi come l'Ontario (Canada) o l'Europa centro-orientale così come in areali caratterizzati da condizioni climatiche ben più miti come ad esempio nei Paesi del Nord Africa (Bassi, 2002); anche in Italia la sua diffusione copre l'intero territorio nazionale, dalle pianure del meridione alle quote più elevate delle regioni alpine (Scaramuzzi e Baldini, 1988).

La grande diffusione dell'albicocco sembra dimostrare una buona plasticità di questa specie in termini di adattabilità ambientale, in realtà tale caratteristica è la diretta conseguenza della grande variabilità genetica che, attraverso l'insorgenza di ecotipi geneticamente differenti e caratterizzati da esigenze ecologiche e ambientali diverse, ne ha permesso una diffusione così ampia anche in ambienti tanto diversi tra loro. Gran parte delle cultivar sono caratterizzate da una notevole "rigidità" rispetto all'adattamento ambientale soprattutto se introdotte in areali con condizioni ambientali diverse da quelle di origine (Bassi, 2002); infatti uno dei principali problemi della cultura dell'albicocco è sicuramente la scarsa capacità di adattamento alle diverse condizioni ambientali (Guerriero e Bartolini, 1995).

Le problematiche di adattabilità ambientale dell'albicocco sono condizionate direttamente dalla necessità di superare in maniera ottimale, nel corso della stagione invernale, la fase di dormienza attraverso il soddisfacimento del fabbisogno in freddo. Questa fase rappresenta un punto molto delicato per la fisiologia della pianta ed è condizionata in maniera diretta dall'insieme dei fattori pedo-climatici peculiari dell'areale di coltivazione.

Parametri quali habitus, temperatura, luce e umidità relativa sono tutti in grado di influenzare la fase di dormienza nelle gemme ma il livello delle temperature rappresenta certamente il fattore più importante per garantire il soddisfacimento del fabbisogno in freddo e quindi la fine dell'endodormienza (Viti *et al.*, 2006). Durante la dormienza i regolari processi fisiologici e biochimici, portano ad un

lento e costante ingrossamento nelle gemme a fiore, ma superata questa fase le gemme perdono la loro resistenza al freddo e il loro successivo sviluppo è mediato dalle temperature medio-elevate, dimostrando in questo caso un fabbisogno in caldo, anch'esso variabile tra le varie cultivar e che condiziona le diverse epoche di fioritura.

Il mancato soddisfacimento del fabbisogno in freddo espone la pianta ad una serie di problematiche causando la comparsa di anomalie nelle gemme a fiore che successivamente vanno incontro a cascola (Viti e Monteleone, 1995; Garcia *et al.*, 1999) comportando spesso una fioritura irregolare e insufficiente. In questi ultimi anni, gli obiettivi del miglioramento genetico, legati soprattutto agli aspetti qualitativi del frutto ed all'estensione dei calendari di maturazione, hanno incentivato l'introduzione in areali mediterranei di cultivar di origine continentale, caratterizzate da una maturazione più tardiva e da un maggior sovra colore ma con un elevato fabbisogno in freddo. Questo ha fatto sì che andasse incontro a difficoltà di adattamento, come spesso accade a cultivar di origine continentale, le quali coltivate in ambiente mediterraneo presentano gravi problemi di cascola della gemme, scarsa fioritura, e bassa produttività.

La causa di tutto questo può non essere solamente il mancato soddisfacimento del fabbisogno in freddo, ma anche andamenti climatici sfavorevoli che possono verificarsi sia in estate che in inverno, e che sembrano essere direttamente responsabili dell'insorgenza di anomalie e/o necrosi delle gemme a fiore ripercuotendosi negativamente sulla produzione (Legave, 1984; Viti, 1991).

Andando a considerare questi problemi è nata l'esigenza di promuovere selezioni che abbiano come obiettivo quello di introdurre nuove varietà di pregio che più facilmente si adattino a condizioni pedo-climatiche diverse da quelle di origine, che abbiano un calendario produttivo più ampio, ma che siano anche più vicine ai gusti dei consumatori, e che inoltre abbiano un miglior comportamento in relazione alla resistenza agli stress biotici ed abiotici, alla qualità e costanza della produzione, alla conservabilità ed una maggior idoneità alla trasformazione industriale.

L'obiettivo principale e spesso più importante dei nuovi programmi di miglioramento genetico dei fruttiferi è rappresentato dalla qualità del frutto, e solo secondariamente, la modificazione genetica del portamento dell'albero.

Il portamento dell'albero è uno dei fattori più importanti nella gestione agronomica dei fruttiferi, infatti l'habitus dell'albero influenza in maniera decisiva la fruttificazione e di conseguenza interessa significativamente la produttività e la qualità del frutto (Fideghelli *et al.*, 2003). Dalla forma dell'albero dipendono infatti alcuni aspetti fondamentali ai fini della sua utilizzazione, in particolare la predisposizione ad una certa forma di allevamento e di conseguenza la necessità di applicare le tecniche di potatura più opportune (Hilaire *et al.*, 1995; Hilaire e Giauque, 1994), al fine di favorire la produttività e di aumentare l'efficienza delle pratiche colturali.

Proprio attraverso l'analisi delle interazioni fra genotipo, habitus, variabili climatici e pratiche colturali responsabili dell'induzione, del mantenimento e dell'uscita della dormienza e quindi l'evoluzione della fioritura e della fruttificazione, si trova la soluzione della difficoltà di adattamento che spesso si presenta nella gestione agronomica di *Prunus Armeniaca L.*

Capitolo 1

La dormienza

1 La dormienza delle gemme

La dormienza delle gemme è un processo complesso in cui diversi fattori interagiscono sotto il controllo fisiologico e biochimico, permettendo alla pianta di adattarsi alle condizioni climatiche avverse invernali (Faust *et al.*, 1997). Il successivo sviluppo della gemma al momento dell'uscita di dormienza, è regolato da numerosi fattori, principalmente di tipo ambientale, rappresentati da temperature e fotoperiodo (Heide, 1993), ma anche dall'influenza esercitata da altre gemme, oppure da meccanismi fisiologici regolati direttamente da strutture meristematiche quiescenti della gemma stessa (Crabbè e Barnola, 1996).

Nelle zone temperate le specie arboree cessano la loro crescita in base alla lunghezza del giorno e/o alle basse temperature. In queste zone, la dormienza negli alberi da frutto decidui, è una fase di sviluppo che permette all'albero di sopravvivere alle condizioni sfavorevoli durante l'inverno (Faust *et al.*, 1997).

Va comunque ricordato che l'adattamento delle piante al clima è un fenomeno molto complesso, dovuto all'interazione di molteplici fattori, come ad esempio: la specie, le zone, le varie annate e ci possono essere differenze perfino tra rami e gemme di una stessa pianta. Questo è dovuto ad una sorta di difesa della pianta, perché se la schiusura delle gemme avvenisse tutta nello stesso momento, un evento dannoso, quale una gelata tardiva, potrebbe compromettere la stessa vita per la pianta. Per lo stesso motivo la ripresa della crescita, dopo un certo accumulo di caldo, avviene con un gradiente acrotono lungo il ramo (Zucconi, 1991).

L'acclimatazione e la dormienza sono regolate da processi genetici distinti, indotti da ormoni della pianta e regolati da fattori di sviluppo e stress abiotici (Fuchigami *et al.*, 1970; Faust *et al.* 1997). L'uscita dalla dormienza coinvolge l'interazione di un numero elevato di fattori ambientali, correlativi e genetici interagenti.

Nel corso del ciclo vegetativo annuale di un albero deciduo, si verificano diversi stadi di sviluppo (Fig.1). Il primo stadio di accrescimento attivo, evolve lentamente verso uno stadio di dormienza comprendente vari processi metabolici. Successivamente subentra lo stato di dormienza vero e proprio durante il quale la schiusura della gemma non può essere indotta in alcun modo. Terminato questo periodo segue uno stato di diminuzione della dormienza, in cui la stessa è già interrotta, ma le gemme non possono schiudere per assenza di opportune condizioni climatiche. Infine nell'ultimo stadio, avviene la schiusura delle gemme e la ripresa della crescita attiva, concludendo così il ciclo.

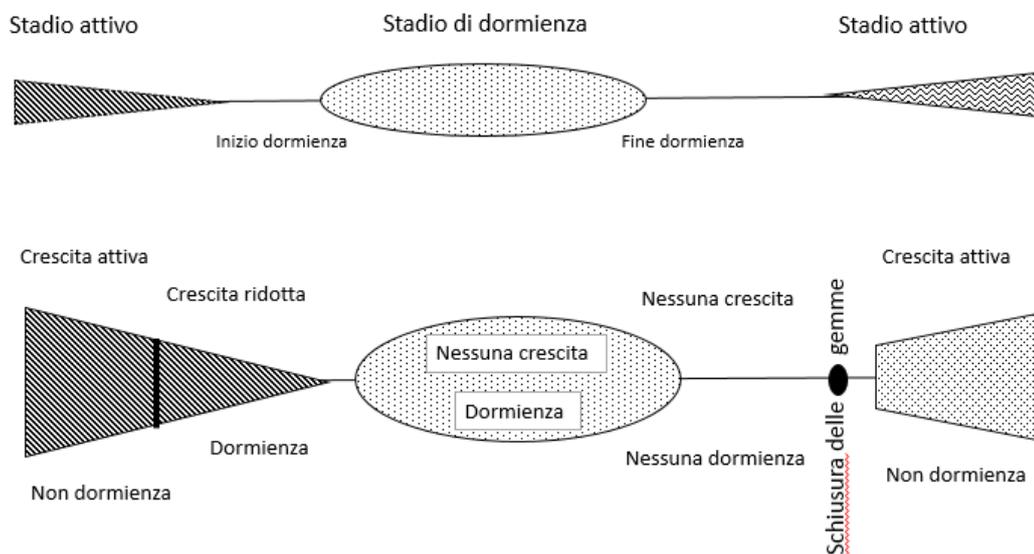


Figura 1: Diversi stadi di sviluppo nel corso del ciclo vegetativo annuale di un albero deciduo.

L'epoca di fioritura, nelle piante arboree da frutto, può variare in base all'andamento climatico stagionale; mentre quello che risulta sempre costante, sono le quantità di freddo e caldo richieste dalle gemme a fiore per la ripresa della crescita (Guerriero e Monteleone, 1988). Nel ciclo vitale delle piante arboree periodi di stasi o di ridotte attività metaboliche si alternano a periodi di crescita. Questo fenomeno è stato indicato con una lunga serie di termini, che considerano il periodo nel quale esso si manifesta (dormienza estiva, riposo invernale) oppure la causa che lo determina (inibizione correlata, quiescenza imposta, dormienza vera) (Guerriero e Scalabrelli, 1991).

Molti autori hanno cercato di chiarire il significato della dormienza al fine di semplificare la nomenclatura e poter dare origine ad una terminologia universale. La nomenclatura della dormienza è fonte di discordo fra la scuola francese di Crabbè (1987) e quella americana di Lang (1986). Secondo il sistema francese di nomenclatura di Crabbè (1987), la dormienza può distinguersi, in base al motivo che la provoca, in:

- **Dormienza:** indotta dall'azione di fattori endogeni alla struttura considerata.
- **Quiescenza:** causata da fattori ambientali non favorevoli allo sviluppo.
- **Inibizione correlativa:** dovuta all'influenza di organi vicini e concorrenti (apici di crescita, foglie, frutti etc..) che limitano l'attività del meristema considerato.

Attualmente la terminologia maggiormente adottata per i differenti tipi di dormienza è quella americana proposta da Lang *et al.*, (1987), che definisce la dormienza come “una temporanea interruzione della crescita visibile di ogni struttura della pianta contenente meristema”, e che la classifica in :

- **Paradormienza:** quando la crescita è inibita da fattori endogeni interni alla pianta ma esterni al meristema.
- **Endodormienza:** se i fattori che inibiscono lo sviluppo sono interni al meristema stesso.
- **Ecodormienza:** si verifica quando il fabbisogno in freddo è stato soddisfatto, ma le condizioni ambientali non sono ancora favorevoli.

I differenti tipi di dormienza possono agire simultaneamente (Champagnat, 1989), ma la tipica sequenza delle dormienze durante la stagione non vegetativa è generalmente: paradormienza, endodormienza ed ecodormienza. Nella tabella 1 sono illustrati i diversi tipi di dormienza secondo la nomenclatura americana.

Tipo di dormienza	Fattori coinvolti	Esempi
<i>Paradormienza</i>	Regolata da fattori endogeni interni alla pianta ma esterni al meristema dormiente	Inibizione correlativa Dominanza apicale Risposte al fotoperiodo
<i>Endodormienza</i>	Regolata da fattori interni al meristema dormiente	Risposte al freddo Risposte al fotoperiodo
<i>Ecodormienza</i>	Regolata da fattori ambientali	Temperature estreme Stress idrici Carenze nutrizionali

Tabella 1: Tipi di dormienza e fattori coinvolti nella loro regolazione (Lang *et al.*, 1987).

La paradormienza, si manifesta con il mancato accrescimento delle strutture meristematiche della gemma ed è regolata da fattori interni alla pianta ma esterni ai tessuti della gemma dormiente (Lang *et al.*, 1985).

L'endodormienza, si manifesta con l'interruzione della crescita della gemma ed è regolata da fattori fisiologici interni alla stessa. Lang (1987) descrive questa fase di non come una sospensione temporanea della crescita visibile, ma come una completa assenza di mitosi e di estensioni cellulari. L'induzione dell'endodormienza inizia dalla base del ramo e procede gradualmente verso l'apice e pertanto, nello stesso periodo, possiamo ritrovare sulla pianta la contemporanea presenza dei vari tipi di dormienza a seconda della posizione delle gemme e del loro periodo di formazione (Guerriero e Scalabrelli, 1991). Il fattore che condiziona principalmente l'evoluzione dell'endodormienza è rappresentato dalla temperatura. Le piante, infatti, necessitano di esser esposte all'azione delle basse temperature invernali (0-7°C) per accumulare una determinata "quantità di freddo" che soddisfi i requisiti termici del proprio fabbisogno. Una volta accumulata la quantità di freddo richiesta si può ottenere il ripristino delle attività fisiologiche della pianta (Rageau *et al.*, 1998) e la gemma riesce a sincronizzare la ripresa della crescita con il verificarsi delle condizioni ambientali ideali (ecodormienza).

Per uscire dall'ecodormienza, la pianta deve accumulare una certa quantità di caldo ("Grow Degree Hour"). Durante questa fase le gemme o sospendono il proprio sviluppo, oppure vanno a ridurre notevolmente le proprie funzioni per condizioni non favorevoli allo sviluppo della pianta. Dal momento in cui si ristabiliscono le condizioni favorevoli esterne e rimossi i fattori che hanno determinato l'ecodormienza, la crescita viene riattivata.

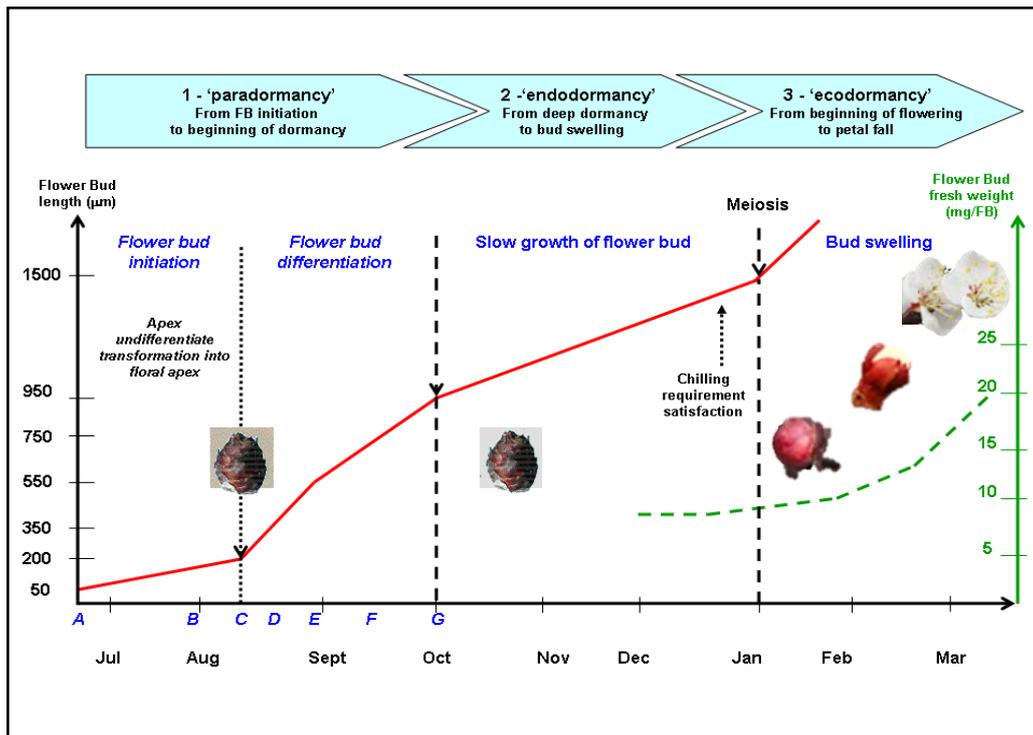


Figura 2: Rappresentazione schematica dello sviluppo della gemma a fiore durante il ciclo annuale.

1.1 Problemi correlati alla dormienza

Il superamento della dormienza ed in modo particolare il fabbisogno in freddo possono risultare un problema molto importante per numerose specie arboree da frutto. La conoscenza di queste problematiche, risulta molto importante al fine di prevedere l'evoluzione della fioritura e di conseguenza la fruttificazione delle diverse cultivar di albicocco. E' necessario quindi effettuare uno studio dei diversi fabbisogni in freddo di ciascun genotipo che vengono introdotti con il miglioramento genetico. Risulta fondamentale pertanto individuare un metodo semplice, affidabile e poco oneroso per determinare in modo certo il momento in cui le gemme a fiore terminano la loro dormienza endogena e quindi l'istante in

cui il loro fabbisogno in freddo viene soddisfatto, in modo tale da poterlo applicare correttamente su nuove cultivar e selezioni (Guerriero e Monteleone, 1999).

L'andamento delle temperature autunno-vernine rappresenta certamente il fattore climatico esterno più importante nella regolazione dei processi legati alla dormienza (Erez, 2000). Iniziata la fase di endodormienza l'esposizione alle basse temperature è necessaria alla pianta per garantire la successiva ripresa vegetativa. Considerando che il fabbisogno in freddo è influenzato dall'ambiente di origine del singolo genotipo, si può verificare che le varietà originarie di areali caratterizzati da stagioni invernali piuttosto miti generalmente presentano un basso fabbisogno in freddo, mentre al contrario varietà originarie di areali caratterizzati da inverni più lunghi e rigidi, mostrano un più alto fabbisogno in freddo (Roland e Aurora, 1997).

Il fabbisogno in freddo è dunque un carattere geneticamente controllato ed ereditabile come dimostrato dai risultati ottenuti mediante incroci realizzati in programmi di miglioramento genetico (Legave, 1984; Rouse e Sherman, 1989). È stato dimostrato anche che il fabbisogno in freddo di una stessa cultivar varia da un ambiente all'altro e nello stesso ambiente da un anno all'altro (Garcia et al., 1999). Sembra che il genotipo sia in grado di adeguare le proprie richieste termiche in funzione dell'ambiente in cui si trova e quindi l'intensità della dormienza può non essere una costante. Inoltre nelle gemme di una stessa pianta è possibile osservare, in un dato momento, differenze nello stato di dormienza (Erez e Lavee, 1974) evidenziando una variabilità legata alle posizioni delle gemme all'interno della chioma.

Le gemme che non hanno soddisfatto il loro fabbisogno in freddo crescono lentamente o non schiudono, con importanti ripercussioni sulla produzione. Bisogna considerare che questi problemi non riguardano contemporaneamente tutte le gemme della pianta, infatti gli organi di un albero non sono tutti nell'identico stadio di sviluppo nello stesso momento; ci possono essere infatti differenze significative fra le popolazioni delle gemme a seconda del tipo di ramo o della posizione della gemma lungo il ramo (Guerriero, 1988).

1.2 Gemme a fiore e a legno

In base alla posizione si possono distinguere gemme ascellari e gemme apicali. I meristemi apicali si sviluppano durante l'embriogenesi, le gemme ascellari si originano dai meristemi dei germogli apicali e nella maggior parte dei casi non si schiudono nella stessa stagione in cui si sono formate (Richards e Larson, 1981). Durante l'autunno e l'inverno la pianta, per sopravvivere alle sfavorevoli condizioni di coltivazione, adotta una strategia di acclimatazione alle basse temperature e di dormienza. L'attività meristemica diventa insensibile ai fattori che promuovono la crescita e dunque le gemme vengono preservate in uno stato di riposo che permette loro di risentire meno dei danni potenzialmente provocabili delle avverse condizioni ambientali. La dormienza delle gemme inizia con la percezione da parte della pianta di segnali che inducono le modificazioni che portano alla dormienza, sotto l'influenza delle basse temperature e di un più breve fotoperiodo.

I requisiti termici delle gemme a legno (vegetative) e di quelle a fiore (riproduttive) sono molto differenti (Samish, 1954). Generalmente per le gemme del primo tipo è sufficiente un numero di ore di freddo inferiore a quello richiesto dalle gemme del secondo tipo per uscire dall'endodormienza.

Durante i primi stadi di sviluppo le gemme sono indifferenziate (o neutre) cioè non ancora indirizzate a divenire gemme a fiore o a legno. L'epoca in cui avviene la differenziazione morfologica delle gemme varia da specie a specie e naturalmente in rapporto alle condizioni ambientali.

L'induzione antogena è data dall'acquisizione di una capacità morfogenetica di tipo riproduttivo nelle gemme che inizialmente erano indifferenziate. Tale induzione consta di due fasi: una reversibile in cui la cessazione dei fattori induttivi revoca la programmazione riproduttiva delle gemme; e l'altra irreversibile che fa proseguire la programmazione riproduttiva delle gemme rendendo inefficaci gli interventi colturali che influenzano il processo. Alla induzione antogena segue la differenziazione morfologica, cioè una serie di divisioni ed organizzazioni cellulari a formare i primordi alle quali segue poi lo sviluppo degli organi. La differenziazione morfologica a fiore inizia da un meristema indifferenziato ed appiattito, successivamente l'apice diviene appiattito, si ha la formazione

dell'orceolo ed infine si verifica la differenziazione dei primordi dei sepali e dei petali.

1.3 *Micro e macro sporogenesi*

L'evoluzione degli abbozzi dei diversi organi del fiore procede interrottamente per tutta l'estate e l'inizio dell'autunno, interrompendosi con il sopraggiungere delle basse temperature, corrispondente alla fase di filloptosi. Le piante trascorrono il periodo sfavorevole in uno stato di dormienza e durante tale periodo vanno a completare la differenziazione degli organi sessuali (macro e microsporogenesi) prima dell'antesi nella primavera successiva (Jona, 1992).

Il processo di microsporogenesi può essere suddiviso in 4 principali fasi: 1) sviluppo delle cellule madri del polline; 2) formazione delle tetradi; 3) crescita di giovani granuli di polline; 4) evoluzione in granuli maturi. All'interno delle antere della gemma a fiore si forma un tessuto sporigeno che per successive divisioni da origine alle cellule madri delle microspore le quali attraverso due successive divisioni (meiosi) si forma una tetradè di microspore. La parete di callosio che avvolge la tetradè, viene successivamente riassorbita così che le tetradi si separano in singole cellule. Cellule che evolveranno passando da giovani granuli di polline, a granuli maturi con la formazione della parete interna (intina) ed esterna (esina) formatesi dall'attività del tappeto (Fig. 3 e 4).

