



DIPARTIMENTO DI SCIENZE AGRARIE ALIMENTARI E AMBIENTALI

CORSO DI LAUREA IN: SCIENZE AGRARIE E DEL TERRITORIO

**RISPOSTE VEGETATIVE E PRODUTTIVE DI  
VARIETÀ DI FRAGOLA UNIFERE E  
RIFIORENTI SOTTOPOSTE A DIVERSE ORE  
IN FREDDO**

**VEGETATIVE AND PRODUCTIVE RESPONSE  
OF JUNE-BEARING AND DAY-NEUTRAL  
STRAWBERRY VARIETIES TO DIFFERENT  
AMOUNT OF CHILLING HOURS**

TIPO TESI: sperimentale

Studente:  
LUCA TIBERI

Relatore:  
PROF. FRANCO CAPOCASA

Correlatore:  
DOTT. LUCA MAZZONI

ANNO ACCADEMICO 2020-2021

A mamma Anna Maria, papà Gilberto,  
ai miei fratelli Lorenzo e Luigi,  
a mia nonna Carola e a Silvia  
con infinita gratitudine.  
Siete stati sempre al mio fianco  
anche nei momenti più duri.

# SOMMARIO

SOMMARIO .....	3
ELENCO DELLE TABELLE.....	6
ELENCO DELLE FIGURE .....	8
INTRODUZIONE E SCOPO DELLA TESI .....	9
CAPITOLO 1 DESCRIZIONE BOTANICA DELLA FRAGOLA .....	10
1.1 La pianta.....	10
1.2 Il fiore.....	11
1.3 Il frutto .....	12
1.4 Aspetti storici .....	12
CAPITOLO 2 PANORAMA MONDIALE E NAZIONALE PRODUZIONI FRAGOLA .....	14
2.1 Produzioni fragola nel mondo.....	14
2.2 Fragolicoltura italiana .....	15
2.2.1 Marche .....	16
CAPITOLO 3 CLASSIFICAZIONE DELLE CULTIVAR IN BASE ALLA RISPOSTA AL TERMO FOTOPERIODO.....	17
3.1 Classificazione delle cultivar .....	17
3.1.1 Cultivar brevidiurne unifere.....	17
3.1.2 Cultivar rifioerenti longidiurne.....	18
3.1.3 Cultivar rifioerenti neutro diurne.....	18
CAPITOLO 4 COLTIVAZIONE FUORI-SUOLO .....	21
4.1 Vantaggi e svantaggi.....	21
4.2 Sistema fuori suolo .....	21
4.2.1 Coltura idroponica .....	21
4.2.2 Coltura in sacchi .....	22
4.3 Coltura in vaso .....	22
4.4 Sistemi di supporto .....	23
4.4.1 Sistemi orizzontali .....	23

4.4.2 Sistemi verticali .....	23
4.5 Sistemi fuori suolo senza strutture di supporto .....	23
4.5.1 Tipologie di substrato .....	24
CAPITOLO 5 PRINCIPALI ASPETTI FISIologici E NUTRIZIONALI DELLA PIANTA .....	26
5.1 Attitudine vegeto-riproduttiva.....	26
5.1.1 Differenziazione a fiore .....	27
5.1.2 Struttura dell'infiorescenza.....	28
5.2 Nutrizione della fragola .....	28
5.2.1 Fertirrigazione.....	30
5.2.2 Concimazione fogliare.....	31
5.3 Caratteristiche e dinamiche dei principali elementi nutritivi .....	31
5.3.1 Azoto (N).....	31
5.3.2 Fosforo (P).....	32
5.3.3 Potassio (K).....	32
5.3.4 Calcio (Ca).....	33
5.3.5 Microelementi.....	33
CAPITOLO 6 MATERIALI E METODI .....	35
6.1 MATERIALE VEGETALE.....	35
6.1.1 Romina.....	35
6.1.2 Cristina.....	36
6.1.3 Sibilla.....	36
6.1.4 Albion .....	36
6.1.5 San Andreas .....	36
6.1.6 Monterey.....	37
6.2 Descrizione della prova sperimentale .....	37
6.2.1 Parametri vegetativi analizzati.....	39
6.2.2 Parametri produttivi analizzati.....	40
6.3 Analisi statistica .....	41
CAPITOLO 7 RISULTATI E DISCUSSIONE.....	42
7.1 Parametri vegetativi cultivar unifere.....	42
7.1.1 Altezza della pianta delle cultivar unifere .....	42
7.1.2 Lunghezza del picciolo fogliare delle cultivar unifere.....	44
7.1.3 Numero di foglie delle cultivar unifere.....	44
7.1.4 Numero di infiorescenze delle cultivar unifere.....	45

7.1.5 Lunghezza delle infiorescenze delle cultivar unifere.....	46
7.2 Parametri vegetativi cultivar rifioranti.....	47
7.2.1 Altezza della pianta delle cultivar rifioranti.....	48
7.2.2 Lunghezza del picciolo fogliare delle cultivar rifioranti.....	49
7.2.3 Numero di foglie delle cultivar rifioranti.....	50
7.2.4 Numero di infiorescenze delle cultivar rifioranti.....	51
7.2.5 Lunghezza delle infiorescenze delle cultivar rifioranti.....	52
7.3 Parametri produttivi cultivar unifere.....	53
7.3.1 Indice di precocità delle cultivar unifere.....	54
7.3.2 Peso medio frutti delle cultivar unifere.....	55
7.3.3 Produzione commerciale delle varietà unifere.....	56
7.3.4 Produzione totale delle cultivar unifere.....	57
7.3.5 Produzione di scarto delle cultivar unifere.....	58
7.4 Parametri produttivi cultivar rifioranti.....	58
7.4.1 Indice di precocità delle cultivar rifioranti.....	59
7.4.2 Peso medio dei frutti delle cultivar rifioranti.....	60
7.4.3 Produzione commerciale delle varietà rifioranti.....	61
7.4.4 Produzione totale delle cultivar rifioranti.....	62
7.4.5 Produzione di scarto delle cultivar rifioranti.....	63
CONCLUSIONI.....	65
BIBLIOGRAFIA.....	67