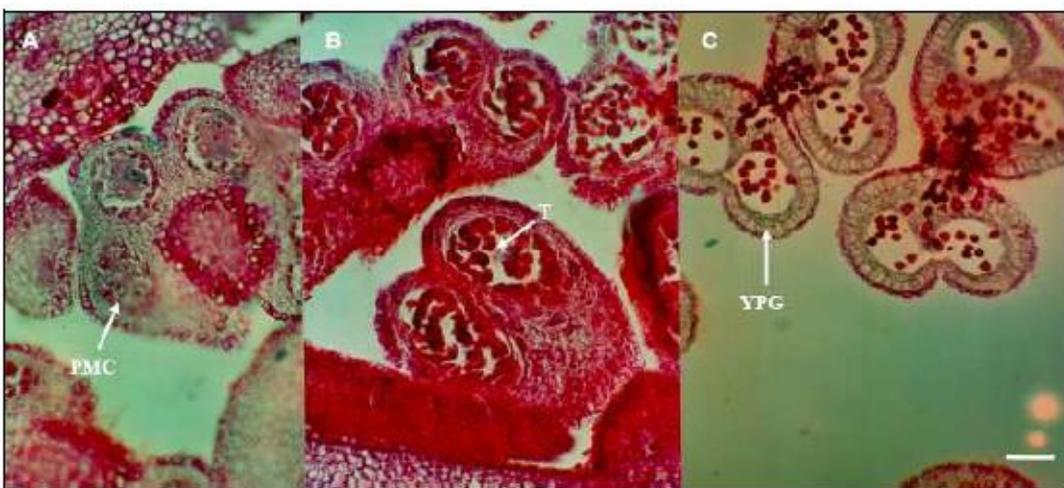


Figura 3: Principali fasi della microsporogenesi (da Viti *et al.*, 2008). **A-** Cellule madri del polline (PMC); **B-** Tetradi (T); **C-** Giovani granuli di polline (YGP).

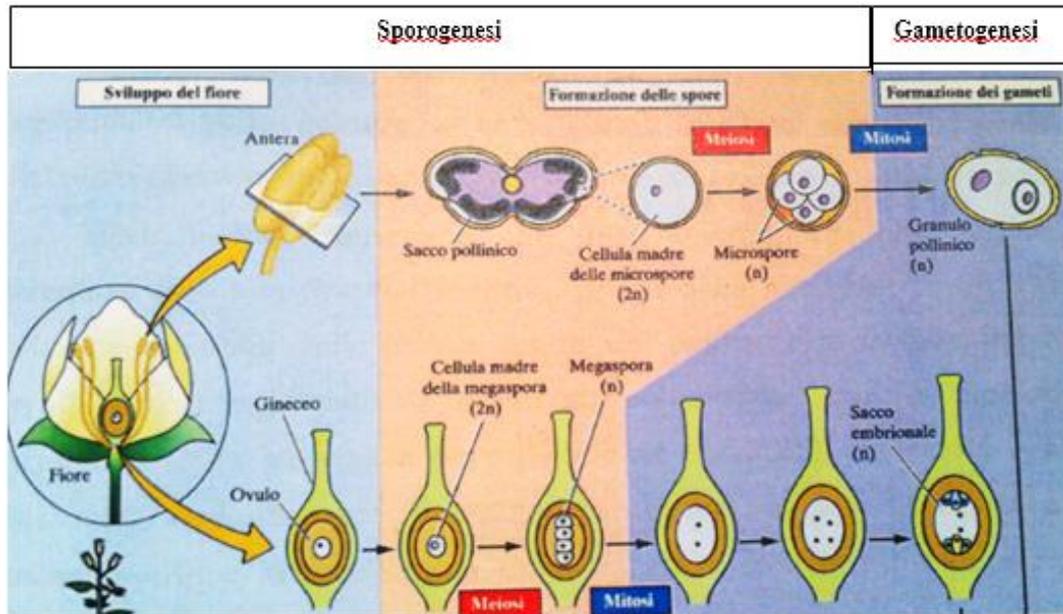


Figura 4: Micro e macrosporogenesi e gametogenesi.

La macrosporogenesi (Fig.4) origina quattro megaspore che si sono formate in seguito a meiosi del megasporocita. Generalmente tre megaspore degenerano mentre una aumenta di dimensioni e forma il sacco embrionale ottonucleato.

I processi di micro e macrosporogenesi evidenziano dunque, come le gemme siano metabolicamente attive e continuino il loro sviluppo durante tutto l'inverno, sino alla fioritura. E' stato visto che nell'albicocco la microsporogenesi avviene sempre assai precocemente e la formazione delle tetradi non è strettamente legata all'accumulo di freddo, in quanto, durante gli esperimenti condotti, la meiosi si è verificata anche in microsporociti di gemme esposte a temperature elevate. Al contrario, è stata la successiva fase dello sviluppo dei granuli pollinici a risentire del mancato soddisfacimento dei requisiti termici di freddo (Martinez et al., 1982; Felker et al., 1983; Viti e Scalabrelli, 1988).

Dal punto di vista morfologico, durante l'evoluzione di una gemma a fiore è possibile individuare, diversi stadi di sviluppo (Fig.5):

- **Stadio A:** Gemma chiusa in stato di quiescenza, ricoperta da perule con funzione di protezione dalle condizioni climatiche invernali, corrispondente alla fase di endodormienza.
- **Stadio A-B:** Incremento in peso e lo sviluppo dei verticilli fiorali si completa, durante la transizione della fase fenologica, corrispondente al soddisfacimento del fabbisogno in freddo.
- **Stadio B-C:** Inizio del rigonfiamento evidente della gemma, con sepli progressivamente sempre più visibili.
- **Stadio D:** La punta della gemma si colora di bianco poiché lascia scorgere i primi petali.
- **Stadio E-F:** Allungamento del pistillo e dei filamenti degli stami, mentre i granuli pollinici ed il gineceo completano la propria maturazione solo pochi giorni prima della fioritura.
- **Stadio F:** Piena fioritura.



Figura 5: Schema degli stadi fenologici.

CAPITOLO 2:

METODI DI VALUTAZIONE DELLA DORMIENZA

Ad oggi la difficoltà principale sta nell'individuare il metodo più adatto per la determinazione del fabbisogno in freddo delle gemme a fiore, sono diversi gli studi in atto per determinare il metodo più appropriato nei diversi areali.

1 Evoluzione della dormienza nelle gemme a fiore

Nel corso degli anni sono stati proposti diversi metodi per valutare lo stato di dormienza della gemma. Si tratta principalmente di osservazioni di tipo biologico, anatomico o biochimico, attraverso le quali si può ridurre lo stato di dormienza ed il grado di evoluzione delle gemme nell'arco della stagione invernale.

La tabella 2 riassume sinteticamente i diversi metodi.

Metodi biologici	<ul style="list-style-type: none">• Incremento del peso fresco e secco delle gemme sotto forzatura• Osservazioni sull'evoluzione degli stadi fenologici di gemme sotto forzatura• Test delle talee uninodali
Metodi anatomici	<ul style="list-style-type: none">• Osservazioni sui processi di xilogenesi• Evoluzione della macrosporogenesi
Metodi biochimici	<ul style="list-style-type: none">• Variazione pH intracellulare• Variazione della componente carboidratica• Dinamica dei composti antiossidanti• Stato idrico delle gemme• Test dei nucleotidi

Tabella 2: Principali metodi utilizzati per la determinazione dello stato di dormienza della gemma.

1.1 Metodi biologici

1.1.1 Crescita delle gemme a fiore

Il metodo relativamente più semplice per determinare lo stato di dormienza consiste nel seguire l'evoluzione del peso fresco della gemma durante la fase di dormienza. Questo metodo consiste nel valutare l'incremento del peso fresco ed del peso secco della gemma dopo un periodo di forzatura in camera di crescita definito "forcing test". Tale forzatura prevede che i rami misti vengano tenuti in un ambiente a condizioni controllate di luce (fotoperiodo lungo) e che la base dei rami venga immersa in acqua, ad una temperatura di $23^{\circ}\pm 1^{\circ}\text{C}$.

In questo modo le gemme dei rami in esame, se hanno soddisfatto il proprio fabbisogno in freddo, possono riprendere il loro accrescimento e schiudere, poiché con la forzatura viene impostata la somministrazione della quantità di caldo necessaria al superamento dell'ecodormienza nel minor tempo possibile.

La fine della fase di endodormienza viene determinata quando dopo la forzatura è possibile osservare un incremento significativo del peso fresco della gemma. Tale incremento deve essere almeno $\geq 30\%$ rispetto al peso fresco rilevato prima della forzatura (Viti et al., 2003).

1.1.2 Evoluzione fenologica

Un altro criterio che viene utilizzato è il metodo dell'evoluzione fenologica delle gemme a fiore. In questo caso dopo forzatura sempre a $23\pm 1^{\circ}\text{C}$ per una settimana, il passaggio del 30% delle gemme dallo stadio "A" (dormiente) allo stadio "B" (inizio sviluppo) definisce la fine dell'endodormienza.

I principali limiti di questo metodo sono attribuibili soprattutto a tre fattori:

La temperatura costante a cui sono sottoposti i rami in camera di forzatura può influire negativamente sullo sviluppo della gemma.

La provenienza dei rami prelevati in campo può determinare una diversa risposta in funzione dello stadio fisiologico delle gemme (Viti et al., 2003).

La modalità di campionamento: sia per la crescita delle gemme a fiore, sia per quanto riguarda l'evoluzione fenologica i limiti sono rappresentati dal fatto che il campionamento è obbligatoriamente effettuato su un numero di gemme ristretto.

1.1.3 Test delle talee uninodali

Il test delle talee uninodali è usato soprattutto per le gemme a legno perché permette di capire se queste siano sempre in uno stato di ecodormienza e/o di paradormienza (Rageau, 1978). Tale metodo permette di determinare l'intensità e la durata dell'endodormienza, valutando il numero di gemme che presentano la punta verde (gemme a legno) e quelle che manifestano le transizioni degli stadi fenologici (gemme a fiore). Successivamente viene misurato il tempo medio di schiusura (MTB: mean time required for bud-burst) necessario alle gemme per aprirsi. Questo test non può dare indicazioni quantitative sullo stato di dormienza delle gemme a fiore poiché le temperature costanti intorno a 20°C possono avere su di esse effetti letali se applicate per più di 10 giorni (Monet e Bastard, 1971).

1.2 Metodi anatomici

1.2.1 Xilogenesi

Un altro test morfo-anatomico si basa sull'osservazione degli stadi di formazione degli stadi di formazione dello xilema (xilogenesi) nelle gemme a fiore.

La xilogenesi è un processo che porta alla formazione delle cellule xilematiche a partire dalle cellule procambiali. La differenziazione dei vasi xilematici procede regolarmente durante l'inverno anche se esternamente non è visibile alcun cambiamento morfologico della gemma, come mostrato in figura 6 (Bartolini et al., 1994).

La progressione acropeta di differenziazione dello xilema primario lungo l'asse del germoglio di fiori è definito da Bartolini e Giorgelli (1994) in 5 differenti fasi:

- **Stadio 1:** I vasi xilematici primari si ramificano in vasi xilematici secondari e raggiungono la base dell'asse della gemma.
- **Stadio 2:** I vasi xilematici continuano ad avanzare lungo l'asse gemmario fino a raggiungere la sua metà.
- **Stadio 3:** I vasi xilematici raggiungono i $\frac{3}{4}$ dell'asse. Questo stadio è stato assunto come il più rappresentativo, in quanto appare in concomitanza alla ripresa della crescita della gemma.
- **Stadio 4:** I vasi xilematici raggiungono la base dell'ovario
- **Stadio 5:** I vasi xilematici secondari si sviluppano dalla base dell'asse della gemma fino all'ovario, in accordo con le precedenti descrizioni della classificazione xilematica.

Nelle cultivar a basso fabbisogno in freddo sussiste una stretta relazione tra superamento della dormienza, grado di differenziazione dei vasi xilematici (stadio xilematico 3) e comparsa delle tetradi, mentre nei genotipi con un medio o elevato fabbisogno in freddo è stato osservato che la xilogenesi precede il termine della dormienza (Bartolini et al., 2006).

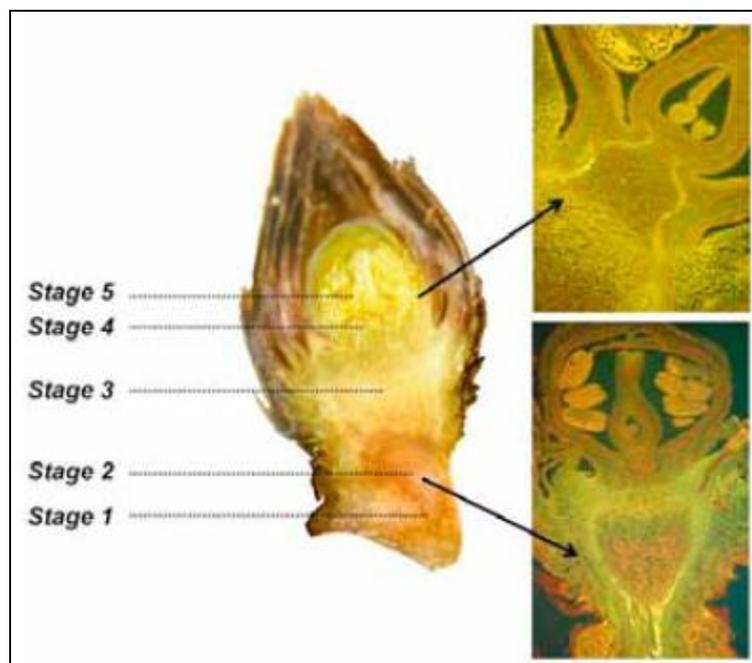


Figura 6: Sezione longitudinale della gemma a fiore con i vari stadi di sviluppo dei vasi xilematici. Stadio 1 (alla base dell'asse); stadio2 (a $\frac{1}{2}$ dell'asse); stadio 3 (a $\frac{3}{4}$ dell'asse); stadio 4 (alla base dell'ovario); stadio 5 (all'interno del pistillo).

1.2.2 *Microsporogenesi*

Questo metodo è basato sull'osservazione dell'evoluzione della microsporogenesi e, nello specifico, assume che la comparsa delle tetradi polliniche sia un marcatore morfologico in grado di indicare la fine dell'endodormienza (Szabo et al., 2002). Tale metodo mette in contraddizione 2 differenti studi. Uno recente dove è stato dimostrato, che nella microsporogenesi la meiosi avviene solo alla fine dell'inverno, prima della fioritura, mentre l'evento della divisione meiotica delle cellule madri del polline e la formazione delle tetradi viene considerato il momento coincidente con la fine della dormienza a fiore (Szabò et al., 2002; Julian et al., 2011); ed uno invece dove alcuni autori ritengono che nell'albicocco la microsporogenesi avvenga sempre precocemente, e la formazione delle tetradi non è strettamente legata all'accumulo di freddo, in quanto, durante gli esperimenti condotti, la meiosi si è verificata anche in microsporociti di gemme esposte a temperature elevate. Al contrario, è durante la successiva fase dello sviluppo dei granuli pollinici che si risente del mancato soddisfacimento dei requisiti termici di freddo (Martinez et al., 1982; Felker et al., 1983; Viti e Scalabrelli, 1988).

Questi ultimi studi effettuati nell'albicocco come la formazione delle tetradi non ha alcuna correlazione con l'accumulo di freddo, pertanto per questa specie non è corretto usare la loro comparsa come parametro per la valutazione dello stato di dormienza delle gemme.

1.3 *Metodi Biochimici*

1.3.1 *pH intracellulare (pHi)*

Il livello del pH intracellulare (pHi) rappresenta un importante indicatore dell'attività metabolica della gemma e riflette lo stato di dormienza endogena in quanto è in grado di influenzare le capacità di attrarre sostanze nutritive ("sink-strenght") e di regolare il loro trasporto (Bonhomme et al., 1999). Nelle gemme di albicocco è stato osservato un aumento del pH intracellulare nei tessuti dei primordi

fiorali prima che si possano rendere visibili cambiamenti morfologici che indichino la ripresa della crescita.

1.3.2 Variazioni della componente carboidratica

Le variazioni della composizione carboidratica possono rappresentare importanti segnali relativi all'evoluzione della dormienza nella gemma. Durante l'endodormienza la gemma non è in grado di richiamare sostanze energetiche e quindi utilizza le riserve di amido che idrolizzate forniscono composti osmotici come gli oligosaccaridi (Marquat et al., 1999).

Nella fase di endodormienza le concentrazioni di saccarosio aumentano con l'abbassamento delle temperature per poi diminuire col progredire dell'inverno al contrario del fruttosio e del glucosio che invece aumentano (Pedryc et al., 2004). Inoltre è stato visto che la disponibilità degli zuccheri all'interno o in prossimità dei tessuti meristemati può direttamente influenzare il grado di schiusura delle gemme (Bonhomme et al., 2005).

1.3.3 Dinamica dei composti antiossidanti

E' stato dimostrato che nelle gemme di alcune specie arboree da frutto, durante il periodo della dormienza, si ha un sensibile aumento di radicali liberi i quali verrebbero rimossi in prossimità della schiusura (Wang et al., 1991; Siller-Cepeda et al., 1992). L'inattivazione dei radicali liberi è sotto il controllo di meccanismi enzimatici e non enzimatici. Gli enzimi con attività antiossidante partecipano ad un sistema di detossificazione, svolgendo una funzione protettiva contro i danni dovuti alle ossidazioni generati dall'aumento delle forme attive dell'ossigeno come i radicali superossido ed il perossido di idrogeno.

In alcune cultivar di albicocco con differente fabbisogno in freddo sono stati misurati i livelli di alcuni antiossidanti soprattutto ossidasi, catalasi e glutazione (Bartolini et al., 2004).

E' stato osservato che in cultivar caratterizzate da un fabbisogno in freddo medio-basso il rapporto GSH/GSSG (glutazione ridotto/glutazione ossidato)

aumenta in corrispondenza della fine dell'endodormienza mentre nelle cultivar con un fabbisogno in freddo elevato tale rapporto resta costantemente basso durante tutto il periodo della dormienza (Bassi et al., 2006).

1.3.4 Test dei nucleotidi

Questo test si basa sulla capacità che hanno i tessuti di sintetizzare ATP e nucleotidi trifosfati non-adelinici (NTP) (Genraud, 1975). E' stato ipotizzato che il rapporto ATP/ADP e la concentrazione di NTP si mantengano bassi durante la fase di endodormienza per poi incrementare alla fine di questa fase.

Tuttavia, anche se il rapporto ATP/ADP sembra che non possa essere usato come un indicatore della fine dell'endodormienza, consentirebbe lo stesso di caratterizzare in modo semplice e rapido le gemme in endodormienza o in paradormienza (Bonhomme et al., 2000).

1.3.5 Stato idrico delle gemme

Al momento dell'acclimatazione al freddo nelle gemme si verifica il fenomeno della sopraffusione con il quale vengono protetti i tessuti dalle basse temperature durante l'inverno. Le perule impediscono l'ingresso del ghiaccio nella pianta mentre le cellule fanno fuoriuscire l'acqua dal loro interno. Con temperature di alcuni gradi inferiori allo zero ed in presenza di nuclei di congelamento, inizia la formazione del ghiaccio negli spazi extracellulari. Così durante la dormienza l'acqua si trova in uno stato "più legato" mentre alla fine di questa è più libera (Faust et al., 1991). Questo suggerisce che il cambiamento di stato dell'acqua controlla l'induzione e l'uscita dalla dormienza.

CAPITOLO 3:

CALCOLO DEL FABBISOGNO IN FREDDO

La ripresa dell'accrescimento vegetativo della gemma avviene dopo il superamento delle fasi di endodormienza e di ecodormienza in seguito all'esposizione ad un determinato periodo rispettivamente di freddo e di caldo. L'esposizione alle basse temperature riguarda in particolare le temperature comprese in un intervallo tra 0 - 7°C.

L'ammontare della quantità di freddo, ricevuta da una pianta, calcolata può essere leggermente diversa a seconda del metodo utilizzato per la stima. Nel corso degli anni sono stati elaborati diversi modelli fenoclimatici basati sul rapporto tra tempo di esposizione al freddo della gemma e temperatura, allo scopo di quantificare le esigenze termiche della pianta. Riuscire a determinare in maniera precisa la quantità di freddo accumulato dalla gemma è importante per due motivi fondamentali: per determinare il fabbisogno in freddo di un dato genotipo e per definire la quantità potenziale di freddo disponibile in un dato ambiente (Erez, 2000a).

La tabella 3 riassume le principali metodologie sviluppate nel corso degli ultimi anni.

Metodologie	Autore
Metodo delle ore sotto i 7°C	<i>Weinberger, 1950</i>
Metodo esponenziale	<i>Bidabè (1954)</i>
Modello Dinamico	<i>Erez et al., 1988</i>
Metodo UTAH	<i>Richardson et al., 1974</i>

Tabella 3: Principali metodi sviluppati da diversi ricercatori nel corso degli ultimi anni.

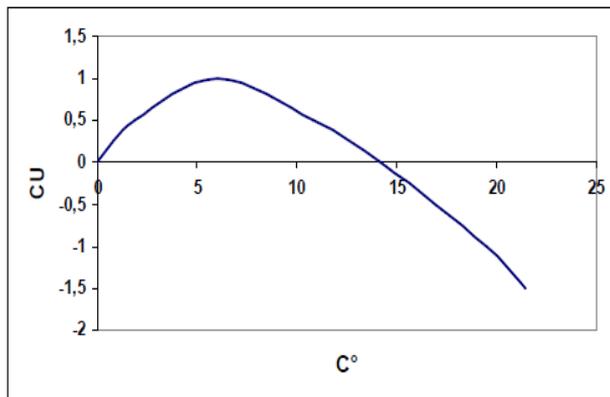
1 Metodo UTAH

Il modello UTAH ha una certa validità solamente in determinati ambienti, come il mediterraneo, dove è ampiamente utilizzato per stabilire il soddisfacimento del fabbisogno in freddo, in quanto sottrae dal calcolo delle ore efficaci per la rimozione della dormienza tutte quelle al di sotto della soglia minima di 1,5 °C. Questo modello è stato elaborato da Richardson et al. (1974) in seguito ad elaborazione dei risultati trovati da Erez e Lavee (1971) ed ha subito una serie di modifiche intermedie nel corso degli anni. Tale modello definito delle “Chilling Units” mette in relazione le temperature con il tempo di esposizione necessario per soddisfare il fabbisogno in freddo.

Il metodo si basa su due principi fondamentali:

- Vengono attribuiti valori negativi o positivi rappresentati dalle Chilling Units o CU, in un determinato intervallo di temperature. Questi valori orari vengono successivamente sommati per determinare le diverse esigenze in freddo dei vari genotipi.
- Ad ogni temperatura corrisponde un valore ponderato e le temperature estreme possono contribuire attraverso l’attribuzione di valori negativi a limitare l’accumulo in CU da parte della pianta.

Sostanzialmente il metodo sostiene che l’efficacia delle basse temperature nel soddisfare il fabbisogno in freddo può essere rappresentata da una curva di tipo parabolico che ha il suo massimo in corrispondenza di 5,5°C come mostrato in basso dalla figura 7. I valori in termini di CU vengono attribuiti in un intervallo compreso tra 1,5 e 11°C, le temperature inferiori a 1°C o pari a 14 °C vengono ritenute ininfluenti e gli viene attribuito valore nullo mentre quelle superiori a 14°C vengono ritenute antagoniste per l’accumulo in freddo e assumono valori negativi.



CU	Utah
0	0
0,5	1,9
1	6
0,5	10,8
0	14,2
-0,5	17
-1	19,5
-1,5	21,5

Figura 7: Curva e tavola di conversione tra temperatura e Chilling Units secondo il modello Utah (Richardson *et al.*, 1974).

Il conteggio delle CU inizia in corrispondenza della caduta del 50% delle foglie (Walser *et al.*), e si completa quando le gemme una volta soddisfatto il fabbisogno in freddo escono dall'endodormienza. Per superare la successiva fase di ecodormienza la pianta deve accumulare un dato quantitativo di caldo (Grow Degree Hour) e poter riprendere l'accrescimento (Richardson *et al.*, 1977). In questo caso viene ipotizzato che dopo il soddisfacimento del fabbisogno in freddo vi sia una relazione lineare tra la temperatura e l'accrescimento della gemma.

Per il calcolo del fabbisogno in caldo definito come "Grow Degree Hour" o GDH vengono attribuiti valori alle temperature orarie in un intervallo compreso tra 4,5° e 25°C. La minima efficienza si ha in corrispondenza di 5,5°C pari a 1 GDH mentre la massima a 25°C quando si hanno 20,5 GDH. Il valore in GDH si ottiene sottraendo alle temperature comprese nel intervallo utile all'accrescimento il valore 4,5°C. Questo modello è stato integrato con il modello delle CU per formare un unico modello fenoclimatografico.

I dubbi su tale metodo sono molteplici, i limiti riguardano soprattutto il fatto che vengono ignorati altri fattori nell'accumulo in freddo come ad esempio luce, stato nutrizionale o/e l'esposizione. Le principali critiche rivolte al metodo sono legate principalmente ad una mancanza di interpretazione del ruolo delle temperature più elevate e sembrano rendere questo metodo non molto affidabile nelle regioni in cui

sono frequenti condizioni climatiche miti in inverno o in areali tropicali e subtropicali (Patridge e Allan, 1980).

2 Altri metodi

Di seguito si descrivono brevemente le altre metodologie per il calcolo del fabbisogno in freddo:

- *Metodo delle ore sotto i 7°C*: Questo metodo è basato sul conteggio delle ore di esposizione alle temperature inferiori ai 7°C, fu inizialmente proposto da Weinberger (1950). Il metodo si basa sull'assunzione che le temperature inferiori ai 7°C, comprese anche quelle sotto lo 0°C, abbiano la stessa efficacia nel soddisfare il fabbisogno in freddo della pianta. Questo non è sempre vero, infatti Richardson *et al.*, (1974) poterono constatare la maggior efficacia delle temperature comprese tra i 6°C e gli 8°C nella rimozione dell'endodormienza. Adottato in particolar modo nelle regioni più temperate dove le temperature medie giornaliere sono spesso superiori ai 7°C.
- *Metodo esponenziale di Bidabè*: Bidabè, (1965) arrivò a formulare un metodo statistico per valutare l'azione giornaliera delle basse e alte temperature. Tale metodo consente di calcolare il continuo accumulo delle unità di freddo e di caldo necessarie a soddisfare rispettivamente il fabbisogno in freddo e in caldo di un genotipo. Tuttavia, questa metodologia pur avendo giustificato per l'albicocco il ritardo della fioritura, rilevato per una stessa cultivar passando da un ambiente settentrionale ad un ambiente meridionale, non è oggi utilizzato in Italia, per la mancanza di prove sulla reale efficacia delle temperature inferiori a 0°C nell'interruzione della dormienza delle gemme (Guerriero, 1976).

- *Modello dinamico*: In questo modello elaborato da Erez *et al.*, (1988) la somma delle temperature efficaci al superamento del fabbisogno in freddo (tra 6 e 8°C) viene espressa in termini di “porzioni” di circa 30 ore che verrebbero accumulate progressivamente. Le temperature elevate superiori ai 14°C, invece, si ritiene che abbiano un effetto negativo e rallenterebbero l’accumulo di freddo. Questo modello è basato su risultati sperimentali e sembra essere superiore agli altri modelli descritti poiché tiene conto non solo dell’azione negativa delle alte temperature ma anche dell’effetto positivo delle esposizioni a temperature medie moderate durante l’intera fase di accumulo in freddo. (Linsley-Noakes *et al.*, 1994). È stato ipotizzato che il modello dinamico potrebbe avere particolare successo nella descrizione dei fabbisogni termici delle specie da frutto decidue delle regioni subtropicali (Erez *et al.*, 1988).

L’utilizzazione di questi metodi di determinazione del fabbisogno in freddo è di largo impiego nei diversi areali presenti nel mondo, ma nel nostro paese come già precedentemente detto si predilige l’utilizzazione del modello UTAH.

CAPITOLO 4:

PRINCIPALI ASPETTI FISIOLÓGICI ED AMBIENTALI LEGATI ALLA COMPARSA DI ANOMALIE NELLE GEMME A FIORE

Il mancato soddisfacimento del fabbisogno in freddo espone la pianta ad una serie di problematiche legate a squilibri fisiologici e biochimici nel metabolismo della gemma che possono condizionare negativamente la capacità produttiva finale. Ciò a cui di solito si va incontro è la comparsa di anomalie fiorali, che comporta spiacevoli conseguenze tra cui, la cascola delle gemme, una fioritura ritardata e irregolare, aborti embrionali, e uno sviluppo irregolare dei fiori, frutticini e frutti.

I fattori in grado di condizionare l'intero processo di sviluppo della gemma e determinare la comparsa di anomalie sono diversi e hanno un'azione differente a seconda dello stadio fenologico in cui la gemma si trova. Si tratta principalmente di fattori climatici ma, soprattutto in specie come l'albicocco che ne soffre di più, possono influire notevolmente anche quelli di carattere fisiologico e genetico.

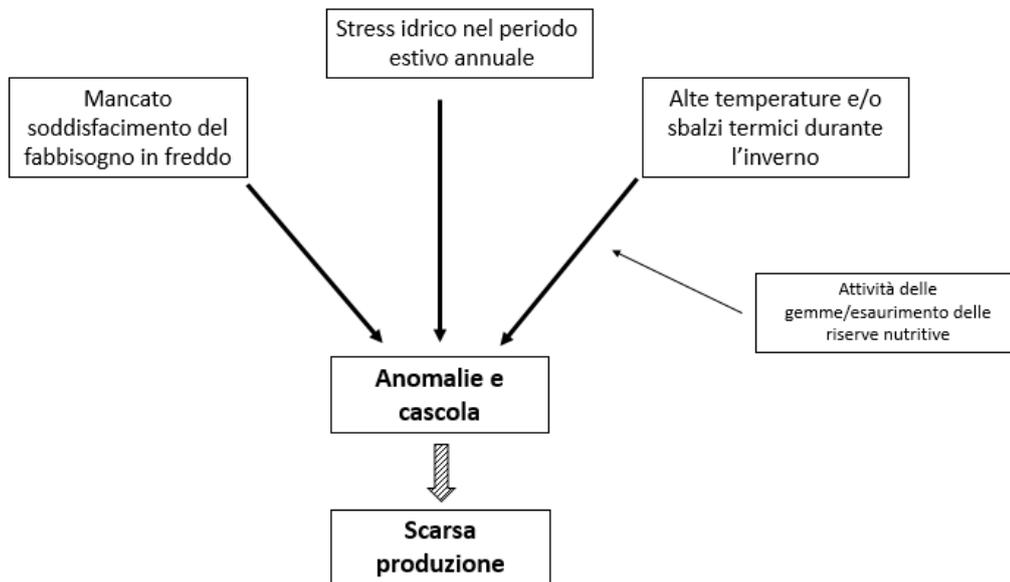


Figura 8: Possibili cause delle anomalie e cascola delle gemme a fiore.

Nel corso dell'intero periodo di sviluppo della gemma, dall' inizio della dormienza sino alla fase di fioritura, potrebbero verificarsi differenti tipologie di anomalie (Legave, 1978, 1984).

E' stato osservato che anche il tipo di ramo su cui sono inserite le gemme e la posizione di queste lungo il ramo possono influenzare la dinamica di comparsa di anomalie (Viti et al., 2003; Legave et al., 2006). Le gemme inserite sui dardi presentano una minore percentuale di anomalie, questo è dovuto alle migliori condizioni fisiologiche date dalla minor competizione tra le gemme lungo il germoglio (Guerriero e Bartolini, 1991). Le gemme apicali sono più sviluppate ed hanno un livello minore di anomalie rispetto a quelle poste nella porzione del ramo medio basale.

Sull'albicocco in base all'epoca di comparsa, nella gemma a fiore se ne possono distinguere tre tipi principali (Viti et al., 2008):

Le anomalie "precoci" si verificano in autunno e sembrano essere determinate dalle condizioni di temperature elevate e siccità della stagione estiva verificatesi durante la differenziazione delle gemme a fiore.

Le anomalie "intermedie" sono rappresentate principalmente dalla necrosi dei tessuti dei primordi fiorali, si verificano generalmente nel corso della stagione invernale come conseguenza soprattutto di brusche oscillazioni tra le temperature minime e massime.

Le anomalie "tardive" si presentano principalmente sotto forma di aborto del pistillo e possono essere causate da gelate tardive o da fattori genetici (Viti e Monteleone, 1991; Viti et al., 2008).

La comparsa di anomalie nelle gemme a fiore determina fenomeni di cascola delle gemme che generalmente si verificano durante la stagione autunno-invernale o più tardivamente in corrispondenza della ripresa dell'accrescimento vegetativo, nella stagione primaverile. I fattori in grado di condizionare l'intero processo di sviluppo della gemma e determinare l'eventuale comparsa di anomalie sono diversi e la loro azione è differente a seconda dello stadio fenologico in cui si trova la gemma. In base all'evoluzione degli stadi fenologici (Baggiolini, 1952 integrato da Guerriero, 1986) è possibile descriver tre fasi principali nello sviluppo della gemma:

- 1- Dall'induzione della gemma a fiore all'entrata in endodormienza (stadio gemma A₀)
- 2- Dalla piena endodormienza alla fase di rigonfiamento delle gemme (A₁-D₂)
- 3- Dall'inizio della fioritura alla caduta dei petali (E₁-H)

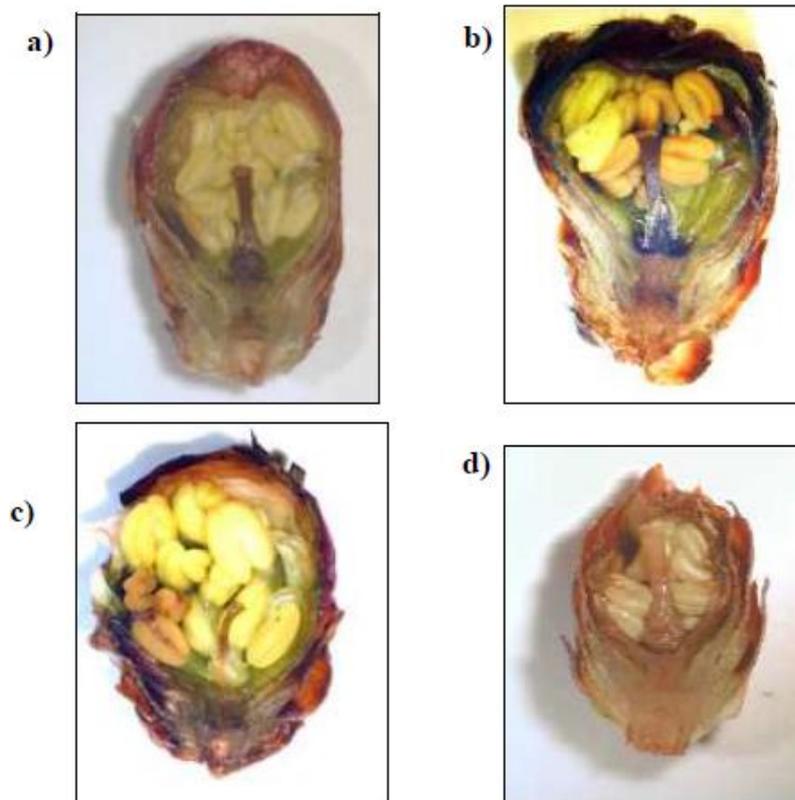


Figura 9: Differenti tipi di anomalie nelle gemme a fiore: A) imbrunimento del pistillo; B) necrosi del pistillo; C) pistillo necrotico e sottosviluppato ed imbrunimento delle antere; D) imbrunimento generale dei tessuti dovuto a gelata primaverile.

1 La comparsa di anomalie durante la fase di dormienza

Durante la fase di dormienza si verificano importanti processi fisiologici che determinano la completa differenziazione della gemma permettendone la schiusura. E' proprio in questo importante momento alcuni fattori ambientali ed agronomici possono modificare in maniera significativa la regolarità di questi processi ed determinare la comparsa di anomalie precoci.

I fattori ambientali quali temperatura, radiazione luminosa, disponibilità idrica etc., o anche pratiche agronomiche legate alla gestione del frutteto, sono in grado

di condizionare il processo di induzione fiorale (Bridge et al., 2001). Il verificarsi di temperature particolarmente elevate o rigide può limitare l'inizio e l'evoluzione della differenziazione delle gemme a fiore e la qualità generale della gemma. In particolare i livelli di radiazione disponibile nell'impianto durante la stagione di crescita possono influenzare negativamente le prime fasi dello sviluppo della gemma come ad esempio le condizioni di intercettazione luminosa che si realizzano alla base dei sistemi ad Y (Nuzzo et al., 1999).

2 *Aspetti genetici e fisiologici legati alla comparsa di anomalie*

Durante l'intero processo di sviluppo della gemma fiorale la comparsa di anomalie può anche essere associata a fattori di carattere fisiologico e genetico. La necrosi dei tessuti potrebbe essere infatti riconducibile ad una deviazione del flusso degli zuccheri che, richiamati dai tessuti adiacenti, causerebbe una diminuzione nella riserva dei carboidrati nei primordi fiorali.

Durante la dormienza, gli zuccheri vengono idrolizzati per poter aumentare la resistenza al freddo ed evitare il congelamento mentre nelle fasi successive al superamento della dormienza, la gemma diventa un importante centro di richiamo per gli zuccheri ed è in grado di accumulare notevoli riserve che saranno poi utilizzate nella fase di accrescimento vegetativo (Marquat *et al.*, 1999).

Anche il tipo di ramo su cui sono inserite le gemme, o la posizione di queste lungo il ramo possono influenzare la dinamica di comparsa di anomalie (Viti *et al.*, 2003; Legave *et al.*, 2006). Le gemme posizionate su dardi presentano una minore percentuale di anomalie, ciò per le migliori condizioni fisiologiche dovute ad una minore competizione tra le gemme lungo il germoglio (Guerriero and Bartolini 1991).

La posizione influenza il grado di anomalie, le gemme poste in posizione apicale sono più sviluppate ed hanno un livello minore di anomalie rispetto a quelle poste nella porzione del ramo medio basale (Viti *et al.*, 2003).

CAPITOLO 5:

HABITUS: LE TIPOLOGIE DI ALBERO NELL'ALBICOCCO

Nonostante che la presenza di numerose e differenziate forme dell'albero nelle drupacee sia nota da moltissimo tempo (Hedrick, 1917, Hooper, 1867; Strong, 1867), studi approfonditi circa la caratterizzazione dei relativi aspetti morfologici risultano relativamente scarsi (Bassi *et al.*, 1994; Fideghelli *et al.*, 1986; Guerriero e Viti, 1998; Scorza, 1984 e 1987).

Per l'albicocco e altre drupacee, l'esistenza di pur molteplici forme di albero non è mai stata oggetto di particolari attenzioni dal punto di vista genetico, e neppure oggi costituisce un criterio primario nelle scelte varietali. Solo in tempi recenti, anche in considerazione dei meccanismi mendeliani (ereditarietà semplice) che contraddistinguono molti habitus, sono stati effettuati studi più approfonditi sulle basi genetiche dei diversi portamenti e sulla ereditarietà di quelli più distinti o particolari (Bassi *et al.*, 2003; Bassi e Rizzo, 2000; Chaparro *et al.*, 1994; Monet *et al.*, 1988; Pancaldi, 1994). Ciò ha consentito di chiarire le componenti genetiche che influenzano i diversi portamenti, e di svelare la notevole plasticità di questi caratteri, i quali possono essere facilmente modificati in una o due generazioni d'incrocio (Scorza *et al.*, 2002).

Per la prima volta, Bassi *et al.*, (2003) mettono in correlazione il portamento con la taglia, classificandone i vari portamenti. La taglia viene definita come “sinonimo di dimensione e viene riferita alla mole complessiva dell'albero (chioma), in particolare rispetto all'altezza (molto elevata, elevata, normale, nana, ridotta, semi-nana)”. Il portamento, invece è inteso come sinonimo di habitus indicando “l'aspetto complessivo della chioma di un albero. L'insieme delle caratteristiche vegetative (ritmo dei flussi di crescita dei rami) e strutturali (tipologia dei rami a frutto e loro distribuzione all'interno della chioma, loro angolo di inserzione, lunghezza degli internodi) di un albero, che ne determinano la forma naturale”.

Un parametro molto importante per la determinazione della forma finale della pianta, e conoscere dove sono abitualmente portati i frutti determinando anche il potenziale di produzione è rappresentato dall'abitudine di crescita del ramo (Gradziel *et al.*, 2002).

Per quanto riguarda i rami dell'anno, che portano le gemme a fiore ed a legno nelle Drupacee, abbiamo la seguente classificazione:

- **Dardo fiorifero:** Corto ramo con un diametro di pochi mm ed una lunghezza di 1-2 cm, sono spesso riuniti in mazzetti di maggio (formazione tipica del ciliegio), da cui il nome dardi a mazzetto. Il dardo porta all'apice una piccola gemma a legno, circondata da una corona di gemme a fiore. Questa è una formazione importante nell'albicocco.
- **Brindillo:** Ramo sottile di lunghezza che oscilla tra i 15 ed i 30 cm. In punta porta una gemma a legno, mentre lungo il suo asse in corrispondenza dei nodi sono presenti gemme a legno e gemme a fiore. E' una formazione comune nelle cultivar di albicocco.
- **Ramo misto:** Ramo tipico nelle drupacee con una lunghezza superiore ai 30 cm, con struttura morfo-anatomica simile al brindillo. Solitamente in corrispondenza di ogni nodo, o all'ascella della foglia si trovano gruppi di tre gemme: le due laterali sono a fiore, e la centrale è a legno (Jona, 1992).

Oggi la nuova classificazione correla sia il portamento che la taglia (Bassi *et al.*, 2003), ma da studi precedenti (Guerriero *et al.*, 1975) era stato osservato, che non tutte le cultivar si comportavano in modo analogo. Su una popolazione di 1200 cultivar in collezione, la produttività è risultata piuttosto scarsa ed incostante, e le variabilità del fenomeno, erano molto rilevanti. Secondo questo studio, erano distinguibili nella popolazione delle cultivar alcuni gruppi:

- C.v. con produzioni costanti, ma scarse.
- C.v. intermedie.
- C.v. con produzioni superiori alla media.

Il comportamento delle diverse cultivar, in questo studio, può essere imputato alla risposta del patrimonio genetico ai vari fattori ambientali, il tutto correlato ad un

particolare *Habitus vegetativo*, che può assumere un valore tassonomico determinante.

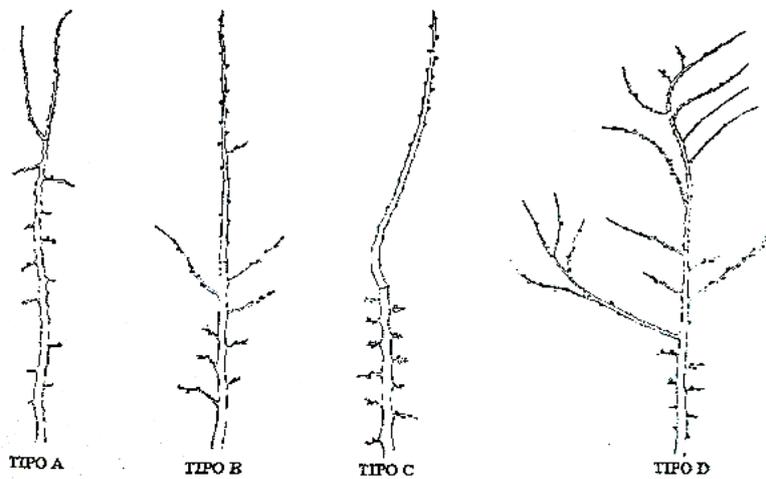


Figura 10: Rappresentazione schematica dell'habitus vegetativo di branche verticali non potate di 2 anni nelle piante dei differenti tipi durante il corso del periodo invernale.

In base all'Habitus delle varie cultivar è possibile riunire quelle aventi caratteristiche tassonomiche simili in gruppi, così riassunti:

Gruppo A: Caratterizzato da cultivar aventi una bassa produzione, scarsa o nulla attitudine a produrre sui rami misti, e quindi portano i frutti su brindelli o su dardi fioriferi.

Gruppo B: Caratterizzato da cultivar aventi una quantità ed una costanza di produzione estremamente variabili, un'uguale attitudine a produrre estremamente variabili ed una uguale attitudine a produrre analogamente bene sia sui rami misti che sui dardi fioriferi.

Gruppo C: Caratterizzato da cultivar a produzione molto variabile, aventi la capacità di fruttificare principalmente sui dardi fioriferi, ma non mancano casi in cui la produzione è portata dai rami misti.

Gruppo D: Caratterizzato da cultivar ad alta produttività, è un gruppo eterogeneo dal punto di vista tassonomico, però nella grande maggioranza dei casi queste cultivar hanno una forte attitudine a fruttificare sui rami misti, anticipati e brindilli.

1 Portamento

La nuova classificazione, elaborata da Bassi *et al.*, 2003, prevede che oltre al portamento della pianta, per individuare i diversi Habitus si consideri anche la taglia. Questo carattere costituisce un attributo estremamente importante, in quanto esprime la dimensione della chioma, soprattutto in termini di altezza, la tendenza all'acrotonia e alla basitonia, ed il vigore, definito come "l'attitudine dell'albero ad accumulare sostanza secca; può influenzare il numero dei rami, la loro lunghezza (influenzando però più il numero degli internodi che la loro lunghezza) e diametro; può essere determinato, con buona approssimazione, tramite la misura del diametro del tronco. Trattasi in ogni caso di un attributo relativo, che va valutato per confronto all'interno di ogni specie" che pur non essendo caratteristico del portamento riveste una notevole importanza ai fini agronomici.

Rami a frutto prevalenti e loro dimensione (Kervella *et al.*, 1994), angolo di inserzione (Angolo formato tra il ramo localizzato nella parte basale e la branca su cui si trova inserito) dei rami e loro ritmo di accrescimento, lunghezza degli internodi e influenza della potatura sul comportamento vegeto-produttivo e sulla forma di allevamento, sono solo alcuni dei caratteri che definiscono il portamento dell'albero, ma che per molti habitus risultano spesso insufficientemente descritti, quando addirittura non considerati.

Per l'albicocco, sulla base delle caratteristiche dei rami misti e delle branche, oltre che dell'aspetto complessivo della pianta possiamo distinguere vari portamenti (tab.4).