## ELENCO DELLE TABELLE

Tabella 1: Data d'ingresso delle piante in cella frigorifera e in serra. Numero totale ore a 4°C in diversi trattamenti. ....	38
Tabella 2: Analisi della varianza a due vie (ANOVA) per i parametri vegetativi nelle cultivar unifere. ....	42
Tabella 3: Effetto delle ore in freddo sull'altezza della pianta (cm) in diverse cultivar di fragola unifere. ....	43
Tabella 4: Effetto delle ore in freddo sulla lunghezza del picciolo fogliare (cm) in diverse cultivar di fragola unifere. ....	44
Tabella 5: Effetti delle ore in freddo sul numero di foglie in diverse cultivar di fragola unifere. ....	45
Tabella 6: Effetto delle ore in freddo sul numero di infiorescenze in diverse cultivar di fragola unifere. ....	46
Tabella 7: Effetto delle ore in freddo sulla lunghezza delle infiorescenze (cm) in diverse cultivar di fragola unifere. ....	47
Tabella 8: Analisi della varianza a due vie (ANOVA) per i parametri vegetativi nelle cultivar rifiorenti. ....	48
Tabella 9: Effetto delle ore in freddo sull'altezza della pianta (cm) in diverse cultivar di fragola rifiorenti. ....	49
Tabella 10: Effetto delle ore in freddo sulla lunghezza del picciolo fogliare (cm) in diverse cultivar di fragola rifiorenti. ....	50
Tabella 11: Effetto delle ore in freddo sul numero di foglie in diverse cultivar di fragola rifiorenti. ....	51
Tabella 12: Effetto delle ore in freddo sul numero di infiorescenze in diverse cultivar di fragola rifiorenti. ....	52
Tabella 13: Effetto delle ore in freddo sulla lunghezza delle infiorescenze (cm) in diverse cultivar di fragola rifiorenti. ....	53
Tabella 14: Analisi della varianza a due vie (ANOVA) per i parametri produttivi nelle cultivar unifere. ....	53

Tabella 15: Effetto delle ore in freddo sull'indice di precocità (giorni) in diverse cultivar di fragola unifere.....	54
Tabella 16: Effetto delle ore in freddo sul peso medio dei frutti (g) in diverse cultivar di fragola unifere.....	55
Tabella 17: Effetto delle ore in freddo sulla produzione commerciale (g/pianta) in diverse cultivar di fragola unifere.....	56
Tabella 18: Effetto delle ore in freddo sulla produzione totale (g/pianta) in diverse cultivar di fragola unifere.....	57
Tabella 19: Effetto delle ore in freddo sulla produzione di scarto (g/pianta) in diverse cultivar di fragola unifere.....	58
Tabella 20: Analisi della varianza a due vie (ANOVA) per i parametri produttivi nelle cultivar rifiorenti.....	59
Tabella 21: Effetto delle ore in freddo sull'indice di precocità (giorni) in diverse cultivar di fragola rifiorenti.....	59
Tabella 22: Effetto delle ore in freddo sul peso medio frutto (g) in diverse cultivar di fragola rifiorenti.....	60
Tabella 23: Effetto delle ore in freddo sulla produzione commerciale (g/pianta) in diverse cultivar di fragola rifiorenti.....	61
Tabella 24: Effetto delle ore in freddo sulla produzione totale (g/pianta) in diverse cultivar di fragola rifiorenti.....	63
Tabella 25: Effetto delle ore in freddo sulla produzione di scarto (g/pianta) in diverse cultivar di fragola rifiorenti.....	64

## ELENCO DELLE FIGURE

Figura 1: Coltivazione in vaso delle cultivar .....	35
Figura 2: Disposizione piante a blocchi completamente randomizzati.....	38
Figura 3: Cultivar in fase vegetativa .....	39
Figura 4: Cultivar in fase produttiva .....	40



## INTRODUZIONE E SCOPO DELLA TESI

L'impatto che le future condizioni climatiche potrebbero avere sulla fragolicoltura dipende dalla sensibilità delle diverse varietà a ciascun fattore ambientale e dalle relative variazioni di temperatura, precipitazioni, radiazioni e concentrazione atmosferica di CO<sub>2</sub>.

Il riscaldamento globale potrebbe in qualche modo avere effetti diretti sulla coltivazione della fragola andando ad influenzare in maniera marcata le diverse fasi vegeto-riproduttive. In particolare, con l'aumento delle temperature soprattutto nel periodo invernale, spesso le varietà adatte ad ambienti temperato-freddi non riescono pienamente a soddisfare il fabbisogno in ore di freddo.

Le più recenti varietà di fragola spesso risultano essere specifiche per i diversi ambienti di coltivazione dato che la fragola è una specie molto sensibile ai cambiamenti climatici.