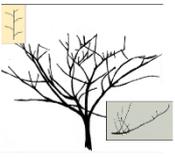
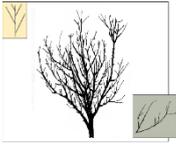
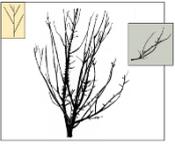
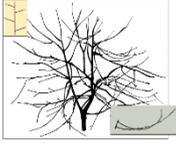
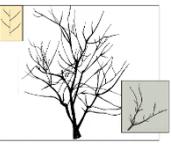
PORTAMENTO	TAGLIA	SCHELETRO
APERTO	Normale	
ASSURGENTE	Elevata	
	Normale	
	Nano	
ESPANSO	Semi-nano	
REGOLARE	Normale	
SPUR	Ridotta	

Tabella 4: Vari tipi di portamento in relazione alla taglia.

1.1 Aperto

L'albero è caratterizzato da una maggiore estensione in larghezza: l'altezza non è molto elevata ($3,7 \text{ m} \pm 0,3 \text{ m}$), mentre il diametro della chioma è medio elevato ($4,2 \text{ m} \pm 0,4 \text{ m}$), per cui ne consegue un indice volumetrico ridotto (0,88); l'area della sezione del tronco è medio ridotta ($42 \text{ cm} \pm 8 \text{ cm}$). La chioma risulta di foltezza media. Tale portamento ampio si presta particolarmente per allevamenti in volume, come il vaso nelle sue svariate versioni.

I rami misti sono assai vigorosi, presentano un tipico andamento aperto e risultano di dimensioni medie in lunghezza ($49,9 \text{ cm} \pm 25 \text{ cm}$) e in diametro ($4,7 \text{ mm} \pm 2,2 \text{ mm}$); l'angolo di inserzione e quello di estensione sono rispettivamente ampio e medio e misurano $62^\circ \pm 32^\circ$ e $69^\circ \pm 20^\circ$. Gli internodi sono medi ($15 \text{ mm} \pm 2,2 \text{ mm}$).

Pur prevalendo i dardi, si differenzia dagli altri habitus per la presenza di una maggiore percentuale di brindilli e rami misti, specialmente nelle porzioni apicali e mediane delle branche, come dimostra il rapporto tra i rami e i nodi.

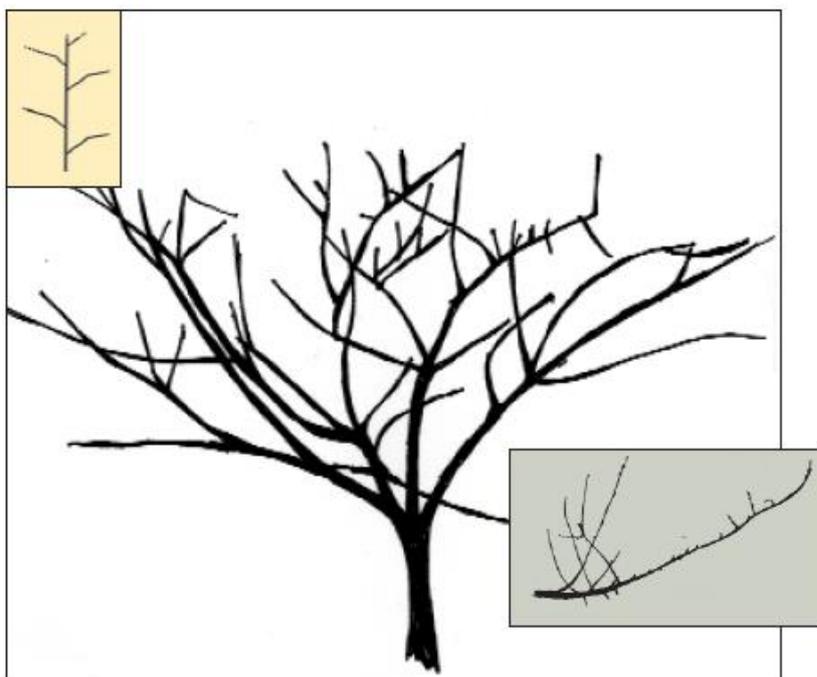


Figura 11: Rappresentazione dell'habitus aperto di taglia normale.

1.2 Assurgente

Per questa tipologia di habitus distinguamo tre differenti taglie.

1.2.1 Taglia elevata

L'albero presenta uno spiccato sviluppo in altezza ($4,8 \text{ m} \pm 0,4\text{m}$), un diametro medio ($2,3 \text{ m} \pm 0,2 \text{ m}$), ed un indice volumetrico elevato ($137 \text{ cm} \pm 43$). La chioma si presenta per lo più rada, malgrado l'elevato rapporto rami e nodi per branca. L'apparente aspetto rado della chioma, contrastante con quanto scaturito dalle misurazioni, potrebbe essere attribuito alla maggiore lunghezza degli internodi.

I rami misti sono molto scarsi e presenti esclusivamente nella porzione medio apicale della branca, con andamento verticale. Sono molto lunghi ($122 \text{ cm} \pm 59 \text{ cm}$) e con un diametro elevato ($7,7 \text{ mm} \pm 2,2 \text{ cm}$). L'angolo di inserzione è stretto ($37^\circ \pm 3^\circ$) e quello di estensione medio ($32^\circ \pm 4^\circ$). I rami anticipati sono medio scarsi e di dimensioni medio lunghe.

I rami sono distribuiti in modo abbastanza uniforme nelle tre porzioni della branca, pur rilevandosi una leggera acrotonia. La maggior parte dei rami fruttiferi è rappresentata dai dardi.

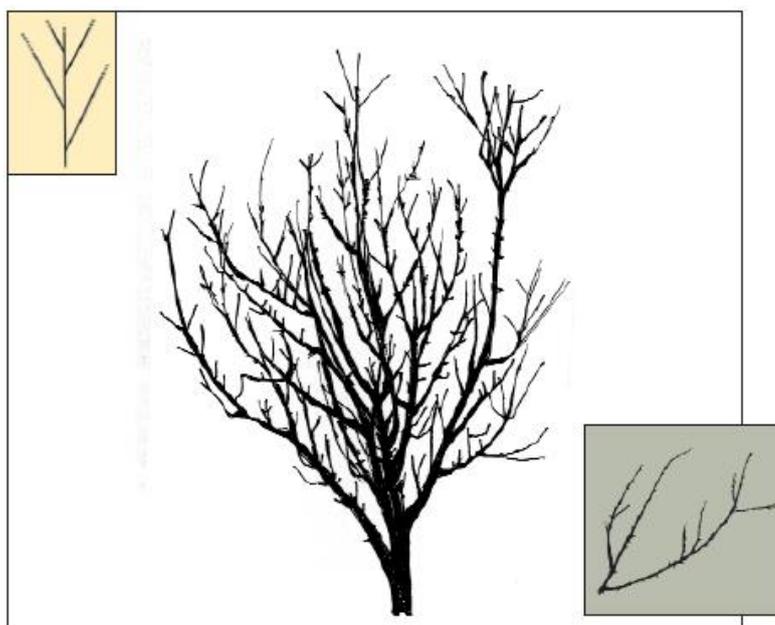


Figura 12: Rappresentazione dell'habitus assurgente di taglia elevata.

1.2.2 Taglia normale

Lo sviluppo in altezza è medio ($3,7 \text{ m} \pm 0,3 \text{ m}$), mentre il diametro della chioma è assai stretto ($1,8 \text{ m} \pm 0,4 \text{ m}$), ne deriva quindi un indice volumetrico elevato (2,0); l'area della sezione del tronco è media ($120 \text{ cm}^2 \pm 46 \text{ cm}^2$).

I rami misti, pochi e prevalenti nella porzione apicale della branca, sono corti ($34 \text{ cm} \pm 20 \text{ cm}$) e di dimensioni medie ($6 \text{ mm} \pm 0,9 \text{ mm}$). L'angolo di inserzione è molto stretto ($10^\circ \pm 9^\circ$) e quello di estensione medio ($37^\circ \pm 20^\circ$). I rami anticipati sono praticamente assenti e brevi. Le ramificazioni sono distribuite prevalentemente nella porzione apicale della branca; i dardi fioriferi sono predominanti.

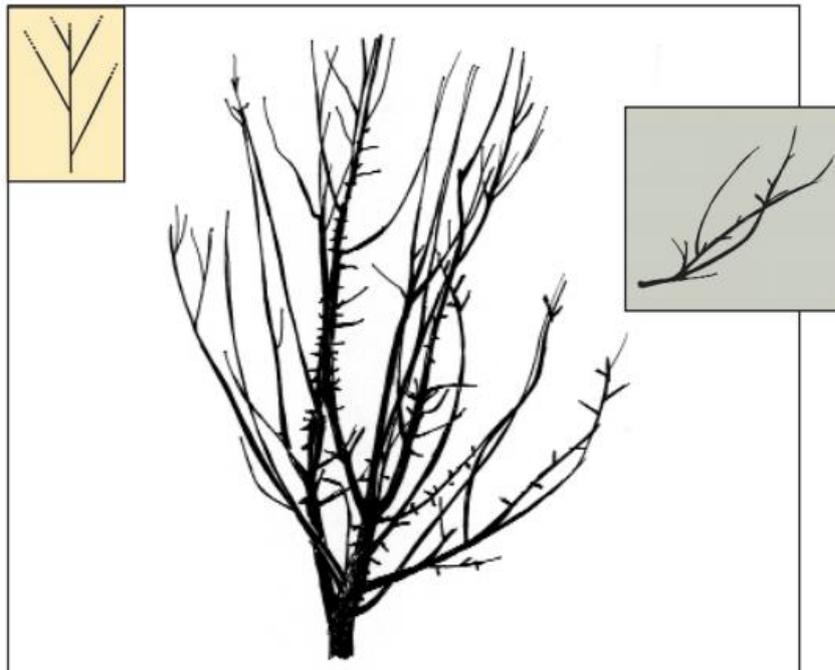


Figura 13: Rappresentazione dell'habitus assurgente di taglia normale

1.2.3 *Taglia nana*

La pianta si presenta poco sviluppata sia in altezza ($1,8 \text{ m} \pm 0,1 \text{ m}$), sia in larghezza ($1,4 \text{ m} \pm 0,1 \text{ m}$), con un indice volumetrico medio (1,2). L'area della sezione del tronco è medio ridotta ($55,1 \text{ cm}^2 \pm 16 \text{ cm}^2$). La chioma si presenta assai folta, principalmente a causa della presenza elevata di brindilli e rami misti, particolarmente nella porzione medio apicale. I rami misti presentano un andamento eretto, sono di lunghezza ridotta ($22,4 \text{ cm} \pm 10 \text{ cm}$), ma di diametro elevato ($7,1 \text{ mm} \pm 0,1 \text{ mm}$). L'angolo di inserzione è stretto ($34^\circ \pm 16^\circ$) e così quello di estensione ($29^\circ \pm 13^\circ$). I rami anticipati sono molto scarsi e molto brevi.

Questo fenotipo è caratterizzato dalla presenza di ramificazioni prevalentemente nella porzione medio apicale della branca; la vegetazione è costituita prevalentemente da brindilli e rami misti.

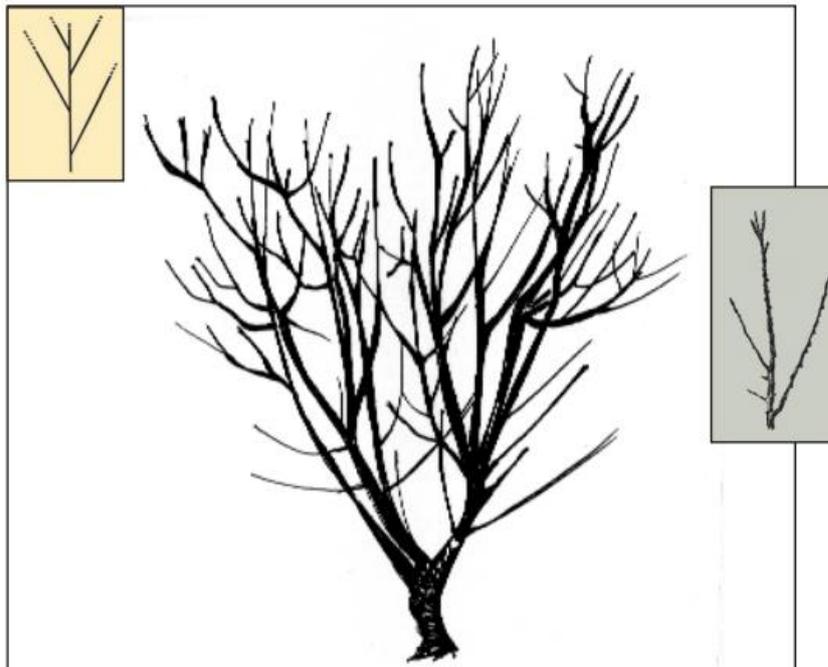


Figura 14: Rappresentazione dell'habitus assurgente di taglia nana

1.3 Espanso

La chioma è rada, di sviluppo molto contenuto in altezza ($2,7 \text{ m} \pm 0,6 \text{ m}$), e medio scarso in larghezza ($2,8 \text{ m} \pm 0,5 \text{ m}$), con un indice volumetrico molto ridotto (0,97). Malgrado la marcata curvatura verso il basso delle branche, la concentrazione esclusivamente nella porzione apicale della branca dei pochi rami misti e brindilli presenti, conferisce alla pianta un aspetto acrotono.

I rami misti presentano un andamento procombente, sono di lunghezza media ($40 \text{ cm} \pm 14,6 \text{ cm}$), di diametro piccolo ($3,9 \text{ mm} \pm 0,8 \text{ mm}$). L'angolo di inserzione è molto ampio ($82^\circ \pm 22^\circ$), come pure quello di estensione ($110^\circ \pm 24^\circ$). I rami anticipati sono in numero e di lunghezza media. I rami misti e i brindilli sono praticamente assenti e distribuiti specialmente nella porzione apicale della branca. La vegetazione è costituita quasi esclusivamente dai dardi (oltre il 90%), che sono distribuiti invece uniformemente nelle tre porzioni della branca.

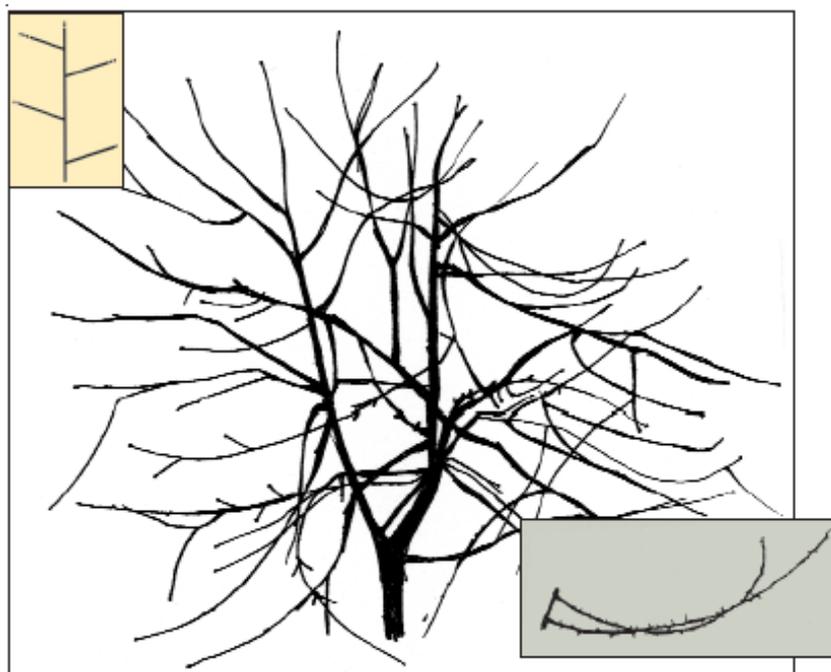


Figura 15: Rappresentazione dell'habitus espanso di taglia semi-nana.

1.4 Regolare

L'albero presenta uno sviluppo medio elevato: l'altezza raggiunge i 4,3 m, mentre il diametro i 4,2 m, con un corrispondente indice volumetrico (1,0). Le caratteristiche di questo fenotipo sono intermedie tra il tipo assurgente e quello aperto. Può prestarsi per forme in volume che in parete. I rami misti presentano un andamento abbastanza aperto. Sono di lunghezza ($54 \text{ cm} \pm 23 \text{ cm}$) e diametro medi ($4,8 \text{ mm} \pm 1,1 \text{ mm}$), così come l'angolo di inserzione ($50^\circ \pm 20^\circ$) e di estensione ($37^\circ \pm 15^\circ$). I rami anticipati sono in numero medio e di lunghezza medio corta.

Questo fenotipo è caratterizzato dal presentare un maggior numero di dardi distribuiti prevalentemente nella porzione mediana apicale del ramo. Il rapporto tra i rami e i nodi è molto simile al tipo aperto.

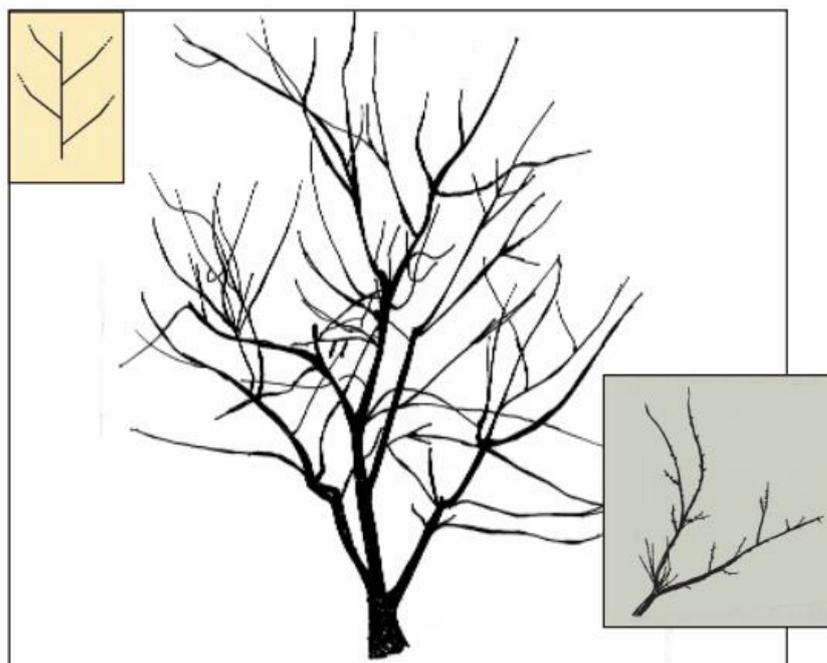


Figura 16: Rappresentazione dell'habitus regolare di taglia normale.

1.5 Spur

L'albero presenta uno sviluppo ridotto sia in altezza ($3,1 \text{ m} \pm 0,1\text{m}$), sia in diametro ($1,9 \text{ m} \pm 0,1 \text{ m}$), mentre l'indice volumetrico è elevato ($1,64 \pm 0,20$). I rami misti sono pochissimi e presenti esclusivamente nella porzione apicale della branca; sono in genere di lunghezza media ($80,6 \text{ cm} \pm 41,4 \text{ cm}$) e di diametro medio elevato ($7,5 \text{ mm} \pm 1,8 \text{ mm}$). L'angolo di inserzione ($56^\circ \pm 8,3^\circ$), e di estensione ($51^\circ \pm 20,2^\circ$) sono medi. I rami anticipati sono presenti in numero medio e di lunghezza medio ridotta.

Questo fenotipo è caratterizzato dal presentare un elevatissimo numero di dardi, distribuiti uniformemente lungo la branca. I rami misti e i brindilli sono molto scarsi e presenti prevalentemente nella parte apicale del ramo.

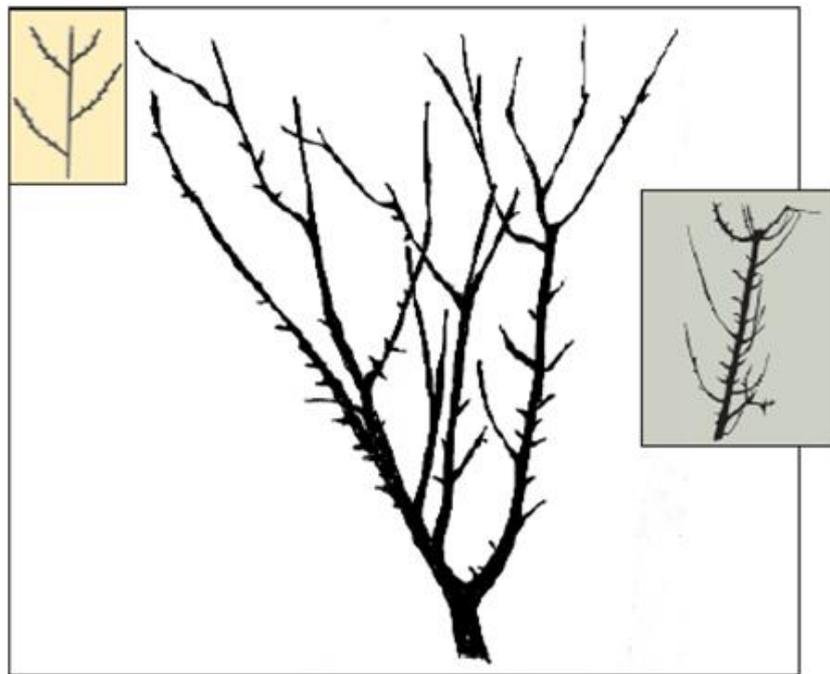


Figura 17: Rappresentazione dell'habitus spur di taglia ridotta.

Bassi et al 2003 sono riusciti a riassumere i caratteri che assumono maggiore rilevanza per la descrizione dell'habitus vegetativo delle cultivar di albicocco a condizione che non vengano considerati isolatamente, ma integrati tra loro.

Tra i caratteri troviamo:

- Circonferenza del tronco a 20 cm dal punto d'innesto.
- Misurazione dell'altezza della pianta e della larghezza della chioma allo scopo di ricavare l'Indice Volumetrico (I.V. = altezza pianta/ larghezza chioma).
- Conteggio del numero dei nodi presenti sulle branche di 3 anni.
- Misurazione dell'angolo ideale formato rispettivamente dall'apice del ramo con la branca di 2 anni (Angolo di estensione).
- Misurazione dell'angolo formato dalla branca di due anni rispetto alla verticale (Angolo di inserzione).

Portamento	Taglia	Chioma (m)		Diametro tronco (cm)	Angolo (cm)	
		Altezza	Larghezza		Inserzione	Estensione
Aperto	Normale	3.7 ± 0.3	4.2 ± 0.4	42 ± 8	62 ± 32	69 ± 20
	Elevata	4.8 ± 0.4	2.3 ± 0.2	137 ± 43	37 ± 3	32 ± 4
Assurgente	Normale	3.7 ± 0.3	1.8 ± 0.4	120 ± 46	10 ± 9	37 ± 20
	Nano	1.8 ± 0.1	1.4 ± 0.1	55 ± 34	34 ± 16	29 ± 13
Espanso	Seminano	2.7 ± 0.6	2.8 ± 0.5	100 ± 34	82 ± 22	110 ± 24
Regolare	Normale	4.3 ± 0.4	4.2 ± 0.2	154 ± 39	50 ± 20	37 ± 15
Spur	Ridotta	3.1 ± 0.1	1.9 ± 0.1	146 ± 51	56 ± 8	51 ± 20

Tabella 5: Tabella sinottica dei portamenti descritti nell'Albicocco.

CAPITOLO 6: **SCOPO DEL LAVORO**

L'ottima capacità di adattabilità ambientale dell'albicocco è la diretta conseguenza della grande variabilità genetica che, con la presenza di numerosi genotipi disponibili caratterizzati da svariate tipologie di portamento (assurgente, aperto, regolare, espanso, spur), influenza le caratteristiche pomologiche e biologiche di questa specie. L'ampia scelta varietale, permette quindi di adattare il genotipo alle diverse caratteristiche ambientali di un particolare areale di coltivazione.

L'albicocco quindi sembra essere caratterizzato da scarse esigenze ambientali e climatiche, ma in realtà le singole cultivar sono spesso caratterizzate da una certa rigidità in termini di adattabilità pedoclimatica, condizionata soprattutto dalle esigenze termiche legate al soddisfacimento del fabbisogno in freddo, che possono variare significativamente tra i diversi genotipi.

I fattori climatici ed in particolare il decorso delle temperature autunno-vernine, influenzano in maniera diretta il soddisfacimento del fabbisogno in freddo delle gemme e, in determinati contesti, possono costituire un limite per lo sviluppo morfo-fisiologico delle gemme. Spesso infatti, l'introduzione di nuove cultivar dall'areale di origine in zone con caratteristiche climatiche differenti, ha comportato numerosi insuccessi produttivi, legati al mancato completamento della differenziazione a fiore (Legave *et al.*, 1982).

Lo scopo della tesi è quello di studiare:

- ✓ L'habitus che contraddistingue i vari genotipi di albicocco
- ✓ Le relazioni che intercorrono tra portamento e uscita di dormienza delle gemme a fiore in diverse varietà nelle condizioni pedoclimatiche del litorale della Maremma Toscana. In particolare è stata studiata l'influenza dell'habitus e delle diverse posizioni dei rami produttivi della chioma sul processo di sviluppo delle gemme a fiore, con particolare riferimento all'influenza del soddisfacimento del fabbisogno in freddo.

CAPITOLO 7: **MATERIALI E METODI**

1 Materiali

La ricerca è stata condotta nell'autunno-inverno 2013/2014, presso il Centro sperimentale di Venturina, situato nella pianura alluvionale del fiume Cornia (Altitudine 6 m, lat.43.02 N, long. 10.36 E), a circa 6-7 Km dal mare. Il tipo di terreno è di medio impasto tendente al sabbioso, viene effettuata solo irrigazione di soccorso, il campo è riparato dai venti marini tramite frangivento costituiti da eucalipto e cipresso. Le piante hanno tutte la stessa età, di circa 10 anni, sono innestate su "Mirabolano", ed allevate a palmetta libera con orientamento Est-Ovest.

1.1 Genotipi utilizzati

Il lavoro è stato condotto su 3 diversi genotipi caratterizzati, da un differente areale di origine, da diverse caratteristiche in termini di adattabilità ambientale ed esigenze termiche, ma in particolare da un diverso volume e forma della chioma.

In base alle informazioni raccolte in bibliografia (Guerriero 1999; 2002) relative al fabbisogno in freddo e al loro portamento, i genotipi sono stati classificati in tre differenti gruppi sulla base del livello di Chilling Units necessario per superare la fase di endodormienza:

- San Castrese: basso F.F.
- Antonio Errani: medio-alto F.F.
- Goldrich: alto F.F.

La tabella 6 riporta sinteticamente le principali caratteristiche agronomiche delle tre cultivar utilizzate nel lavoro.

Genotipo	<i>San Castrese</i>	<i>Antonio Errani</i>	<i>Goldrich</i>
Fabbisogno in freddo	Medio-basso 1000-1200 CU	Medio-basso 1000-1200 CU	Alto > 1200 CU
Epoca di fioritura	Precoce	Precoce Intermedia	Precoce Intermedia
Maturazione	16-25 giugno	-15 Rif. San Castrese	- 4 Rif. San Castrese
Produzione	Medio elevata	Media	Molto scarsa
Vigoria	Vigoria alta	Vigoria media	Vigoria media
Qualità del frutto	Medie	Ottime	Ottime
Caratteristiche agronomiche	Elevata rusticità Costante produzione	Produzione incostante	Non adattabile in tutti gli ambienti pedoclimatici

Tabella 6: I dati fanno riferimento all'areale di coltivazione della ricerca (Centro-Italia).

✓ *San Castrese:*

E' una vecchia cultivar vesuviana di origine sconosciuta scoperta da Fideghelli e Monastra dell'Istituto sperimentale per la frutticoltura di Roma nel 1968. Per la sua ampia diffusione negli areali italiani viene utilizzata come cultivar di riferimento. Ha una vigoria medio



elevata, un portamento espanso ed è caratterizzata da fioritura precoce; fruttifica sia sui rami misti che su quelli di un anno, matura al nord nella prima settimana di luglio, al centro nella terza decade di giugno, al sud nella seconda decade di giugno. Il frutto si presenta normalmente con una pezzatura medio grossa (se ben diradati raggiungono una grossa pezzatura) e una forma rotondo-ellittica. Il colore di fondo giallo intenso con sopraccolore aranciato leggero e sfumato è esteso per il 10-20% della superficie, la polpa di colore arancio chiaro ha elevata consistenza, il sapore è acidulo e la consistenza aromatica limitata. E' una varietà molto valida per l'elevata e costante produttiva in tutti gli ambienti nonostante la precoce epoca di fioritura.

✓ *Antonio Errani:*

La cultivar, indicata inizialmente, con la sigla ICAPI 31/3, proviene da un lavoro di selezione di genotipi, derivati da libera impollinazione della Reale d'Imola, condotto negli anni settanta presso l'Università di Pisa. Il successo della cultivar lo si deve ad Antonio Errani, da cui il nome, che la fece apprezzare, negli anni ottanta, in diverse regioni italiane (Guerriero, Bartolini, 2000).



Questa cultivar presenta una vigoria medio elevata, l'epoca di fioritura è precoce ed è parzialmente autocompatibile con necessità di impollinatori (Portici, un albero della varietà impollinatrice basta per 4-5 piante). Fruttifica prevalentemente sui rami di un anno e dardi fioriferi, presenta media produttività, mentre l'epoca di raccolta solitamente è circa 15 giorni prima rispetto alla San Castrese.

Il frutto è medio grande, rotondo, di colore giallo crema con ampia estensione del sovra colore, la polpa arancione e di consistenza media. Presenta ottime qualità gustative, con acidità e contenuto zuccherino medio basso, ma la produzione è incostante ed è una cultivar suscettibile alla rottura.

✓ *Goldrich*:

Questa cultivar ottenuta dall'incrocio Sun Glo x Perfection da USDA e Washington University, è stata introdotta nel 1971 (The Brooks and Olmo; Register of Fruit & Nut Varieties). E' una cultivar che dà buoni risultati soprattutto nelle regioni settentrionali, ha una vigoria media, un'epoca di



fioritura precoce ed è parzialmente autofertile con necessità di impollinatori quali Bella d'Imola, Portici e Sabbatani. Fruttifica su mazzetti di maggio e brindilli, presenta media produttività ed epoca di raccolta 4-5 giorni prima di San Castrese.

Il frutto è grosso, ovale-triangolare, di colore aranciato intenso privo di sovra colore, è in grado di reggere in pianta anche a maturazione avanzata, la polpa è aranciata di elevata consistenza. Presenta qualità gustative discrete, buccia acida e succosità scarsa. Risulta valida per il miglioramento genetico della pezzatura e della consistenza dei frutti.

Per ciascuna varietà sono stati prescelti quattro settori della chioma per il campionamento dei rami misti da utilizzare per le osservazioni biologiche: Alto/Basso, Interno/Esterno secondo le seguenti combinazioni (Tab.7).

<i>Combinazione</i>	<i>Settore chioma</i>	<i>Altezza chioma</i>
Alto Interno (A.I)	Interno	Alto
Alto Esterno (A.E)	Esterno	Alto
Basso Interno (B.I)	Interno	Basso
Basso Esterno (B.E)	Esterno	Basso

Tabella 7: Piano sperimentale adottato per il campionamento delle gemme a fiore in base alla posizione sulla pianta.

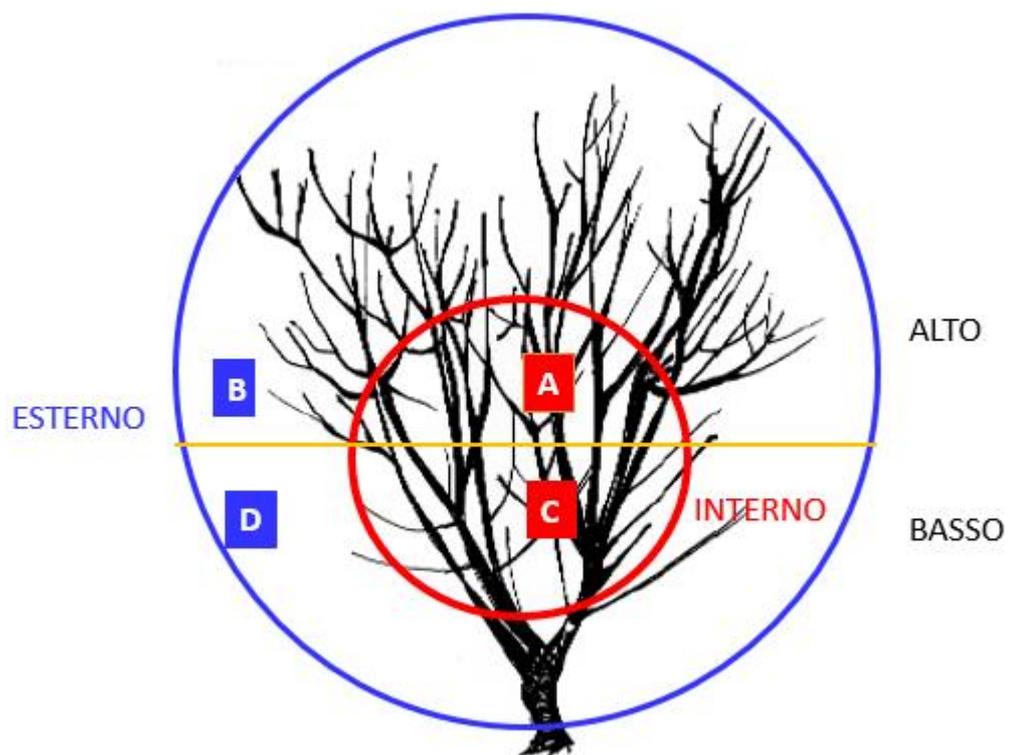


Figura 18: Rappresentazione grafica delle modalità di prelievo in base alla posizione sulla chioma (A: Alto Interno; B: Alto Esterno; C: Basso Interno; D: Basso Esterno).

2 Metodi

I rilievi sono stati divisi nelle seguenti tipologie:

- Rilievi in campo
- Rilievi di laboratorio

Lo schema in basso riassume l'insieme delle osservazioni effettuate nel lavoro.

Rilievi di campo	Rilevamento dati morfologici caratterizzanti l'habitus della pianta Indice di fertilità
	Cartellinamento rami misti con osservazioni periodiche degli stadi fenologici gemme a fiore per la determinazione: ✓ % di cascola ✓ % di fioritura ✓ Epoca di inizio, piena e fine fioritura
	Registrazione delle temperature giornaliere
Rilievi di laboratorio	Test della forzatura per la caratterizzazione del fabbisogno in freddo
	Osservazione degli stadi fenologici delle gemme a fiore
	Sviluppo degli elementi dei vasi xilematici
Elaborazione dei dati	Analisi dei dati delle temperature del ventennio
	Calcolo delle Chilling Units (modello UTAH)

Tabella 8: Schema dei rilievi eseguiti nel biennio di ricerca

2.1 Rilievi di campo

Su ogni cultivar presa in esame, sono stati effettuati i seguenti rilievi:

- ✓ *Determinazione dell'habitus*
 - Circonferenza del tronco a 20 cm dal punto d'innesto
 - Altezza della pianta e della larghezza della chioma
 - Indice Volumetrico
 - Angolo ideale formato rispettivamente dall'apice del ramo con la branca di 2 anni (Angolo di estensione)
 - Angolo formato dalla branca di due anni rispetto alla verticale (Angolo di inserzione).
- ✓ *Cartellinamento dei rami misti* in funzione dei diversi settori della chioma, a partire dalla caduta delle foglie (circa il 50%, Walser *et al.*, 1981) registrando i seguenti dati:
 - Misurazione della lunghezza del ramo, del numero dei nodi e delle gemme a fiore presenti, al fine di determinare per ogni genotipo l'indice di fertilità (gemme a fiore/cm ramo).
In base ai diversi valori dell'indice è possibile distinguere le seguenti categorie:
 - Basso = < a 0,7
 - Medio = 0,7 – 1,75
 - Elevato = > 1,75
 - Conteggio delle gemme a fiore ad intervalli regolari (circa 20 gg) determinando le percentuali di cascola e fioritura.
 - Osservazione della data di inizio (10%) piena (50%) e fine (75%) fioritura, considerando tali date come Giorni Giuliani (Julian Day = JD).
- ✓ *Registrazione dei parametri climatici*: Rilievo pluviometrico, umidità relativa, temperature orarie con un rilevatore Tinytag plus1 (range del sensore: - 25°C a + 85°C approssimazione $\pm 0,2^\circ\text{C}$). Sono state calcolate le temperature minime e massime giornaliere, successivamente trasformate in

Chilling Unit (CU) e Growing Degree Hours (G.D.H.) in base al modello Utah (Richardson *et al.*,1974), per determinare il quantitativo di freddo durante il periodo di analisi.

2.2 Rilievi di laboratorio

I rilievi di laboratorio sono stati eseguiti presso il laboratorio del Dipartimento di Scienze Agrarie, Alimentari e Agro-ambientali dell'Università di Pisa ed hanno riguardato la caratterizzazione del fabbisogno in freddo di ogni singolo genotipo attraverso la tecnica della forzatura insieme all'osservazione degli stadi fenologici (Baggiolini,1952, integrato da Guerriero, 1986) (Fig.19).

2.2.2 Determinazione del fabbisogno in freddo e osservazioni fenologiche

Attraverso la tecnica della “forzatura” è stata effettuata la caratterizzazione del fabbisogno in freddo per i 3 genotipi considerati, analizzando il superamento delle fasi di endodormienza ed ecodormienza. La tecnica della forzatura ha previsto per ogni genotipo, ad intervalli regolari (circa ogni 7 gg), il prelievo di rami misti in campo che, successivamente sono stati posti in ambiente controllato (camera di forzatura) a 23°C, U.R.60%, illuminati per 12 ore a 300-400 micro E/mq/sec, con la base immersa in acqua, rinnovando ogni due giorni il taglio basale. Queste condizioni di luce, umidità e soprattutto temperatura controllate permettono alla gemma il soddisfacimento del fabbisogno in caldo e la relativa riattivazione del metabolismo e ripresa dell'accrescimento.

In corrispondenza di ogni rilievo in laboratorio sono state eseguite le seguenti valutazioni:

- ✓ *Peso fresco prima e dopo la forzatura:* Il peso fresco è stato determinato su un campione random di circa 60 gemme attraverso 3 pesate da 20 gemme ciascuna per ogni genotipo (Guerriero *et al.*, 1986; 1989).
- ✓ *Osservazioni stadi fenologici:* Contemporaneamente ai rilievi sulla forzatura, sono stati osservati gli stadi fenologici delle gemme secondo lo

schema Baggiolini (1952), integrato con stadi intermedi secondo Guerriero (1986).

Il superamento della fase di dormienza è stato valutato in base:

- All'incremento del peso fresco della gemma, dopo forzatura. L'endodormienza è ritenuta superata quando tale l'incremento è $\geq 30\%$ per almeno due rilievi successivi (Guerriero *et al.*, 2000).
- All'evoluzione degli stadi fenologici, ovvero quando il 30% delle gemme a fiore dopo la forzatura passava dallo stadio "A" allo stadio "B" (Garcia *et al.*, 1999; Guerriero *et al.*, 2000).
- All'aumento di peso della gemma tra un prelievo e l'altro in campo $\geq 30\%$ per la valutazione dell'ecodormienza.

Il passaggio del 30% delle gemme dallo stadio fenologico A (gemma dormiente) al B (inizio dello sviluppo) definisce dunque la cessazione dell'endodormienza. Il "forcing test" presenta però alcune limitazioni, come la provenienza dei rami (posizione ed orientamento sulla pianta) e la temperatura costante a cui vengono sottoposti i rami nella cella di forzatura, che potrebbe determinare uno sviluppo anomalo della gemma (Viti *et al.*, 2003).

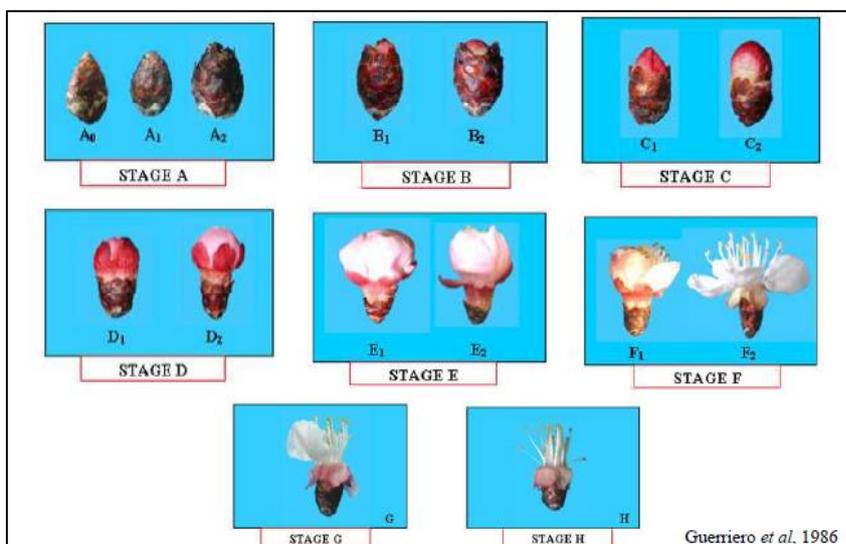


Figura 19: Schema degli stadi fenologici secondo Baggiolini (1952), integrato con stadi intermedi secondo Guerriero (1986).

2.2.3 Sviluppo degli elementi dei vasi xilematici

Queste osservazioni sono atte a stabilire l'evoluzione anatomica degli elementi vascolari nelle gemme a fiore durante le differenti fasi della dormienza in condizioni naturali. Infatti è possibile seguire lo sviluppo dei vasi xilematici, dalla base dell'asse della gemma verso l'ovario.

I rami misti, con una lunghezza media di 30-35 cm (15-20 nodi) provenienti dalle varie posizioni sono stati collocati con la loro base in una soluzione acquosa con lo 0.1% di safranina per una settimana a temperatura ambiente.

Successivamente il ramo è stato diviso longitudinalmente in 2 parti, per effettuare l'osservazione al binoculare, e valutare la traslocazione xilematica rilevando il livello del colorante lungo la sequenza nodo-internodo, fino alla gemma a fiore (Ashworth e Rowse, 1982). La soluzione di safranina viene traslocata attraverso il tessuto xilematico dalla base alla zona apicale per un periodo di tempo che diminuisce man a mano che il germoglio si avvicina alla ripresa vegetativa.

CAPITOLO 8: RISULTATI E DISCUSSIONI

1 Andamento climatico

In base all'analisi dei dati relativi alle temperature registrate nell'areale di coltivazione oggetto dello studio, è stato descritto l'andamento climatico del 2013/2014 riportato in figura 21. Lo studio delle temperature ha riguardato il periodo autunno-vernino, in particolare i mesi di novembre, dicembre, gennaio e febbraio.

Per l'intero periodo analizzato, sono stati determinati le temperature minime, massime giornaliere, descrivendo i cambiamenti e le irregolarità osservate nell'arco dell'intero periodo.

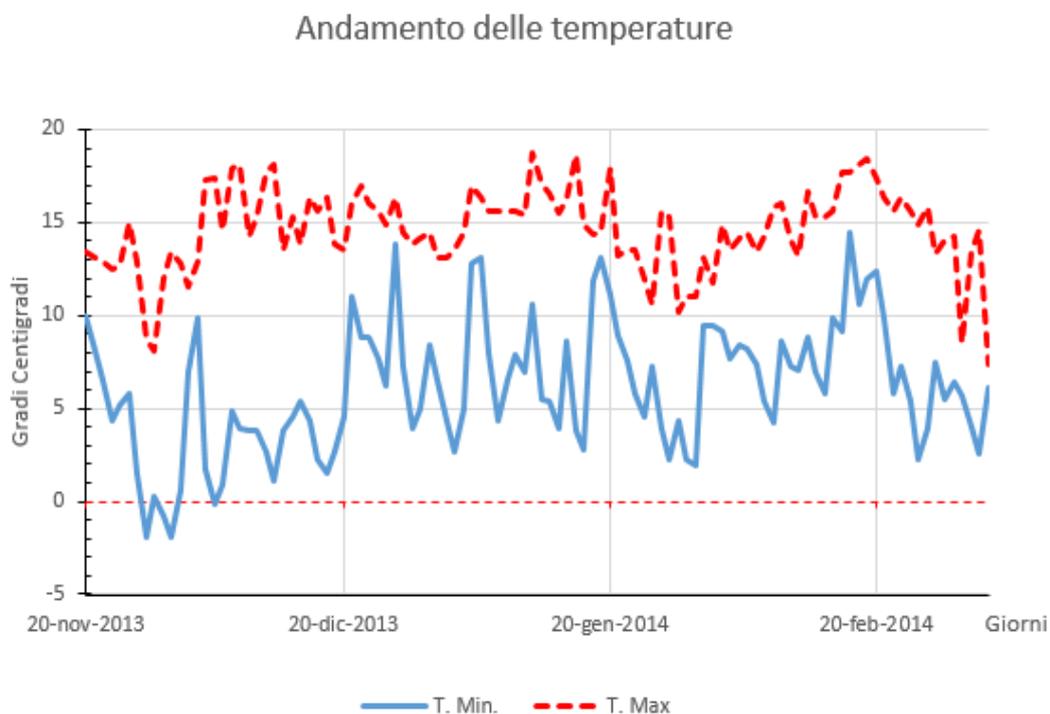


Fig. 21: Andamento della temperatura minima e massima durante il periodo Novembre-Febbraio 2013/2014.

Nel mese di novembre sono state registrate le temperature minime più basse di tutto il periodo considerato toccando i -2°C per 3 giorni consecutivi, con una media mensile di 3°C . Durante questo periodo le piante sono in fase di dormienza e

mostrano una notevole resistenza al freddo permettendo alle gemme di non subire stress dovuti alle basse temperature, che possono provocare anomalie nelle successive fasi di sviluppo. Le temperature massime invece, sono rimaste comprese in un range tra 10-15°C.

Il mese di dicembre è stato caratterizzato da una grande escursione termica, tra giorno e notte in particolare durante i primi 20 giorni. I valori più bassi si sono registrati durante i primi giorni, per poi rimanere all'interno del range tra 6 e 8°C per buona parte del mese permettendo così, di accumulare gran parte delle CU necessarie per il superamento della fase di dormienza; le temperature massime invece durante questo mese sono state molto costanti oscillando intorno ai 15°C. Gennaio si differenzia per le elevate temperature massime e minime registrate per gran parte del mese. Le temperature massime sono risultate costanti (circa 17°C), diminuendo solamente verso la fine del mese (circa 10°C), mentre le minime, si sono mantenute mediamente intorno agli 8°C.

In generale quindi nel periodo autunnale e invernale le temperature sul litorale tirrenico sono state costantemente molto miti: le minime sono scese sotto gli 0°C solo in poche occasioni, e molto precocemente solo in novembre, quando le gemme a fiore erano in piena dormienza, non subendo quindi danni da tali abbassamenti, mentre le massime hanno molto spesso superato i 15°C.

Appare chiaro quindi, come l'andamento delle temperature minime, caratterizzato soprattutto da un livello costante nel mese di dicembre, abbia permesso di raggiungere il limite di CU necessario per il superamento ottimale della fase di dormienza, evitando una serie di squilibri metabolici che spesso si trasformano in una elevata comparsa di anomalie o necrosi delle gemme a fiore e successiva cascola.