Questo studio ci ha permesso di comprendere quali potrebbero essere le varietà meno sensibili alle variazioni di temperatura (nel periodo invernale) mantenendo una costanza vegeto-produttiva anche a mutevoli condizioni ambientali.

A tale scopo è stata effettuata la valutazione della performance vegetativa e produttiva di 3 varietà di fragola unifere e 3 riflorenti sottoposte ad un diverso numero di ore in freddo.

# Capitolo 1

## DESCRIZIONE BOTANICA DELLA FRAGOLA

### 1.1 La pianta

La pianta di fragola è una pianta di origine europea che si trova spontanea nei nostri boschi. Le varietà coltivate sono degli ibridi la cui produzione è iniziata verso la fine del Settecento, e vengono classificate in cultivar a frutto piccolo e cultivar a frutto grande. La fragola appartiene alla famiglia delle *Rosaceae* sottofamiglia *Rosoideae*, genere *Fragaria*. La fragola è una pianta perenne costituita da un apparato radicale, da un breve fusto (corona o rizoma) e da un apparato fogliare. L' apparato radicale è di tipo fascicolato, cioè costituito da radici primarie (si originano dalla corona) e secondarie (si originano dalla diramazione delle radici primarie). Si estendono in larghezza per un raggio di 25-30 centimetri e si ramificano obliquamente raggiungendo una profondità di qualche decina di centimetri, variabile a seconda del tipo di terreno e della disponibilità d'acqua. Oltre a svolgere la funzione principale di ancoraggio e di assorbimento dell'acqua e degli elementi nutritivi, l'apparato radicale ha anche la funzione di immagazzinare le sostanze di riserva. La capacità di formazione di nuove radici è una caratteristica legata principalmente alla varietà. Il rizoma o corona, è anch'esso un organo di riserva, contiene i tessuti vascolari e si sviluppa formando altri germogli con relative radici. La capacità di formare germogli e quindi di aumentare l'accestimento della pianta dipende dalla varietà, dal tipo di pianta e dal tipo di ambiente colturale. Alcuni cloni di *F. chiloensis* sono caratterizzati da piante che non accestiscono ma che possono allungare il fusto fino a qualche decina di centimetri. Le foglie sono ternate, le foglioline sono ovato-oblunghe, con margine dentato-seghettato e lungamente picciolate (provviste di picciolo). Sono ricchissime di stomi che permettono un'elevata traspirazione: in estate una pianta con 10 foglie è in grado di traspirare fino a mezzo litro di acqua al giorno. Alla base delle foglie si formano le gemme, che in base alle ore di luce giornaliera e ai valori di temperatura, possono essere produttive e quindi differenziare a fiore, oppure possono originare stoloni e nuovi germogli. L'habitus vegetativo della pianta può essere definito assurgente o espanso a seconda che il fogliame si collochi in posizione verticale o prostrata; può essere definito rado o folto a seconda della sua densità. La fragola coltivata attualmente

è propagata quasi unicamente per via vegetativa grazie alla capacità, molto accentuata in molte cultivar unifere, di emettere stoloni. In genere l'emissione di stoloni avviene in estate durante la fase vegetativa, successiva a quella di fruttificazione. Nel caso in cui le piante non siano in grado di fruttificare (per esempio in caso di asportazione dei fiori), la capacità di emettere stoloni aumenta notevolmente, in quanto tutte le gemme si orientano subito verso un'intensa attività meristemica vegetativa. Ogni stolone è formato da due internodi e due nodi: il primo sottende una gemma dormiente, il secondo sottende una gemma pronta, che genera un nuovo stolone. (Bucci, et al., 2010)

## 1.2 Il fiore

Le varietà di fragola coltivate attualmente hanno un fiore perfetto (ermafrodita), tuttavia possiamo trovare alcune varietà antiche che presentano fiori imperfetti (unisessuali) ovvero con soli organi maschili (staminiferi) o femminili (pistilliferi). Ogni singolo fiore perfetto è costituito da un calice composto da 5 o più sepali; da una corolla composta da 5 o più petali bianchi di forma arrotondata o ellittico-ovale; da molti organi maschili (stami) costituiti ciascuno da un filamento portante le antere che contengono il polline; dal ricettacolo, internamente alla corolla delimitata dagli stami, in cui si trovano, disposti a spirale, gli organi femminili (pistilli) composti ciascuno da un ovario contenente un ovulo che se fecondato, darà origine a un achenio comunemente chiamato seme. Il frutto di fragola è, pertanto, una infruttescenza. Per avere frutti di forma regolare, tipici della varietà occorre che tutti i pistilli vengano fecondati. Quando le condizioni non sono favorevoli all'impollinazione (sbalzi termici, eccessivo vigore delle piante, scarso arieggiamento, poca presenza di insetti pronubi, limitata umidità all'interno delle colture protette, ecc.) una parte dei pistilli può non essere fecondata, dando origine a frutti malformati o deformati. I fiori sono raggruppati in infiorescenze che solitamente presentano un asse primario, due secondari, quattro terziari e otto quaternari. La lunghezza degli assi è un carattere ereditario influenzato dal periodo in cui si sono formati. Le infiorescenze con asse primario corto sono le prime ad essere originate dalla pianta e presentano un numero elevatissimo di fiori e frutti. Invece le infiorescenze con asse primario lungo sono le ultime a formarsi e sono caratterizzate da pochi fiori. (Bucci, et al., 2010)