2 *Accumulo Chilling Units (CU)*

I dati relativi alle temperature minime e massime registrate, sono stati elaborati e trasformati in Chilling Units, al fine di determinare l'influenza diretta che l'andamento delle temperature è in grado di esercitare sull'accumulo di freddo da parte della pianta.

In figura 22 viene riportato l'andamento dell'accumulo di CU nel 2014. La linea continua indica la soglia limite delle 1000 CU ritenuta il livello medio rappresentativo per il soddisfacimento del fabbisogno in freddo nell'albicocco; la linea tratteggiata indica il livello delle 1200 CU; le frecce evidenziano la data in cui viene superato rispettivamente il livello di 1000 e 1200 CU.

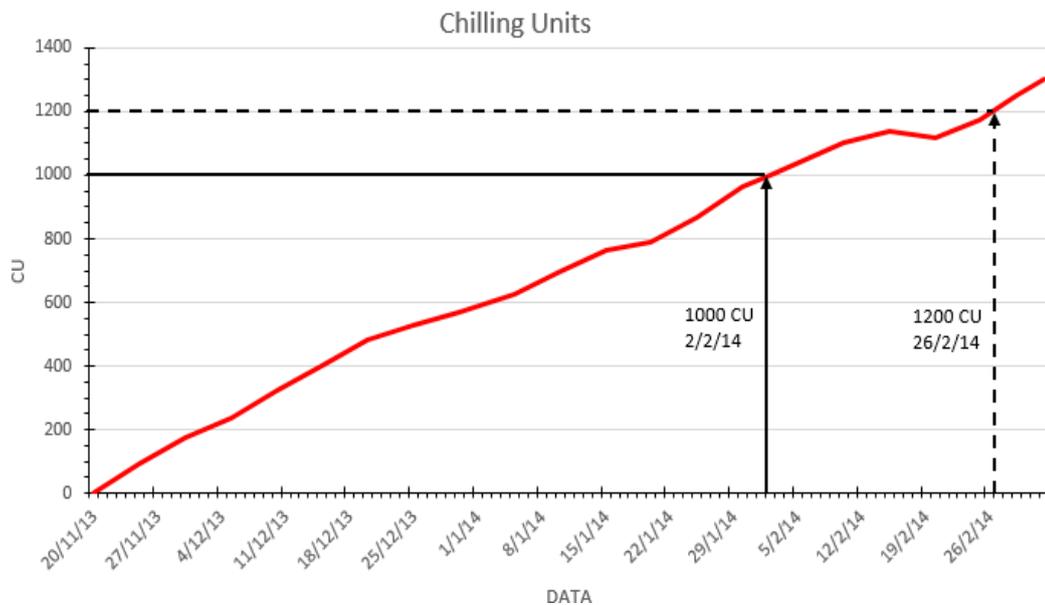


Figura 22: Andamento dell'accumulo in Chilling Units; le frecce indicano il momento in cui è stata raggiunta la soglia significativa delle 1000 CU e 1200 CU.

Le differenze che hanno caratterizzato l'andamento climatico del 2014, in particolare il livello delle temperature autunno-invernali, hanno influenzato in maniera inevitabile anche l'accumulo di Chilling Units, rimanendo comunque nella media con i valori degli ultimi 10 anni (Fig. 23). Nel 2014 soglia delle 1000 CU viene raggiunta intorno al 2 febbraio, mentre alla fine del mese, il 26 febbraio viene raggiunta la soglia della 1200 CU.

Nell'areale maremmano dove è stata effettuata la prova, la soglia delle 1000 CU è stata raggiunta sempre più tardivamente, infatti la differenza che si registra tra il periodo 1991-2003 e 2004-2014 è di ben 10 giorni, come mostrato dalla figura 23.

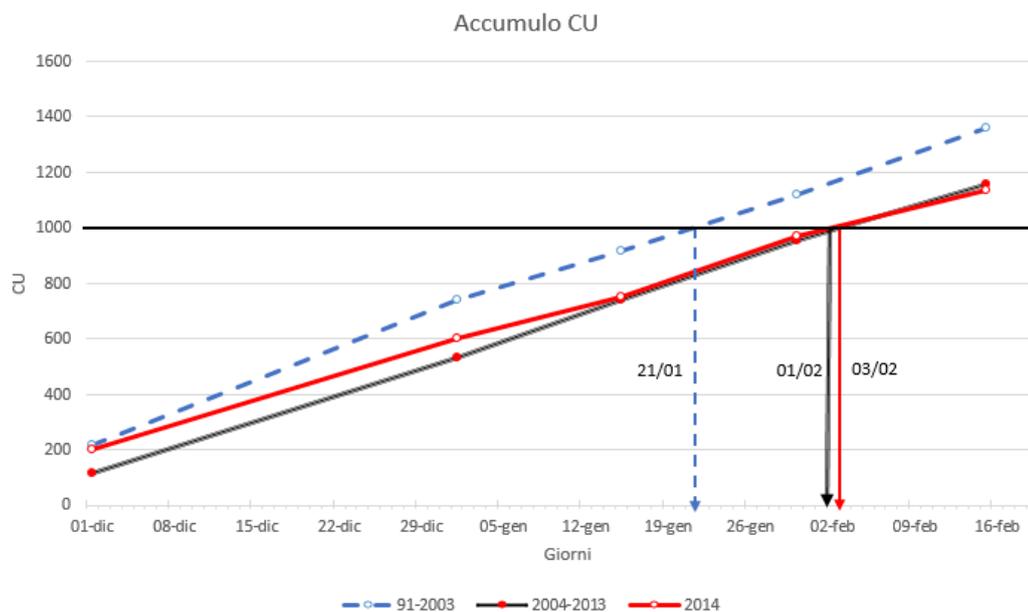


Figura 23: Accumulo delle 1000 CU nel corso del periodo compreso tra 1991 ed il 2014.

Tale trend oramai rilevabile da diversi anni, suggerisce come solo le varietà a basso e medio fabbisogno in freddo possano adattarsi a tale ambiente climatico, consigliando i frutticoltori di scartare nella scelta quei genotipi che presentano un elevato fabbisogno in freddo.

Nell'anno di prova, è in dicembre che le temperature minime, mantenendosi costantemente in un range tra i 6-8°C, hanno permesso un soddisfacente accumulo di freddo (già 600 CU alla fine del mese), mentre nel mese di gennaio tale accumulo è risultato più lento (solo 400 CU in tutto il mese), ma sempre tale da permettere il raggiungimento delle 1000 CU i primi giorni di febbraio.

3 Risultati di campo

3.1 Caratterizzazione del genotipo

3.1.1 Portamento Aperto: San Castrese

L'albero presenta uno medio sviluppo in altezza ($4,2 \text{ m} \pm 0,15\text{m}$), ed elevato in larghezza ($4,1 \text{ m} \pm 0,2 \text{ m}$), derivandone quindi un indice volumetrico di (1,0); la circonferenza del tronco raggiunge i $68 \text{ cm} \pm 6 \text{ cm}$, i rami misti si presentano molto vigorosi, presentando un tipico andamento aperto; l'angolo di inserzione e quello di estensione sono rispettivamente ampio e medio e misurano $60^\circ \pm 5^\circ$ e $84^\circ \pm 5^\circ$.

I rilievi effettuati per questo genotipo non si discostano dai valori che contraddistinguono il **portamento aperto di taglia normale** (Tab.9).



Figura 24: Portamento aperto San Castrese.

3.1.2 Portamento Assurgente: Antonio Errani

Lo sviluppo in altezza è leggermente superiore alla media ($4,05 \text{ m} \pm 0,1 \text{ m}$), con un diametro della chioma molto elevato ($3,1 \text{ m} \pm 0,1 \text{ m}$), con un indice volumetrico molto differente da quello indicato nella descrizione di questo portamento (1,3). La circonferenza della sezione del tronco è ridotta ($45 \text{ cm}^2 \pm 4 \text{ cm}^2$), così come l'angolo di inserzione ($25^\circ \pm 9^\circ$), mentre quello di estensione è nella norma ($32^\circ \pm 7^\circ$).

La chioma si presenta per lo più rada, malgrado l'elevato rapporto rami e nodi per branca. L'apparente aspetto rado della chioma, contrastante con quanto scaturito dalle misurazioni, potrebbe essere attribuito alla maggiore lunghezza degli internodi.

Secondo questi dati, possiamo affermare che questa cultivar presenta caratteristiche morfologiche, equivalenti al **portamento assurgente di taglia normale**.



Figura 25: Portamento assurgente Antonio Errani.

3.1.3 Portamento Regolare: Goldrich

L'albero presenta uno sviluppo medio elevato (Tab.9): l'altezza raggiunge i 4,10 m, mentre il diametro è di poco inferiore alla media standard ($3,80 \pm 0,20$ m) con un corrispondente indice volumetrico (1,1). I rami misti presentano un andamento abbastanza aperto, così come l'angolo di inserzione ($45^\circ \pm 7^\circ$) e di estensione ($30^\circ \pm 12^\circ$).

Le caratteristiche di questo fenotipo sono intermedie tra il tipo assurgente e quello aperto, equivalenti al **portamento regolare di taglia normale**.



Figura 26: Portamento regolare Goldrich.

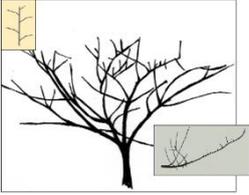
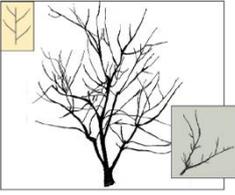
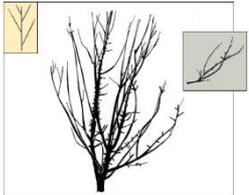
	San Castrese	Antonio Errani	Goldrich
Portamento	Aperto 	Regolare 	Assurgente 
Taglia	Normale	Normale	Normale
Circonferenza tronco	68 ± 6 cm	45 ± 4 cm	75 ± 8 cm
Altezza	420 ± 15 cm	405 ± 10cm	410 ± 10cm
Larghezza	410 ± 20 cm	310 ± 10 cm	380 ± 20 cm
Indice volumetrico	1.0	1.3	1.1
Angolo di estensione	84° ± 5 °	32° ± 7°	30 °± 12°
Angolo di inserzione	60° ± 5°	25° ± 9°	45°± 7°

Tabella 9: Caratteristiche dei tre portamenti.

A)



B)



C)



Figura 27: Differenti tipologie di habitus: A) San Castrese: Portamento Aperto; B) Antonio Errani: Portamento Assurgente; C) Goldrich: Portamento Regolare.

3.2 Indici di fertilità, cascola e fioritura

I dati in tabella mostrano i rispettivi valori dell'Indice di Fertilità e la % di Cascola e di Fioritura per ciascun genotipo in relazione alla diversa posizione analizzata.

Cultivar	Indice di fertilità				
	Media	A.I	A.E	B.I	B.E
San Castrese	2,25	2,3	2,8	1,8	2,1
Antonio Errani	1,67	1,8	1,5	1,9	1,5
Goldrich	1,53	1,4	1,3	1,2	2,2
	%CASCOLA				
San Castrese	24,1	8,4	36,4	33,5	17,6
Antonio Errani	20,5	23,1	20,2	28,5	12,0
Goldrich	35,1	23,2	25,4	34,1	87,9
	%FIORITURA				
San Castrese	25,0	10,3	41,1	17,8	30,9
Antonio Errani	12,2	0,0	6,5	4,1	38,2
Goldrich	18,5	6,1	3,0	25,7	39,2

Tabella 10: Valori dell'Indice di Fertilità, % cascola, % fioritura osservati nei diversi genotipi nel biennio di prove.

3.2.1 Indice di fertilità

L'indice di fertilità non è un parametro in grado di fornire una previsione certa e reale della produttività del genotipo in quanto, come verrà discusso in seguito, alcune delle cultivar con i valori più alti hanno presentato livelli scarsi di fioritura. Il portamento che mostra maggiori valori è quello aperto, dove la San Castrese contraddistinta anche per l'elevata vigoria, è caratterizzata da un I.F. elevato (2,25), superiore alle altre varietà caratterizzate da I.F di circa 1,5.

Considerando i vari settori analizzati, Antonio Errani, che mostra un portamento assurgente, registra valori molti simili tra le varie posizioni; la Goldrich,

contraddistinta da un portamento regolare, evidenzia un elevato indice nel settore basso esterno; la San Castrese, caratterizzata da un habitus aperto, presenta un I.F. più elevato in particolare nella posizione alta-esterna. Questo diverso comportamento in relazione all'indice di fertilità delle gemme, conferma l'influenza dell'habitus sulla differenziazione a fiore.

Mettendo in relazione i vari settori di tutte le cultivar invece, gli indici di fertilità maggiori si annotano nelle posizioni esterne rispetto alle interne (Tab.10), evidenziando quindi come questo settore favorisca una maggiore differenziazione a fiore, probabilmente dovuto ad una migliore intercettazione luminosa (Pamer, 1986).

3.2.2 Cascola

I fattori in grado di condizionare questo processo possono essere ricondotti a tre principali aspetti:

- ✓ *Di natura fisiologica:* dove sono le caratteristiche del genotipo possono determinare anche elevate percentuali di cascola (Legave *et al.*, 1982). Ad esempio, come nel caso della San Castrese, quando l'indice di fertilità è elevato si può instaurare una competizione tra le gemme a fiore e le gemme vegetative, svolgendo una sorta di selezione naturale per ristabilire un'adeguata carica di gemme. Le gemme in sovrannumero, possono andare incontro a processi degenerativi, che determinano anomalie, necrosi e successiva cascola (Viti e Monteleone, 1993).
- ✓ *Di natura genetica:* Osservazioni anatomiche effettuate su alcune cultivar dimostrano che le anomalie fiorali e le conseguenti elevate percentuali di cascola, sono geneticamente controllate e che questo carattere è di tipo quantitativo (Legave *et al.*, 2006).
- ✓ *Di natura ambientale:* Infine, l'ultimo fattore determinante il processo di cascola, è legato all'influenza esercitata dai fattori pedoclimatici. Le anomalie fiorali potrebbero essere la conseguenza di forti competizioni per i nutrienti (Vasudevan *et al.*, 1998), del basso soddisfacimento del

fabbisogno in freddo (Egea *et al.*, 1998), e delle gelate tardive riducendo così il numero di gemme che daranno vita successivamente a fiori vitali.

I rilievi effettuati nella stagione 2013-2014 evidenziano, che la stagione particolarmente favorevole dal punto di vista meteorologico, non ha determinato importanti percentuali di cascola (Tab. 10, Fig.28 A, B, C), con una media del 27%, da attribuire non al mancato soddisfacimento del fabbisogno in freddo, ma piuttosto ad aspetti associati alla natura fisiologica e genetica delle singole cultivar.

L'habitus aperto è quello che evidenzia maggiormente la natura fisiologica, del processo di cascola. Analizzando i dati registrati e mettendo in relazione I.F. con la percentuale di cascola, si nota infatti, che in corrispondenza dell'indice di fertilità elevato nella posizione A.E. (I.F. 2,8) si registra anche la più alta percentuale di cascola (36,4%), attuando una sorta di regolazione fisiologica.

Andando ad analizzare i diversi settori della chioma, invece è possibile osservare una differenza dalla media varietale piuttosto omogenea: i settori apicali, sono quelli dove si registrano le percentuali di cascola maggiori, rispetto ai basali.

1.1.2 Fioritura

Considerando che la percentuale di fioritura, viene definita buona quando raggiunge il 15%, le cultivar si possono suddividere secondo 3 differenti gradi:

- ✓ Fioritura Buona: > 20% portamento Aperto.
- ✓ Fioritura Media: 15-20% portamento Regolare
- ✓ Fioritura Scarsa: <15% portamento Assurgente

In generale osservando l'andamento della fioritura nelle diverse cultivar, si osserva che i settori interni rispetto ai settori esterni, presentano sempre percentuali inferiori, così come le posizioni basali rispetto alle apicali.

Questo aspetto si evidenzia maggiormente nel portamento aperto, dove si suppone che il maggiore angolo di inserzione ($59^{\circ} \pm 5^{\circ}$) permetta alla pianta di

sfruttare in maniera ottimale l'intercettazione luminosa, permettendo così di raggiungere maggiori percentuali di fioritura rispetto ai diversi portamenti presi in considerazione. Infatti le cultivar con portamento assurgente e regolare, mostrano valori conclusivi percentuali di fioritura inferiori (Fig.28; Tab 10).

Il portamento aperto caratterizzato da un angolo di inserzione molto più ampio, presenta una percentuale di fioritura elevata e molto omogenea, risultando massima nel settore Alto Esterno; al contrario nei portamenti più chiusi e tendenti all'assurgente, si nota una buona percentuale di fioritura esclusivamente nei settori basali.

Si suppone che nei portamenti con angoli di inserzione minore, la maggiore intercettazione luminosa avvenga nei settori basali rispetto a quelli apicali, permettendo di raggiungere in quelle porzioni, una maggiore percentuale di fioritura.

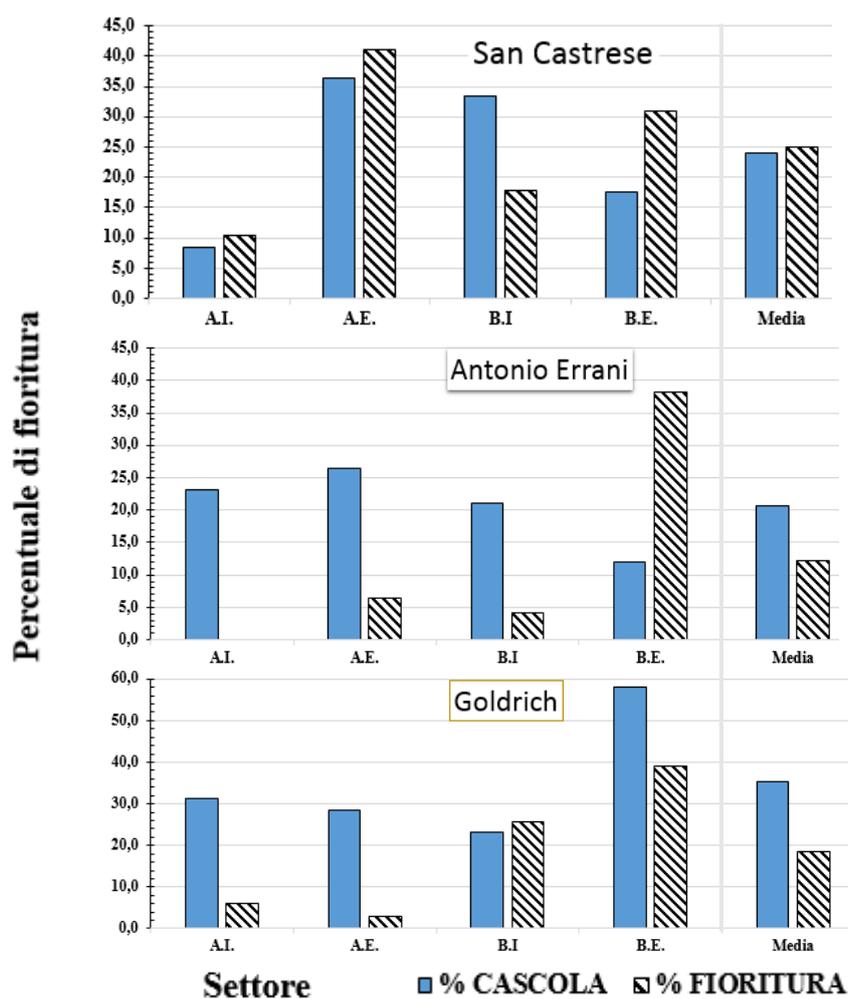


Figura 28: % di fioritura e di cascola a confronto.

1.1.3 Epoca di fioritura

L'epoca di fioritura è un buon indice delle richieste di fabbisogno in freddo di una cultivar, in relazione alle condizioni climatiche stagionali e ambientali. La data di fioritura può variare, ma dovrebbero risultare costanti le quantità di freddo e di caldo richieste (Guerriero e Monteleone, 1988).

La figura 29 mette in relazione l'epoca di fioritura dell'anno di osservazione con l'andamento medio degli ultimi 10 anni. Come possiamo osservare in linea di massima l'epoca di inizio fioritura è avvenuta con un anticipo medio di quattro giorni in tutte le varietà, mentre il termine rimane pressoché costante e simile alla media riscontrato nell'ultimo decennio. Un dato molto importante si riscontra nelle varietà a fioritura medio tardiva, con portamento assurgente e regolare, che hanno evidenziato un periodo di fioritura più lungo di cinque giorni rispetto alla media del decennio, dovuto sia ad un precoce inizio, che una fine fioritura più tardiva. Il portamento aperto, invece mostra solo un anticipo dell'epoca di inizio fioritura di quattro giorni.

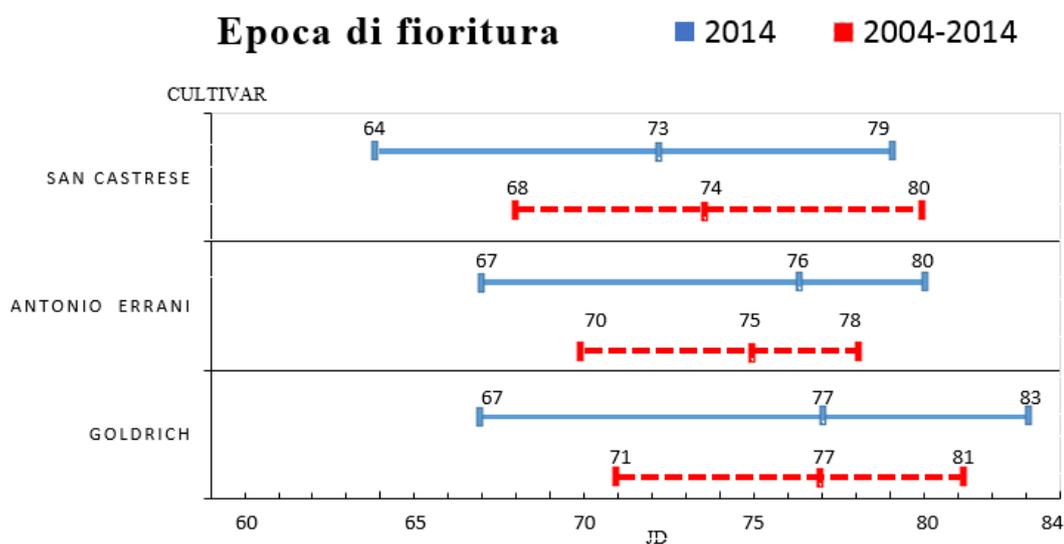


Figura 29: Epoca di fioritura dei diversi genotipi (60JD = 1° marzo).

2 *Risultati di laboratorio*

2.1 *Determinazione del fabbisogno in freddo*

Nell'autunno-inverno 2014 è stato determinato attraverso la tecnica della forzatura il fabbisogno in freddo per ciascun genotipo descrivendo il superamento della fase di dormienza. Nei grafici seguenti viene mostrata l'evoluzione della dormienza attraverso la valutazione dell'andamento del peso fresco della gemma a fiore e dello stadio fenologico.

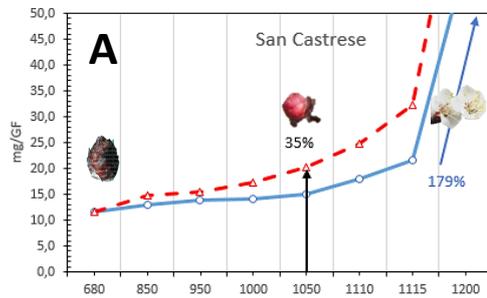
I grafici riportano per ogni singolo genotipo, e per ogni settore analizzato rispettivamente:

- Andamento del peso fresco della gemma espresso in mg/GF prima e dopo la forzatura
- Stadio fenologico corrispondente ai diversi prelievi.
- Livello di Chilling Units accumulate dalla gemma in corrispondenza di ciascun prelievo.

La linea intera evidenzia l'andamento del peso fresco attraverso le osservazioni di campo. La linea tratteggiata evidenzia l'andamento del peso fresco dopo i 7 giorni di forzatura in cella climatica. La freccia scura indica il punto in corrispondenza del quale si verifica un aumento nel peso fresco della gemma \geq al 30% (fine dell'endo-dormienza), mentre la freccia chiara indica il superamento dell'ecodormienza.

Il portamento caratteristico delle cultivar in esame e l'andamento climatico hanno condizionato sia una diversa evoluzione della dormienza, sia l'accumulo in Chilling Units da parte della pianta.

2.1.1 Portamento Aperto: San Castrese



Nella San Castrese l'analisi dell'evoluzione del peso fresco senza forzatura ha permesso di rilevare un primo significativo incremento di peso nella seconda decade di febbraio, al superamento delle 1100 CU (Tab.11).

In condizioni di forzatura, il primo segno di termine dell'endodormienza, rappresentato dall'incremento di peso fresco $\geq 30\%$ rispetto al peso registrato prima della forzatura, si osserva già a partire dai primi giorni di febbraio dove per i settori apicali, sono sufficienti meno di 1000 CU. In entrambi i settori basali, in particolar modo quello esterno, l'uscita dalla fase di dormienza è notevolmente ritardata, richiedendo ulteriori 100 CU e andando a coincidere che l'incremento di peso registrato in campo. Al termine della ecodormienza la gemma passando a stadi evolutivi superiori aumenta notevolmente il proprio peso, come indicato dalla freccia. Il metodo della forzatura conferma la capacità di stabilire in anticipo la fine dell'endodormienza in un genotipo a facile fioritura come la San Castrese,

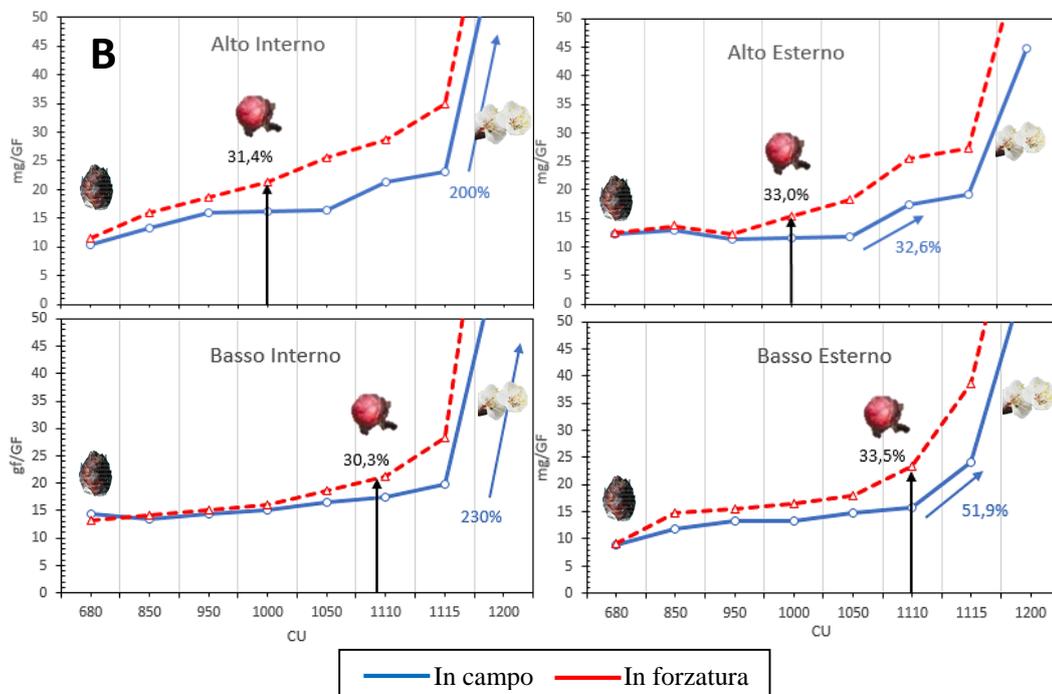
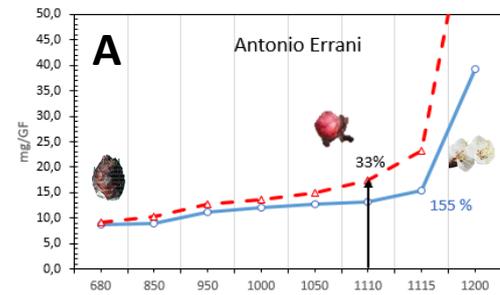


Figura 30: Andamento del peso fresco in campo e dopo forzatura. A) Pianta; B) Settori

2.1.2 Portamento Assurgente: Antonio Errani



Questa tipologia di portamento, rappresentato dalla cultivar Antonio Errani, mostra rispetto alla San Castrese, una risposta più tardiva. Nonostante il fabbisogno in freddo di questa cultivar sia medio basso, attraverso la forzatura non si

sono registrate differenze significative tra l'evoluzione della gemme in campo ed in laboratorio. Anche analizzando i vari settori l'andamento è molto uniforme, permettendo l'uscita dalla fase di dormienza, con un accumulo di CU tra 1110 e 1130.

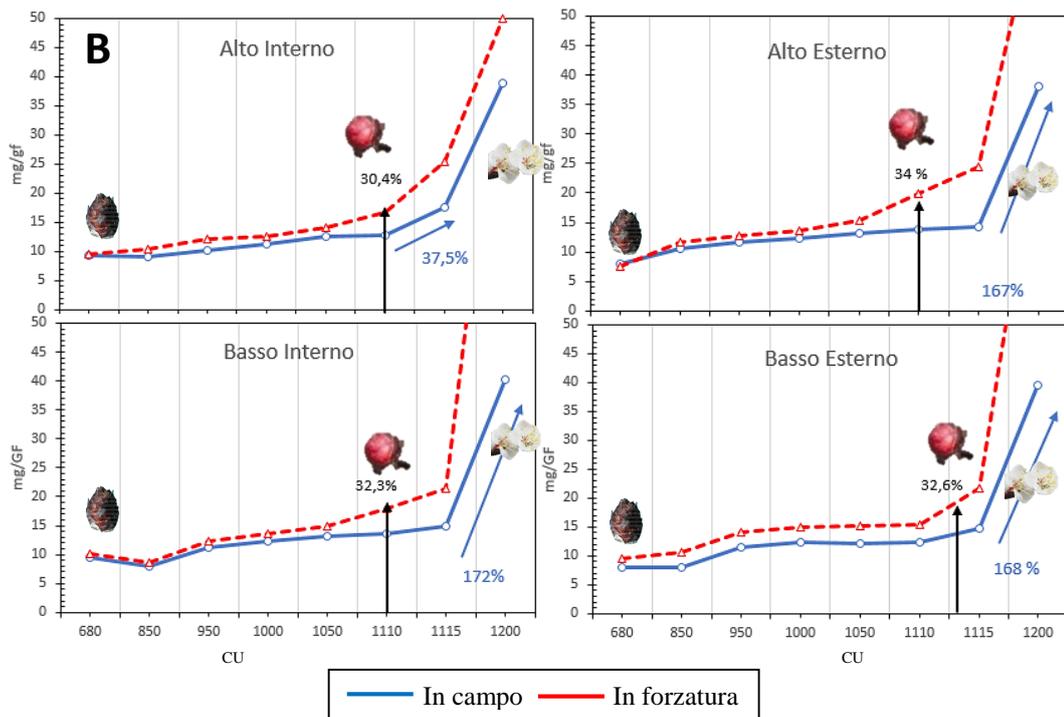
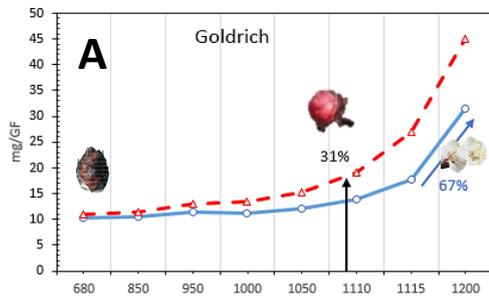


Figura 31: Andamento del peso fresco in campo e dopo forzatura. A) Pianta; B) Settori

2.1.3 Portamento Regolare: Goldrich



La Goldrich mostra un comportamento simile a quello osservato nell'Antonio Errani, ma in questo caso si deve sottolineare che date le elevate esigenze in freddo che richiede questa cultivar, l'andamento climatico con temperature

piuttosto miti, specie nel mese di gennaio, può aver condizionato il superamento della fase di dormienza. L'incremento del peso fresco superiore al 30% si è registrato in forzatura, con un accumulo maggiore di 1050 CU registrato intorno al 10 febbraio, precedendo di poco l'incremento di peso in condizioni naturali.

Analizzando i vari settori, anche in questo caso i dati registrati sono molto omogenei, non rivelando particolari variazioni.

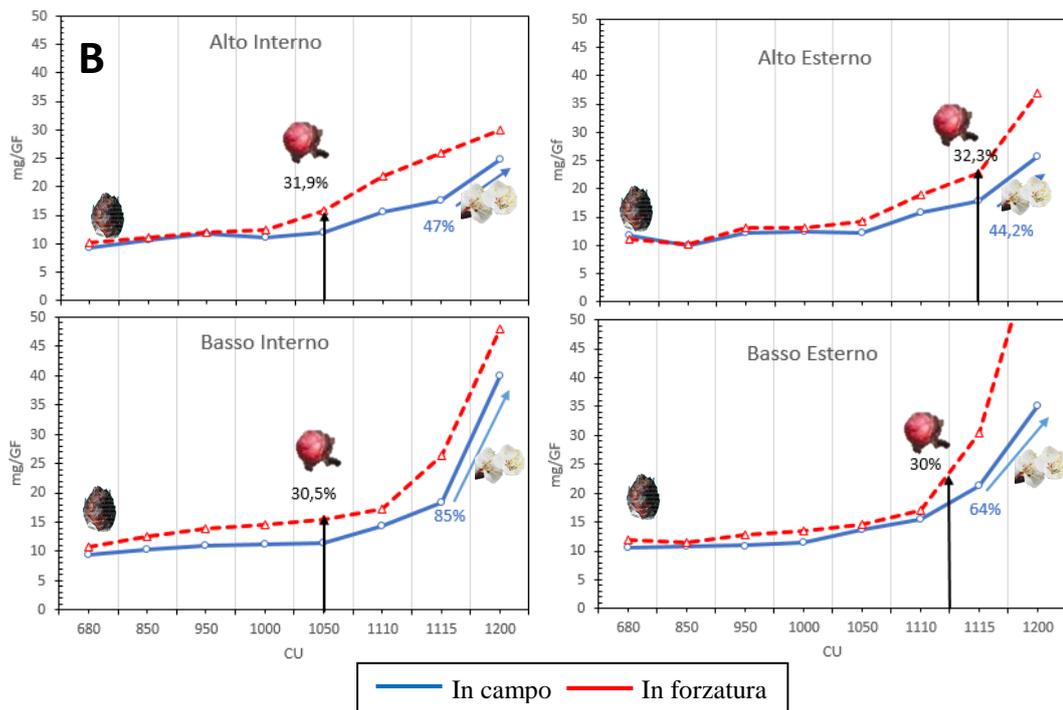


Figura 32: Andamento del peso fresco in campo e dopo forzatura. A) Pianta; B) Settori.

La tabella 11 riporta in maniera sintetica l'insieme dei dati relativi alla fase di dormienza dei tre portamenti. Vengono riportati i Giorni Giuliani (JD) e la loro differenza (Δ JD), il livello di CU e la differenza delle ore dei caldo (Δ GDH), in corrispondenza dei quali le fasi di endodormienza e di ecoormienza sono superate.

CULTIVAR		Endodormienza		Ecodormienza		Δ JD	Δ GDH
		CU	JD	CU	JD		
San Castrese	<i>Alto Interno</i>	995	61	1120	80	19	3338
	<i>Alto Esterno</i>	995	61	1110	71	10	1353
	<i>Basso Interno</i>	1080	68	1110	71	3	421
	<i>Basso Esterno</i>	1110	71	1125	72	1	218
	Pianta	1050	65	1125	78	13	2448
Antonio Errani	<i>Alto Interno</i>	1110	71	1110	71	0	0
	<i>Alto Esterno</i>	1100	69	1130	73	4	704
	<i>Basso Interno</i>	1110	71	1130	73	2	284
	<i>Basso Esterno</i>	1130	73	1130	73	0	0
	Pianta	1110	71	1130	73	2	284
Goldrich	<i>Alto Interno</i>	1050	65	1130	73	8	1196
	<i>Alto Esterno</i>	1115	78	1115	78	0	0
	<i>Basso Interno</i>	1050	65	1130	73	8	1196
	<i>Basso Esterno</i>	1130	73	1130	73	0	0
	Pianta	1085	70	1125	74	4	714

Tabella 11: Schema sintetico dei risultati delle forzature riportando i giorni giuliani (JD), le Chilling Units corrispondenti al superamento delle fasi di endodormienza e ecodormienza, e la differenza in JD tra eco e endo-dormienza (Δ J); differenza della sommatoria delle ore di caldo tra endodormienza ed ecodormienza (Δ GDH).

Analizzando i dati riportati è possibile elencare una serie di conclusioni:

- ✓ La San Castrese si è dimostrata in maniera evidente, il genotipo più precoce e caratterizzato da un fabbisogno in freddo molto basso risultato in alcuni settori inferiore alle 1000 CU. La fase di endodormienza è stata superata nei primi giorni di febbraio, con un anticipo di ben 19 giorni nei quali per superare l'ecodormienza la pianta ha dovuto accumulare ben 1120 CU. Analizzando i vari settori, risulta evidente come nei settori apicali l'uscita dalla fase di dormienza richiede un accumulo di CU inferiore a 1000, non sufficiente per i settori basali i quali con un ritardo di 10 giorni richiedono in media per il superamento della dormienza 1100 CU. I settori interni ed esterni invece, non sembrano giocare un ruolo influente per l'uscita da questa fase.

- ✓ Antonio Errani ha mostrato invece un fabbisogno in freddo sempre superiore alle 1100 CU, accumulate alla fine della prima decade di febbraio. Dalla figura 31, e dai dati riportati in tabella, si può notare come l'andamento dell'incremento di peso delle gemme in campo, e in forzatura sia molto costante con un ritardo di appena 2 giorni. Analizzando i vari settori invece non si registrano particolari differenze.

- ✓ La Goldrich mostra un andamento simile a quello precedentemente descritto. Anche per questa cultivar, il superamento della fase di dormienza, necessita più di 1110 CU. L'andamento registrato in campo, e in forzatura è molto simile, con un ΔJD di solo 4 giorni. Analizzando i vari settori, le differenze che si registrano sono minime, sia tra i settori apicali, che tra i settori basali.

Nella tabella, risultata importante l'osservazione dei Giorni Giuliani e delle GDH, che intercorrono tra il termine dell'endodormienza e dell'ecodormienza:

- ΔJD : Evidenzia nella San Castrese varietà a basso fabbisogno in freddo, una elevata differenza tra la fine dell'endormienza e dell'ecodormienza, rispetto alle varietà a medio-alto fabbisogno.
- ΔGDH : Evidenzia una elevata necessità di caldo nelle varietà a basso fabbisogno in freddo (ΔGDH : 2448) rispetto alle varietà a fabbisogno in freddo medio-alto (ΔGDH :73-74); in accordo con quanto osservato in precedenti lavori sull'albicocco (Ruiz *et al.*, 2007; Viti *et al.*, 2009).

Attraverso questa analisi, risulta quindi necessaria una compensazione tra fabbisogno in freddo e fabbisogno in caldo. Le varietà caratterizzate da un basso fabbisogno in freddo necessitano di un elevato fabbisogno in caldo; viceversa i genotipo che presentano elevato fabbisogno in freddo, richiedono un basso fabbisogno in caldo.

2.2 Sviluppo vasi xilematici delle gemme a fiore

L'osservazione dell'evoluzione dei vasi xilematici permette di approfondire le conoscenze sulla situazione fisiologica delle gemme a fiore durante l'evoluzione della dormienza. Durante l'inverno anche se esternamente non è visibile nessun cambiamento morfologico della gemma, la differenziazione dei vasi xilematici procede regolarmente.

In albicocco la differenziazione xilematica nelle gemme a fiore, con temperature sotto lo zero è rallentata; mentre, temperature più calde durante la stagione autunno-vernina sembrano favorire la differenziazione xilematica.

Questo studio conferma che dopo una soglia di freddo accumulato (1000 CU), l'aggiunta di temperature più calde stimola la differenziazione xilematica all'interno delle gemme a fiore, procedendo più velocemente nelle cultivar a basso fabbisogno in freddo (San Castrese), confermando come le temperature giochino un ruolo di regolazione nel controllo della differenziazione vascolare. Anche nelle varietà a medio e alto fabbisogno in freddo si osserva un inizio di differenziazione xilematica già alle 1000 CU, anche se è evidente un'evoluzione all'interno del ramo rallentata. Questo conferma quanto già ipotizzato in precedenti lavori, sul disincronismo che si osserva tra l'evoluzione dei vasi xilematici e l'uscita di endodormienza nelle varietà più esigenti in freddo (Bartolini *et al.*, 2006).

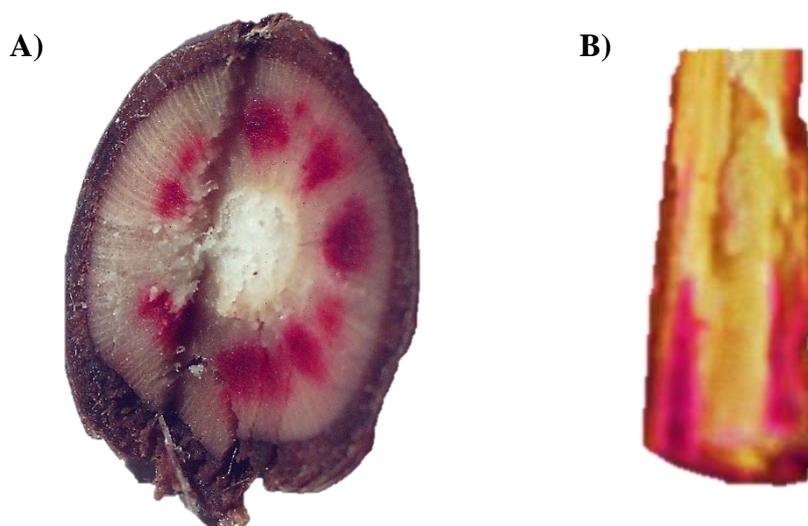


Figura 33: Sezione longitudinale (A) e trasversale (B) di un ramo trattato con safranina.

La figura 34, riporta lo sviluppo dei vasi xilematici al raggiungimento delle 1000 CU. Nella San Castrese, dove per il soddisfacimento del fabbisogno in freddo sono sufficienti le 1000 CU lo sviluppo dei vasi xilematici è in uno stadio avanzato rispetto alle altre cultivar, dove il fabbisogno in freddo ancora non è stato soddisfatto.

In relazione alla posizione da cui sono stati prelevati i rami, lo sviluppo dei vasi xilematici viene raggiunto anticipatamente nelle porzioni apicali, dove di fatto, per il soddisfacimento del fabbisogno in freddo sono necessarie un minor numero di CU (950 CU), rispetto ai settori basali (1100 CU).

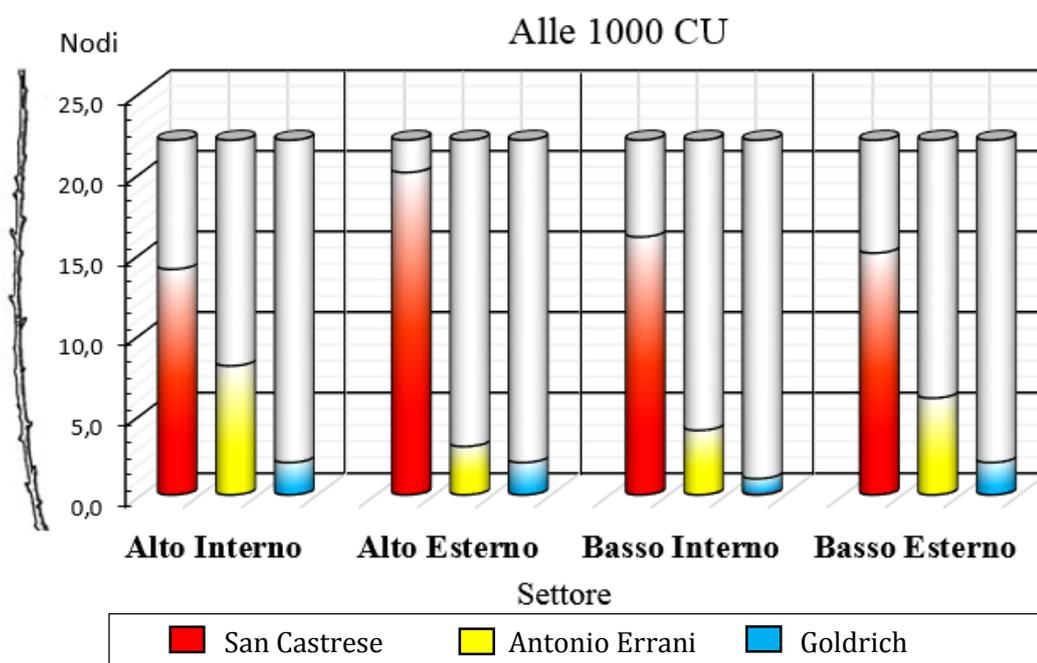


Figura 34: Rappresentazione grafica alle 1000 cu, dello sviluppo xilematico, in safranina, utilizzando rami con una lunghezza omogenea, con 22+2 internodi ciascuno.

CONCLUSIONI

Uno dei maggiori problemi di adattabilità ambientale nell'albicocco è rappresentato dalla necessità di superare in maniera ottimale, nel corso della stagione invernale, della fase di dormienza attraverso il soddisfacimento del fabbisogno in freddo. L'esistenza di molteplici cultivar, contraddistinte da varie tipologie di habitus, può permettere di risolvere alcune di queste problematiche.

Il protocollo tradizionale di lavoro per lo studio dell'uscita di dormienza prevede il campionamento casuale dall'intera chioma di un ristretto numero di gemme a fiore. Oltre ad essere un procedimento distruttivo, fornisce del materiale vegetale non uniforme sia dal punto di vista morfologico che fisiologico che può alterare i risultati. Al fine di rendere più uniforme il campionamento delle gemme, appare necessario quindi individuare i settori della chioma della pianta più indicativi.

A tale scopo nelle condizioni pedoclimatiche del litorale della Maremma Toscana sono state analizzate: - le diverse tipologie di habitus presenti in *Prunus Armeniaca* L. caratterizzando il portamento di alcune cultivar "campione"; - le migliori posizioni sulla chioma da cui prelevare le gemme a fiore per lo studio del processo della differenziazione a fiore, con particolare riferimento all'influenza sul soddisfacimento del fabbisogno in freddo.