### 1.3 Il frutto

Il frutto edule è un falso frutto costituito dal ricettacolo sul quale sono inseriti gli acheni che rappresentano il vero frutto della fragola. Il primo frutto a maturare, che è il più grosso e di forma non sempre regolare, è quello originato dall'asse primario dell'infiorescenza. Le caratteristiche del frutto considerate per la compilazione delle schede pomologiche sono: dimensione (molto piccolo, piccolo, medio, grosso, molto grosso), forma (reniforme, sferoidale, conico-arrotondata, conica, conico-allungata, biconica, quasi cilindrica, cuneiforme, ovoidale), regolarità della forma (regolare, irregolare), forma dell'apice (appuntito, arrotondato, troncato, sdoppiato, fessurato), inserzione dell'apice (incavata, stesso livello del frutto, in rilievo), resistenza della superficie (molto delicata, poco resistente, mediamente resistente, resistente, molto resistente), colore (aranciato chiaro, rosso aranciato, rosso, rosso intenso, rosso scuro), brillantezza del colore (molto scarsa, media, elevata), uniformità del colore (scarsa, media, elevata), colore dell'apice (stesso colore del frutto, bianco, verde), dimensioni del calice (piccolo, medio, grande), distacco del calice (agevole, poco agevole, difficile, molto difficile), dimensione dei sepali (piccoli, medi, grandi). (Bucci, et al., 2010)

### 1.4 Aspetti storici

In Europa, alla fine del Cinquecento, vi erano tre specie di *Fragaria* spp:

1. *F. vesca* L. o fragolina di bosco, specie indigena molto diffusa nei boschi europei;
2. *F. moschata* Duch, dal gusto moscato, caratterizzata da una maggiore dimensione del frutto rispetto alla fragolina di bosco;
3. *F. viridis* Duch, detta "fragola verde" con i frutticini secchi e scuri.

Quella più comune era la *F. vesca* propagata tramite stoloni e trapiantata dai boschi direttamente nei giardini. Veniva, in genere, impiegata nelle bordure delle aiuole, per valorizzare più la fioritura che la produzione del frutto. Dalla fine del 1600, pur trattandosi sempre di materiale originato nei boschi, si iniziò a dare un senso "orticolo" alla pianta, anche se utilizzata prevalentemente come elemento iconografico e di prelibatezza della tavola. La fragola attuale deriva dall'ibridazione (casuale), avvenuta nel 1766, di *F. virginiana* (ottoploide dioica), proveniente dagli Stati Uniti orientali e giunta in Europa all'inizio del 1600, con *F. chiloensis* (ottoploide dioica), proveniente dalle coste cilene del Pacifico e portata in Francia direttamente al Re Sole (notoriamente appassionato di fragole) da un militare francese, Amédée François Frézier. Le piante di *Fragaria chiloensis* erano da tempo coltivate dalle popolazioni indigene del Sud America (i Mapuche e gli Hulleche) ed

erano caratterizzate solo da fiori femminili (pistilliferi) e quindi non in grado di fruttificare senza la vicinanza di altre piante di varietà impollinatrici. Le piante originali, messe a dimora in alcuni giardini botanici francesi, non fruttificarono fino a quando entrarono in contatto con piante di *F. virginiana*. Si ebbero, per la prima volta in Europa, frutti della fragola cilena di pezzatura decisamente superiore rispetto alle fragole note fino a quel momento (fragoline di bosco). Dai semi di questi frutti si originarono le piante che di fatto dettero inizio alla storia della fragola coltivata ancora oggi. La specie ottenuta, denominata *Fragaria* × *ananassa* per il sapore di ananas dei suoi frutti, presentava frutti di elevate dimensioni i cui semi, perfettamente germinabili, diedero origine a piante con fiore perfetto e di facile impollinazione. La fragola a frutto grosso è oggi presente in tutto il mondo ed ha, da alcuni secoli, preso il sopravvento sulle specie selvatiche: tutte le varietà coltivate a frutto grosso appartengono a questa specie binomiale. Fin dall'inizio del 1800, la *Fragaria* × *ananassa* è stata oggetto di un'intensa attività di ricerca genetica da subito attiva sia nel continente europeo che in quello americano. (Bellini & Nin, 2010)

## Capitolo 2

### PANORAMA MONDIALE E NAZIONALE PRODUZIONI FRAGOLA

La tecnica colturale della fragola ha subito una costante evoluzione negli ultimi venti anni. Il sistema più diffuso è la tradizionale coltura annuale con un solo ciclo di fruttificazione nella primavera successiva all'impianto estivo. In alcune zone italiane, si sono affiancate altre tecniche più innovative come le colture autunnali del Veronese, che realizzano la doppia fruttificazione sempre con un ciclo annuale. Negli ambienti più freschi si sono diffuse le colture programmate finalizzate a destagionalizzare la produzione nel periodo estivo. Negli ambienti meridionali, l'utilizzo ormai diffuso delle piante fresche, poste a dimora a inizio autunno e coltivate sotto tunnel, consente una precoce e prolungata produzione. La fragola è una pianta che può essere coltivata in diversi tipi di terreno, anche se predilige quelli di medio impasto e si adatta a quelli argillosi, purché dotati di buon drenaggio. In genere sono da preferire terreni tendenzialmente acidi o subacidi, con pH compreso tra 5,5 e 7 (Lucchi, 2010). Dal punto di vista climatico la pianta della fragola presenta una temperatura letale minima di -12 °C, inizia a vegetare con una temperatura di 6 °C, ma il suo optimum di crescita è compreso tra 18 e 24 °C. La temperatura critica in fioritura è di -2 °C per la coltura protetta, ma sbalzi termici, umidità relativa troppo bassa (per vento ed elevate temperature) e raggiungimento di temperature critiche in fioritura, possono interferire con l'impollinazione causando quindi malformazioni sui frutti. (G. Baroni, 2014)

#### 2.1 Produzioni fragola nel mondo

Secondo i dati Fao, la fragola è coltivata su circa 370.000 ha a livello mondiale per una produzione che, nel 2018, ha superato 8,3 milioni di tonnellate. Le superfici investite appaiono sostanzialmente stabili, dopo anni di forte crescita, mentre il volume di offerta prosegue il suo trend positivo, con quasi 800.000 t in più rispetto a 5 anni prima. Sono soprattutto Cina e Stati Uniti a concentrare la maggior parte dell'offerta, pari

complessivamente al 50% del totale. Nei primi 5 produttori mondiali si collocano anche Messico, Turchia ed Egitto. Per quanto riguarda l'Europa, la Spagna detiene da decenni il primato di produzione, affiancata da Polonia e Italia, entrambe in calo produttivo dagli anni '80-'90. In Africa, invece, l'Egitto prosegue la sua rapida crescita iniziata 20 anni fa. (Palmieri, 2019)

## 2.2 Fragolicoltura italiana

L'arena competitiva di riferimento per la produzione italiana, tuttavia, è rappresentata dall'Unione europea, dove la dinamica degli investimenti registra da tempo una lieve, ma costante, flessione con circa 105.000 ha attualmente coltivati. L'offerta, invece, è diminuita di circa 100.000 t nel corso dell'ultimo quinquennio, ma nelle ultime campagne si è comunque mantenuta costantemente attorno a 1,3 milioni di tonnellate. Il quadro che si delinea è quello di un comparto in fase piuttosto stagnante, che perde progressivamente operatori, assistendo tuttavia a un progressivo miglioramento della produttività di quelli che rimangono. Secondo i dati di Cso Italy, nel 2020 le superfici specializzate dedicate alla fragola sono state pari a 3.646 ha, con un calo del 4% circa rispetto al 2019. Si rileva, pertanto, una lieve diminuzione dopo un periodo di crescita che aveva portato a guadagnare oltre 250 ha nel quadriennio 2016-2019. L'83% delle superfici investite sono in coltura protetta e solamente il 17% resiste ormai in pieno campo. Circa 250 ha sono coltivati con tecnica biologica. La fragolicoltura italiana è da tempo in fase di concentrazione nelle regioni meridionali e anche il 2020 conferma questo trend con una diminuzione del 7% nelle aree settentrionali e del 6% in quelle meridionali. Attualmente, Basilicata e Campania raggruppano attorno al 50% delle superfici complessive, mentre il complesso delle 4 maggiori regioni del Nord supera di poco il 22%. Nel Nord Italia, sono soprattutto Veneto ed Emilia-Romagna a evidenziare le maggiori sofferenze, con una perdita del 20% delle superfici coltivate nell'ultimo quinquennio, mentre Piemonte e Trentino-Alto Adige evidenziano maggiore stabilità. Ciò è in parte un riflesso delle difficoltà che si riscontrano nelle aree produttive i cui raccolti si concentrano soprattutto nelle fasi centrali della campagna, mentre chi è in grado di arrivare sul mercato nelle fasi più estreme, precoci o tardive, riesce ancora a opporre una più tenace resistenza alla concorrenza estera, rappresentata ovviamente in larga parte dalla Spagna. Nelle aree produttive settentrionali, la coltivazione della fragola è ormai diffusa soprattutto in aziende dirette coltivatrici di piccole o medio-piccole dimensioni, a differenza del Sud Italia dove si riscontrano anche centri produttivi di maggiore rilievo dimensionale. Rispetto agli altri Paesi, in cui la fragolicoltura

si concentra in larga parte in una sola area, l'Italia mantiene un'apprezzabile diversificazione produttiva e, grazie a condizioni climatiche piuttosto differenziate tra le regioni produttrici, anche un panorama varietale piuttosto articolato. In particolare, si assiste a una progressiva specializzazione di ogni area in determinate cultivar, come per la Basilicata, dove l'80% degli investimenti sono dedicati a Sabrosa, o la Campania con il 67% delle superfici suddivise fra Sabrina e Melissa. Anche la Sicilia è specializzata in una sola varietà, Florida Fortuna, idonea alle produzioni molto precoci. Nelle regioni del Nord Italia, al contrario, il grado di specializzazione varietale è inferiore con numerose varietà che compongono il quadro produttivo. La produzione annua è attestata attorno a 130.000 t, con oscillazioni da 125.000 fino a quasi 150.000 t. (Palmieri, 2019)