In base all'analisi complessiva dei risultati è possibile formulare alcune considerazioni:

✓ Il fattore climatico condiziona in maniera diretta i processi legati al soddisfacimento del fabbisogno in freddo ed al superamento della fase di dormienza delle diverse cultivar. Il decorso delle temperature invernali registrate nel 2014, ha influenzato in maniera diretta in tutti i portamenti, la fase di dormienza. Le temperature invernali registrate nel 2013/14, con un livello medio delle temperature minime pari a circa 8°-9°C, ha permesso di raggiungere nel periodo considerato la soglia delle 1000 CU (valore medio significativo per il soddisfacimento del FF) entro la prima decade di febbraio, in anticipo rispetto alla media degli ultimi 10 anni. Particolarmente importante è risultato il mese

dicembre, dove le temperature costanti tra 7°-8°C hanno permesso un precoce accumulo di freddo indispensabile per la successiva uscita di dormienza.

Questo tipo di decorso nell'accumulo in Chilling Units può rappresentare un limite importante per i genotipi caratterizzati da un alto FF ed un angolo di inserzione inferiore a 60°, come visto per Antonio Errani e Goldrich, che non riuscendo a superare in maniera ottimale la fase di dormienza risultano suscettibili ad una serie di problematiche legate al metabolismo della gemma. Ciò conferma, come un andamento climatico di questo tipo, anche in proiezione futura, può rappresentare un limite importante nella regolare evoluzione dei processi fisiologici legati alla dormienza, in maniera particolare per quei genotipi introdotti da areali continentali, caratterizzati da elevate esigenze termiche e portamenti più chiusi.

✓ La caratterizzazione morfo-biometrica del genotipo ha evidenziato come l'angolo di inserzione e l'indice volumetrico risultino parametri fondamentali nella classificazione dell'habitus della varie cultivar. Sono state individuate tre tipologie di habitus che caratterizzano i genotipi analizzati:

- La San Castrese presenta un portamento aperto di taglia normale, indicato da un angolo di inserzione ampio (60°) e un I.V. basso (1.0).
- Antonio Errani, con un minor angolo di inserzione (25°) e un I.V. maggiore (1.3), esprime i caratteri riscontrati nel portamento assurgente di taglia normale.
- La Goldrich, mostra un portamento regolare di taglia normale, con un angolo di inserzione di 45° e un I.V. di 1.1.

✓ L'indice di fertilità maggiore è stato rilevato nel portamento aperto, mentre mettendo in relazione i settori delle tre cultivar risultano favorite nella differenziazione, le posizioni apicali ed i settori esterni. In corrispondenza di maggiori I.F. si registrano anche la più elevate percentuali di cascola, svolgendo una sorta di selezione naturale per ristabilire un'adeguata carica di gemme.

✓ Le differenze riscontrate tra i differenti portamenti e tra i diversi settori in relazione al processo di differenziazione a fiore, permettono di evidenziare l'importanza dell'intercettazione luminosa della radiazione solare. Infatti sono stati osservati indici di fertilità e percentuali di fioritura elevati nelle varietà caratterizzate da angoli di inserzione maggiori, e in particolar modo nei settori esterni della chioma, dove di fatto l'intercettazione luminosa è maggiore.

✓ Prendendo in considerazione i metodi per determinare l'uscita di dormienza, si è osservato che, a prescindere dall'habitus, l'utilizzo della forzatura, sia risultata molto utile in particolar modo nelle cultivar a basso e medio fabbisogno in freddo. Infatti è in queste varietà che il forcing test permette di anticipare la risposta delle gemme rispetto alla condizione di campo; contrariamente a quanto avviene nelle cultivar con un elevato fabbisogno in freddo per le quali si può riscontrare, con una maggiore probabilità il verificarsi in campo di condizioni climatiche più idonee all'uscita di dormienza. L'andamento climatico del 2013/2014 ha comportato perciò, nelle cultivar con un fabbisogno in freddo maggiore, una contemporaneità tra la fine dell'endodormienza e l'uscita dall'ecodormienza, non rispondendo alle sollecitazioni del "forcing Test".

✓ L'osservazione dell'evoluzione della differenziazione dei vasi xilematici durante la dormienza sembra fornire importanti indicazioni sullo stato endogeno delle gemme. Nel momento in cui si registra un aumento del peso fresco, attraverso il "forcing test", si osserva una corrispondente evoluzione dei vasi xilematici caratterizzando una determinata situazione morfologica della gemma a fiore.

L'analisi conclusiva dei risultati sembra quindi confermare un ruolo importante sia del genotipo, che del portamento sul comportamento produttivo dell'albicocco, in quanto condiziona in maniera diretta i processi legati al soddisfacimento del fabbisogno in freddo e al superamento della fase di dormienza.

BIBLIOGRAFIA

Ashworth E.N., Rowse D.J., (1982) Vascular development in dormant Prunus flowers buds and its relationship to supercooling. Hort. Sci.17 (5):790-791.

Baggiolini M., (1952) Stades repères de l'abricotier. Revue Romande Agriculture Viticulture et Arboriculture 8:28-29.

Bartolini S., Giorgelli F., (1994) Observation on development of vascular connection in two apricot cultivar. Adv. Hort. Sci. 8:97-100.

Bartolini S., Viti R., Guerriero R., (2006) Xylem differentiation and microsporogenesis during dormancy of apricot flower bud. European Journal of Horticultural Science 71:84-90.

Bartolini S., Viti R., Zanol G. (2004) The involvement of glutathione in flower bud dormancy overcoming in apricot (*Prunus armeniaca* L.). Recent Research Developments in Agronomy and Horticulture, Research Sign post Press, Kerala, India, 1:11-28.

Bassi D., Guerriero R., Gurrieri F., RizzoM., Viti R., Monteleone P. (2003) Albicocco-Apricot in "Le tipologie di albero nelle drupacee (growth habitus in stone-fruit trees,Ed. Bassi, CNR Roma, 26-49

Bassi D., Audergon J.M. (2002) Il miglioramento genetico dell'albicocco: situazione attuale e prospettive. Fruttic. N.3: 10-21.

Bassi D., Bartolini S., Viti R. (2006) Recent advances on environmental and physiological challenges in apricot growing. Acta Horticulturae 717: 23-31.

- Bassi D., Dima A., Rizzo M. (1994)** Potenzialità agronomica dell'habitus colonnare (tipo 'Pillar') nel pesco. Atti II Giornate Scientifiche S.O.I., S. Benedetto del Tronto (I), Giugno: 159-160.
- Bassi D., Rizzo M. (2000)** Peach breeding for growth habit. Acta Hort. 538:411-414.
- Bidabé B., (1965)** L'action de la temperature sur l'evolution des bourgeons de pommier et comparaison de methodes de controle de l'epoque de floraison. Ann. Physiol. Veg. 9(1): 65-86.
- Bonhomme M., Rageau R., Gendraud M. (2000).** Influence of temperature on the dynamics of ATP, ADP and non-adenylic triphosphate nucleotides in vegetative and floral peach bud during dormancy, Tree Physiol. 20: 615-621.
- Bonhomme M., Rageau R., Lacoïnte A., Gendraud M., (2005)** Influences of cold deprivation durin dormancy of carbohydrate contents of vegetative and floral primorida and nearby structure of peach buds (Prunus Persica L. Batch). Scientia Horticulturae 105: 223-240.
- Bonhomme M., Rageau R., Richard J.P., Erez A., Gendraud M., (1999)** Influence of three contrasted climatic conditions on endodormant vegetative and floral peach buds: analyses of their intrinsic growth capacity and their potential sing strenght compared with adjacent tissues. Scientia Horticulturae 80:157-171.
- Bridget M.L., Joseph H.C., Duncan A.D., Viveros M., Polito V.S. (2001)** Almond flower development: floral initiation and organogenesis. Journal of the American Society for Horticultural Science 126: 689-696.
- Champagnant P. (1989)** Rest and activity in vegetative buds of trees. In Forest Tree Physiology. Int. Symp. Université de Nancy. Annu. Sci. For. 46 : 9-26.

- Chaparro J.X., Werner D.J., O' Malley D., and Sederoff R.R. 1994.** Targeted mapping and linkage analysis of morphological, isozyme, and RAPD markers in peach. *Theor. Appl. Genet.* 87:805- 815.
- Crabbè J., (1987)** Aspect particuliers de la morphogenese caulinaire des vegetaux et introduction a leur etude quantitative. RISIA Bruxelles.
- Crabbè J., Barnola P. (1996)** A new conceptual approach to bud dormancy in woody plants. In: *Plant dormancy: physiology, biochemistry and molecular biology.* Lang, G.A. (ed.). CAB International, New York: 83-113.
- Egea J., Burgos L. (1998)** Fruttification problems in continental apricot cultivars growing under mediterranean climate. Ovule development at anthesis in two climatic areas. *J.Hort. Sci. Biot.* 73: 107 -110.
- Erez A. (2000)** Bud Dormancy: phenomenon, problems and solution in the tropics and subtropics. In: Erez, A. (ed) *Temperate fruit crops in warm climates.* Kluwe Academic Publishers, The Netherlands:17-48.
- Erez A. (2000)** Bud dormancy: a suggestion for the control mechanism and its evolution. In: *Dormancy in plants: from whole plant behaviour to cellular control.* Viémont, J.D., Crabbé, J. (eds) CAB International, New York 23-33.
- Erez A., Fischer S., Gat Z.G., Couvillon G.A., (1988)** Evaluation of winter cimate for breaking bud rest using the dynamic model. *Acta Hort.* 232:76-87.
- Erez A., Lavee S., (1971)** The effect of climatic conditions on dormancy development of peach buds. *J.Amer. Sco. Hort. Sci.* 96:711-714.
- Faust M., Erez A., Rowland L.J., Wang S.Y., Norman H.A. (1997)** Bud Dormancy in perennial fruit trees: Physiological basis for dormancy induction, maintenance and release. *HortSci.* 32: 623-629.

- Faust M., Liu D., Merle M., Stutte G.W. (1991)** Bound versus free water in dormant apple buds. *Hort. Science*. 26: 887-890.
- Felker F.C., Robitaille E., Hess D. (1983)** Morphological and ultrastructural development and starch accumulation during of sour cherry flowers buds. *Am. J.Bot* 70(3): 376-386.
- Fideghelli C., Sartori A., Grassi F. (2003)** Fruit tree size and architecture. *Acta Hort.* 622: 279-293.
- Fideghelli C., Lodoli E., Turci E. (1986)** Indagini chimico-biometriche per l'individuazione di cloni di pesco e di nettarine genotipicamente semi-nani o compatti. *Annali dell'Istituto Sperimentale per la Frutticoltura* 27: 83-110.
- Fuchigami L.H., Weiser C.J., Kobayashi K., Timmis R., Gusta L.V. (1982)** Adegree growth stage (degree GS) model and cold acclimation in temperate woody plants. *HortSci.* 22: 836-845.
- Garcia E.G., Guerriero R., Monteleone P. (1999)** Apricot bud chilling and heat requirements in two different climatic areas: Murcia and the Tuscan Maremma. *Acta Hort.* 488: 289-294.
- Garcia E.G., Guerriero R., Monteleone P., (1997)** Apricot bud chilling and heat requirements in two different climatic areas: Murcia and Tuscan Maremma. *Acta Hort.* 488:289-294.
- Gendraud M. (1975)** Contribution à l'étude du métabolisme des nucléotides di- et triphosphates de tubercules de topinambour cultivés in vitro, en rapport avec leurs potentialités morphogénétiques. *Plant Sci. Lett.* 4: 53-59.

- Gradziel T. M. and Beres W. 1993.** Semidwarf growth habit in clingstone peach with desirable tree and fruit qualities. HortSci. 28 (10): 1045-1047.
- Guerriero R, Bartolini S. (1991)** Main factors influencing cropping behaviour of some apricot cultivars in coastal areas. Acta Horticulturae 293: 229-243.
- Guerriero R. (1976)** Ricerche sull'azione delle basse temperature sull'evoluzione della dormienza nell'albicocco. Riv. Ortoflorfrutt. It.60.
- Guerriero R. e Monteleone P. 1999.** Valutazione del fabbisogno termico delle gemme a fiore di alcune cultivar di albicocco di recente introduzione. Italus Hortus, 6: 53-54.
- Guerriero R. e Viti R. (1998)** Individuazione di parametri per la descrizione dell'habitus vegetativo delle cultivar di albicocco. Proceedings of the symposium "IV° convegno Biodiversità, germoplasma locale e sua valorizzazione" (Alghero, I): 585-589.
- Guerriero R., Bartolini S. (1989)** Principali fattori influenzanti il comportamento produttivo di alcune cultivar di albicocco negli ambienti litoranei. XI Int. Symposium on Apricot Cultur. Caserta.
- Guerriero R., Bartolini S., (1991)** Main factor influencing cropping behaviour of some apricot cv in coastal areas. Acta. Hor. 293:229-244.
- Guerriero R., Bartolini S., (1995)** Main factor influencing cropping behavior of some apricot cv. In coastal areas. Acta Hort. 293: 229-244.
- Guerriero R., Bartolini S., Viti R., (1986)** Confronto fra metodi diversi allo scopo di stabilire l'epoca di uscita di dormienza delle gemme a fiore della cultivar "Reale d'Imola". Riv. Ortoflorfrutt. It. 70.

- Guerriero R., Indigene S.E.P., Scalabrelli G., (1987)** Evoluzione della dormienza in tre cultivar di albicocco. Riv. Frutt. 11.
- Guerriero R., Monteleone P. (1988)** Osservazioni sulla biologia florale e di fruttificazione dell'albicocco. Rivista di frutticoltura 6 : 92-97.
- Guerriero R., Monteleone P. (1999)** Valutazione del fabbisogno termico delle gemme a fiore di alcune cultivar di albicocco di recente introduzione. Italus. Hortus, 6(3): 53:54.
- Guerriero R., Scalabrelli G. (1991)** Dormienza e fabbisogno in freddo nelle piante da frutto decidue. Riv. Frutticoltura 2: 75-84.
- Guerriero R., Viti R., Monteleone P. (2000)** Metodi per la valutazione del fabbisogno termico delle gemme a fiore di nuove varietà di albicocco. Acts Congres "Environment et Identité en Méditerranée", Corte, France :205-210.
- Guerriero R., Viti R., Monteleone P., Gentili M. (2002)** La valutazione della dormienza nell'albicocco: tre metodi a confronto. Riv. Frutticoltura e di ortofloricoltura. LXIV N. 3:73-77.
- Guerriero R., Xiloyannis C., (1975)** Rapporti tra andamento climatico, dormienza, habitus vegetativo e produttivo nell'albicocco. Incontro Frutticolo. Soc. Ort. Italiana, Frutt. Imola.
- Hedrick U. P. 1917.** The peaches of New York. J. B. Lyon Company printers (Albany, NJ, U.S. A.).
- Heide O.M., (1993)** Daylength and thermal time responses of budburst during dormancy release in some northern deciduous trees. Physiol. Plant. 88: 531-540.

Hilaire C., Giauque P. (1994) Pêcher. Les variétés et leur conduite. Infos CTIFL (F).

Hilaire C., Giauque P., Mathieu V. (1995) Pêcher: une nouvelle génération d'arbres. Infos- CTIFL 108: 22-23.

Hooper J. 1867. The Italian dwarf peach. Amer. J. Hort. 2: 287–288.

Jona R., (1992) Frutticoltura generale REDA: 43-45.

Kervella J., Pagès L. and Génard M. 1994. Genotypic differences in the length-diameter relationship of branches of one-year-old peach and nectarine trees. J. Amer. Hort. Sci. 119 (3): 616- 619.

Lang G.A. (1987) Dormancy: a new universal terminology. HortSci. 22: 817- 820.

Lang G.A., Early J.D., Arroyave N.J., Darnell R.L., Marin G.C., Stutte G.W. (1985) Dormancy: toward a reduced, universal terminology and classification for dormancy research. *HortSci.* 20:809-812.

Lang G.A., Early J.D., Darnell R.D., Martin G.C., (1987) Endo, para and ecodormancy: physiological terminology and classification for dormancy research. HortSci. 22:371-377.

Legave J.M. (1978) Essai d'interprétation de nécroses florales avant la floraison chez l'abricotier en relation avec une étude des besoins en froid des bourgeons pour la levée de dormance. Annales de l'Amélioration des Plantes 28: 593-607.

Legave J.M., Garcia G, Marco F. (1984) Interférence des conditions de température et des besoins variétaux en froid et en chaleur sur la détermination de la fin de dormance puis de la floraison des diverses variétés d'abricotier dans l'aire de culture française. Fruits 39: 399-410.

- Legave J.M., Garcia G., Marco F., (1982)** Some descriptive aspects of drops process of flower buds, or young flowers observed on apricot tree in south of France. *Acta Hort.* 121, 75–83.
- Legave J.M., Richard J.C., Viti R. (2006)** Inheritance of floral abortion in progenies in ‘Stark Early Orange’. *Acta Horticulturae* 701: 127-130.
- Legave J.M., Segura V., Fournier D., Costes E. (2006)** The effect of genotype, location and their interaction on early growth and branching in apricot trees. *Journal of Horticultural Science & Biotechnology* 81, 189-198
- Linsley-Noakes, G. C., Allan, P., And Matthee G. W. (1994)** Modification of rest completion models for improved accuracy in South African stone fruit. *J. S. Afr. Soc. Hort. Sci.* 4: 13-15.
- Marquat C., Vandamme M., Gendraud M., Petél G. (1999)** Dormancy in vegetative buds of peach: relation between carbohydrate adsorption potential and carbohydrate concentration in the bud during dormancy and its release. *Sci. Hort.* 79:151-162.
- Martinez A. (1979)** Necesidades de frio invernal de variedades de albaricoquero. *Annales INIA* 9:195-202.
- Martinez T.J., Monet R., Crossa-Raynaud., (1982)** Contribution a une meilleure connaissance de la biologie florale et de la fecondation chez la pecher. *Arboric. Fruit April:* 39-45.
- Monet R., Bastard Y., (1971)** Effects d’une temperature moderement elevee: 25°C sur les bourgeons floreaux du Pecher. *Phys. Veg.* 9 (2): 209-226.
- Monet R., Bastard Y. et Gibault B. 1988.** Etude génétique du caractère 'port pleureur' chez le pêcher. *Agronomie* 8 (2): 127-132.

- Nuzzo V., Biasi R., Dichio B., Montanaro G., Xiloyannis C., Lanzieri A. (1999)** Influence of different seasonal light availability on flower bud quality in cv. Tirinthus (*Prunus armeniaca* L). *Acta Horticulturae* 488: 477-482.
- Olmo H.P., Reid Merrifield Brooks (1977)** The Brooks & Olmo Register of Fruit & Nut Varieties.
- Palmer J.W. 1989** Canopy manipulation for optimum utilization of light. Manipulation of fruiting. Ed. C.J. Wright. Butterwoths, london:245-262.
- Pancaldi M. 1994.** Aspetti della genetica dell'habitus nel melo e nel pesco. *Riv. di Frutticoltura* 2: 75-80.
- Pedryc A., Korbulu J., SARDÌ E., (2004)** Changing of buds' sugar content in grape cultivars with different cold tolerance. *Acta Hort. (ISHS)* 640: 213-217.
- Rageau R., Bonhomme M., Richard J.P., Erez A. (1998)** The climatic determinism of vegetative bud break on peach trees with no exposure to chilling: some experimental results. *ActaHort.* 465:511-518.
- Richardson E.A., Ashcroft G.L., Seeley S.D. (1977)** A statistical method of determinating Chilling Unit And Growing Degree Hour Requirements fro decidous fruit trees. *Hort. Sci.* 12(4): 347-348.
- Richardson E.A., Seeley S.D., Walker D.R. (1974)** A model for estimating the completion of rest "Redhaven" and "Elberta" peach trees. *Hort. Sci.* 9:331-332.
- Ruiz, D., Campoy, J.A., Egea, J., (2007)** Chilling and heat requirements of apricot for flowering. *Environ. Exp. Bot.* 61, 254–263.

- Samish R.M. (1954)** Dormancy in woody plants. *Ann. Rev. Plant Physiol.* 5:183-203.
- Scaramuzzi F., Baldini E. (1988)** L'albicocco. *Frutticoltura anni 80. Manuale Reda 7.*
- Scorza R. (1984)** Characterization of four distinct peach tree growth types. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.*, 109: 455-457.
- Scorza R. (1987)** Identification and analysis of spur growth in peach [*Prunus persica* (L.) Batsch]. *J. Hort. Sci.* 62: 449–455.
- Scorza R., Bassi D. and Liverani A. 2002.** Genetic interactions of pillar (columnar), compact, and dwarf peach tree genotypes. *J.Amer.Soc.Hort. Sci.* 127(2): 254-261.
- Siller-Capeda J.H., Fuchigami L.H., Chen T.H.H., (1992)** Glutathione content in peach buds in relation to the development and release of rest. *Plant Cell Physiol.* 33: 867-872.
- Strong W.C. 1867.** The Van Buren Golden Dwarf peach. *Amer. J. Hort.* 2: 171-172.
- Szabò Z., Szalay L., Papp J., (2002)** Connection between the developmental stage and the cold hardiness of peach cultivars. *Acta Horticulturae* 592: 549-552.
- Vasudevan L., Wolf T.K., Welbaum G.G., Wisniewski M.E., (1998)** Reductions in bud carbohydrates are associated with grapevine bud necrosis. *Vitis* 37: 189-190.

- Viti R., Bartolini S., Andreini L. (2008)** Apricot flower bud development: main biological, physiological and environmental aspects related to the appearance of anomalies. *International Journal of Plant Developmental Biology* 2: 25-35.
- Viti R., Bartolini S., Guerriero R. (2003)** The influence of sampling from different canopy positions on the evaluation of flower bud anomalies and dormancy in apricot (*Prunus armeniaca* L.). *Fruits* 58:117-126.
- Viti R., Bartolini S., Guerriero R. (2003)** The influence of sampling from different canopy positions on the evaluation of flower bud anomalies and dormancy in apricot (*Prunus armeniaca* L.). *Fruits* 58:117-126.
- Viti R., Bartolini S., Guerriero R. (2006)** Apricot floral biology: the evolution of dormancy and the appearance of bud anomalies in several Italian genotypes. *Advances in Horticultural Science* 20: 267-274.
- Viti R., Guerriero R., Monteleone P., Bartolini S., Minnocci A. (1999)** Fertility problems in cv. Antonio Errani: stigma-pollen interaction. *Acta Horticulturae*; N. 0; 385:389.
- Viti R., Monteleone P. (1991)** Observations on flower bud growth in some low yield varieties of apricot. *Acta Horticulturae* 293: 319-326.
- Viti R., Monteleone P. (1993)** Etude et caractérisation des anomalies de développement des bourgeons à fleur de l'abricotier. Programme de recherche Agrimed. 31-41.
- Viti R., Scalabrelli G. (1988)** Influenza delle condizioni climatiche invernali sulla sporogenesi in due cultivar di albicocco. *Frutticoltura* 6: 88-91.
- Viti, R., Monteleone P. (1995)** High temperature influence on the presence of flower bud anomalies in two apricot varieties characterized by different productivity. *Acta Hort.*, 384: 283-290.

Walzer R.H., Walker D.R., Seeley S.D., (1981) Effect of temperatures fall defoliation and gibberellic acid on the rest period of peach leaf buds. Hort Sci. 106: 91-94.

Wang, S.Y., Jiao, H.J., Faust, M. (1991) Changes in ascorbate, glutathione, and related enzymes activities during thiazuron-induced bud break of apple. Physiol.Plant. 82: 231-236.

WeinbergerJ.H., (1950) Chillin requirements of peach varieties. Proc. Amer. Sco. Hort. Sci. 56: 1222-128.

Zucconi F., (2001) Fundaments of plant cybernetics. Rivista di biologia/ biology Forum 94:161-176.