### 2.2.1 *Marche*

Nella regione Marche l'epoca di impianto varia a seconda del tipo di pianta utilizzata. Per le piante frigo-conservate si effettua generalmente una piantagione più precoce realizzata nei primi giorni di luglio, mentre per quelle che presentano un'elevata differenziazione si effettua una piantagione più tardiva effettuata nei primi giorni di agosto. Le piante cime radicate sono generalmente piantate circa 30 giorni dopo le piante frigo conservate. Si consiglia di effettuare l'impianto a file binate su telo pacciamante e il periodo d'impianto varia a seconda del materiale utilizzato (piante fresche o frigoconservate). Secondo i disciplinari della produzione della regione, per quanto riguarda la coltura protetta in tunnel vengono consigliate piante frigo conservate poste alla distanza di 30-35 cm tra le file e 30-35cm sulla fila. In pieno campo per le piante frigo conservate si utilizzano sestri di impianto di 30-35 cm tra le file e 35-40 cm sulla fila, mentre per la pianta fresca viene impiegata una distanza di 30-35 cm tra le file e 30-35cm sulla fila. In caso di terreni a elevata fertilità sono ammesse distanze maggiori rispetto a quelle vincolanti. (Ricipiti, 2021)



## Capitolo 3

### CLASSIFICAZIONE DELLE CULTIVAR IN BASE ALLA RISPOSTA AL TERMO FOTOPERIODO

La fragola è una specie frutticola ampiamente diffusa e coltivata in tutto il mondo; è caratterizzata da un ampio assortimento varietale in continua e rapida evoluzione. Le diverse varietà consentono a questa specie una notevole adattabilità ai diversi ambienti climatici, come dimostrato dal fatto che in Italia, per esempio, è coltivata a partire dal livello del mare, fino ai 1700 m di altitudine in alcune vallate alpine.

#### 3.1 Classificazione delle cultivar

La classificazione delle numerose cultivar tiene conto di alcuni caratteri pomologici e comportamentali della pianta. Uno dei criteri di classificazione delle cultivar, di uso più comune, è quello relativo all'habitus di fruttificazione che è in funzione della capacità di reazione al fotoperiodo. Nella fragola, come per altre specie frutticole, la differenziazione a fiore delle gemme è determinata da un complesso sistema di controllo, regolato principalmente dal fotoperiodo e dalla temperatura. Le diverse cultivar reagiscono al fotoperiodo in modo differenziato e possono quindi essere classificate nel modo seguente. (Baruzzi & Faedi, 2010)

##### 3.1.1 *Cultivar brevidiurne unifere*

In genere fioriscono una sola volta nell'anno, sono quindi unifere e vengono anche chiamate brevidiurne (Short-Day) o Junebearers (JB). Esse richiedono, per l'induzione a fiore, una lunghezza del giorno inferiore alle 14 ore. Nelle cultivar unifere il numero dei fotocicli (giorni) ideali per avviare l'induzione fiorale è variabile da 7 a 14, ma si possono trovare cultivar che richiedono fino a 23 cicli fotoinduttori. La lunghezza del periodo di luce ottimale giornaliera per l'induzione fiorale sembra essere compresa fra le 8 e le 11 ore. La durata del periodo di differenziazione dipende anche dal termoperiodo. Nell'emisfero boreale le cultivar unifere differenziano in genere in autunno, da fine settembre ai primi freddi. In questo periodo la pianta si predispone all'accestimento e reagisce agli stimoli

ambientali della luce (fotoperiodo) e della temperatura (termoperiodo). La temperatura ottimale per la differenziazione varia da 14 a 18 °C. Quando la temperatura scende al di sotto di 10 °C o sale sopra i 26 °C la differenziazione si arresta. È molto importante anche il rapporto temperatura giorno-notte: il range ottimale sembra essere compreso tra i rapporti 18-13 °C (giorno-notte) e 21-16 °C. Nei climi temperati, la pianta all'inizio dell'inverno entra in riposo vegetativo e la schiusura primaverile (che porta alla fioritura) delle gemme, differenziate nell'autunno precedente, consente una produzione che matura in un periodo di tempo più o meno lungo a seconda della lunghezza del periodo di differenziazione (25-50 giorni). Quanto più ci si sposta dall'equatore verso i poli, tanto più questo periodo tende a essere breve in quanto il numero di giorni con foto-termoperiodo favorevoli (da fine settembre in poi) è piuttosto limitato. Alcune cultivar unifere, in determinate condizioni ambientali, possono divenire bifere, cioè sono in grado di fornire una seconda fioritura, derivante da un secondo periodo di differenziazione, che si compie in primavera, quando cioè si verificano condizioni di termoperiodo e fotoperiodo favorevoli (prima della fine di marzo). Il fenomeno della bifioritura è tipico degli ambienti meridionali, mentre avviene saltuariamente negli ambienti settentrionali e più frequentemente solo in coltura protetta. Le infiorescenze provenienti da questa differenziazione primaverile compaiono quando si è verso la fine della raccolta della produzione principale. I fiori sono portati da infiorescenze con assi primari molto lunghi e con assi secondari corti, in numero scarso, comportamento che evidenzia la brevità del periodo di differenziazione. (Baruzzi & Faedi, 2010)

### 3.1.2 *Cultivar rifioranti longidiurne*

Le cultivar rifioranti chiamate everbearing (EB) sono caratterizzate dal differenziamento delle gemme a fiore quando si hanno giornate lunghe (14 o più ore giornaliere), che consentono di fruttificare dalla primavera fino all'autunno. Le cultivar di fragola con questa attitudine florigena evidenziano anche peculiari caratteristiche morfologiche come la scarsissima capacità di produrre stoloni rispetto alle cultivar unifere, al punto da rappresentare un forte ostacolo alla loro moltiplicazione. (Baruzzi & Faedi, 2010)

### 3.1.3 *Cultivar rifioranti neutro diurne*

Le cultivar rifioranti a giorno neutro (carattere rifiorante DN, Day Neutral) sono indifferenti al fotoperiodo e differenziano gemme indipendentemente dal numero di ore di luce giornaliera: il principale fattore limitante l'induzione fiorale è rappresentato dalla temperatura. Il comportamento di queste cultivar DN risulta apparentemente simile a quello

delle rifiorienti longidiurne, ma esistono alcuni caratteri distintivi molto marcati: producono fiori e frutti in modo più continuo e presentano una capacità di emettere stoloni anche molto accentuata in alcune varietà; entrano in dormienza più tardi in quanto continuano a fiorire e a portare a maturazione frutti fino all'inizio dell'inverno. Le cultivar rifiorienti DN possono presentare diversi gradi di intensità di fioritura e questa capacità può essere classificata in: debole, intermedia e forte.

Il carattere DN è stato rinvenuto nel 1955 in un clone staminifero di *F. virginiana glauca* (specie spontanea ottoploide), delle montagne dello Utah vicino a Salt Lake City. Le prime cultivar DN, diffuse commercialmente nel 1979 (Aptos, Brighton, Hecker) dall'Università della California, sono derivate dalla terza generazione di reincrocio con cultivar unifere di *Fragaria* × *ananassa*. Da questo materiale genetico derivano ormai tutte le varietà oggi commercialmente conosciute come rifiorienti neutrodiurne.

Un altro importante criterio di classificazione delle varietà tiene conto del fabbisogno in freddo invernale (esposizione delle gemme a temperature  $\leq 7$  °C), indispensabile per il superamento della fase di dormienza delle gemme stesse. In base a questa classificazione si distinguono, con gradiente variabile:

- varietà ad alto fabbisogno in freddo invernale (almeno 1000 ore di esposizione a temperatura  $\leq 7$  °C) adatte agli ambienti settentrionali; necessitano andamenti climatici invernali piuttosto rigidi e quindi non possono essere coltivate con successo negli ambienti meridionali. Infatti, il mancato soddisfacimento di questo fabbisogno comporta un risveglio vegetativo delle piante molto lento, stentato e irregolare;

- varietà a basso fabbisogno in freddo in cui si ritrovano le cultivar più adatte agli ambienti meridionali a inverno più mite, la cui esigenza di ore in freddo si riduce fino ad arrivare in molti casi quasi a zero. Al contrario del gruppo precedente, queste varietà possono essere coltivate anche negli ambienti settentrionali, con clima più freddo, ma a volte con il rischio di fioriture troppo anticipate e di danneggiamenti che possono interessare anche le gemme dei germogli. Il soddisfacimento del fabbisogno in freddo invernale condiziona la ripresa vegetativa primaverile delle piante e la loro epoca di fioritura: quanto prima è soddisfatto, tanto più precoce è la fioritura. Ne consegue che le cultivar a basso o nullo fabbisogno, se non esposte a temperature inferiori ai 7 °C, possono non andare in dormienza invernale e produrre per lunghi periodi dell'anno, da dicembre a giugno, soprattutto se si fa ricorso a piante fresche cime radicate o a radice nuda. In base a questa classificazione il paniere varietale italiano si distingue in due grandi categorie: varietà adatte al Sud, a basso fabbisogno in freddo, e quelle adatte al Nord, a medio-elevato fabbisogno in freddo. Poco

frequenti sono i casi di varietà adatte al Sud che si sono inserite negli standard varietali del Nord, in particolare nelle colture protette autunnali molto diffuse nel Veronese. (Baruzzi & Faedi, 2010)

## Capitolo 4

### COLTIVAZIONE FUORI-SUOLO

Il fuori suolo è una tecnica di coltivazione nata alla fine degli anni 80 che si basa sulla coltivazione, nel nostro caso di fragole, su substrati alternativi al di fuori del terreno. Attualmente la superficie destinata al fuori suolo in Europa si aggira intorno ai 15.000 ha ed è in un continuo trend positivo derivante dal divieto di utilizzo del bromuro di metile nella coltivazione in pieno campo come geodisinfestante, ampiamente utilizzato in passato per risolvere il problema della coltivazione intensiva. (Lieten, 2010)

#### 4.1 Vantaggi e svantaggi

I sistemi fuori suolo hanno suscitato grande interesse per i fragolicoltori di grandi coltivazioni intensive in serra e in tunnel. Inizialmente la coltura fuori suolo era un'alternativa a quella in terreno, sempre più contaminato da pericolose malattie fungine del genere *Phytophthora* e *Verticillium*. Con questa tecnica viene eliminato l'impiego degli erbicidi e l'uso di fitofarmaci può essere notevolmente ridotto in quanto le malattie dell'apparato radicale sono limitate, inoltre questo tipo di coltivazione permette l'utilizzo ancora più efficace di mezzi di lotta integrata. (Lieten, 2010) Utilizzando piante della stessa varietà, messe a dimora in date successive, si può realizzare una continuità di fornitura di fragole per coprire fette di mercato migliori e riuscire a spiccare il prezzo più alto.

#### 4.2 Sistema fuori suolo

##### 4.2.1 Coltura idroponica

Si tratta di una tecnica colturale nella quale le piante a radice nuda vengono coltivate in acqua con una soluzione nutritiva circolante, che fluisce in modo continuativo lungo canaline orizzontali larghe 18-22 cm. La soluzione nutritiva messa in circolo viene leggermente riscaldata a 20 °C e rinnovata ogni 2-3 settimane. Grazie all'installazione alternata delle canaline è possibile raggiungere densità di impianto fino a 15 piante a metro quadro. Utilizzando il sistema idroponico le operazioni di piantagione e raccolta risultano migliorate

rispetto a una coltivazione tradizionale, tuttavia le infezioni da *Phytophthora fragariae* rappresentano un rischio per la rapida diffusione a tutte le piante. Nei primi periodi dall'utilizzo di questa tecnica, per cercare di ridurre queste pericolose malattie, e migliorare lo sviluppo delle radici, nelle canaline vengono collocate lastre di diversi materiali come lana di roccia e poliuretano, che avevano lo scopo di depurare l'acqua ed eliminare sostanze indesiderate, ma successivamente si è visto che questa soluzione presenta scarsi risultati. (Lieten, 2010)

#### 4.2.2 *Coltura in sacchi*

La nascita di questo sistema di coltivazione risale alla fine degli anni 70, e consiste nel coltivare le fragole su sacchi contenente materiale organico come ad esempio torba, fibra di cocco, corteccia di pino o perlite. A causa dei costi elevati e dei problemi derivanti dallo smaltimento dei substrati esauriti, l'interesse di questa tecnica colturale è via via diminuita. In paesi quali Francia, Spagna e Italia dove le leggi in materia di smaltimento sono più permissive, si è riscontrato un aumento di questo tipo di coltivazione. (Lieten, 2010)

#### 4.3 **Coltura in vaso**

La coltura in vaso si è sviluppata a partire dalla metà degli anni '80 e rappresenta tuttora la tecnica più comune in Belgio e Olanda. I vasi, in polietilene, sono alti circa 22 cm, larghi 20 cm e possono contenere 5-7 litri di substrato. Oggi si tende a utilizzare vasi più piccoli (4 litri) che vengono appesi o collocati su una struttura di sostegno. Negli anni '80, in Australia e a Malta, fu sviluppata una variante di questa tecnica, che prevedeva l'impiego di piccoli vasi, da 1,5-2 litri, posizionati in appositi fori praticati in canaline di PVC. Dalla metà degli anni '90 tale sistema ha incontrato un rinnovato interesse: le piantine di fragola vengono messe a dimora in vasi da 2 litri con un diametro medio di 15 cm, contenenti una miscela di substrato e disposti nelle canaline lasciando uno spazio vuoto di circa 4 cm dal fondo di ciascuna canalina per evitare che le radici entrino a contatto con le acque di drenaggio (e prevenire così le patologie radicali). I vantaggi di questa tecnica sono rappresentati dal risparmio sui costi del substrato e dalla possibilità di far ingrossare le piantine direttamente negli stessi vasi che vengono poi conservati nelle celle frigorifere (con conseguente riduzione della manodopera) fino al momento in cui si intende farle fruttificare (colture programmate). L'alto costo dei sacchi di torba e i problemi legati al loro smaltimento hanno suscitato nell'Europa settentrionale un rinnovato interesse verso la coltura in vaso o in vaschetta. Tra la fine degli anni '80 e l'inizio dei '90 sono stati introdotti altri tipi di

contenitori rettangolari, solitamente realizzati in polietilene bianco, alti 15 cm, larghi 20, lunghi 50-60, in grado di contenere da 10 a 20 litri di substrato. Oggi questi contenitori rappresentano il 60% della produzione fuori suolo dell'Europa settentrionale. (Lieten, 2010)

#### **4.4 Sistemi di supporto**

##### *4.4.1 Sistemi orizzontali*

In genere si utilizzano strutture di supporto orizzontali che possono essere appese, nelle serre o nei tunnel in plastica, o sostenute con apposite strutture fissate a terra, nei tunnel più piccoli o all'aperto nelle colture estive. Queste strutture sono realizzate in materiali diversi, tubi di ferro o di materiale plastico. Le strutture appese sono distanziate 1,2-1,3m l'una dall'altra e poste ad una altezza di 1,2-1,5m da terra. (Lieten, 2010)

##### *4.4.2 Sistemi verticali*

A cavallo degli anni '60 e '70 in Italia sono stati sperimentati i cosiddetti sistemi di tubi verticali. Le piante venivano collocate in tubi verticali di pvc, consentendo un'elevata densità di piantagione dalle 25 alle 30 piante per metro quadro. Attualmente sono in corso dei test con sistemi a piramide a forma di A, con 5 pali su cui vengono poste le piante a fruttificare. La densità è aumentata fino a oltre le 40 piante per metro quadro. Nel sud della Francia alcuni agricoltori hanno realizzato strutture a gradini costituite da 2 strutture orizzontali disposte una sull'altra, così da ottenere una maggiore densità di piantagione. (Lieten, 2010)

#### **4.5 Sistemi fuori suolo senza strutture di supporto**

In tempi più recenti alcuni fragolicoltori belgi hanno messo a punto un sistema a terra preparato a macchina. Si tratta di un'alternativa a basso costo per coltivatori che intendono trasformare i loro tradizionali impianti in colture fuori suolo, senza investire in costose strutture di sostegno. La canalina fatta a macchina, larga 25cm e profonda 15cm, poggia su una prode di terreno ben baulata alta 10-30 cm e larga 60 cm. La prode è coperta da uno spesso film plastico e sul foro della canalina è praticato un foro per il drenaggio poi coperto con un foglio di tessuto non tessuto per evitare lo sviluppo di radici nel sistema di drenaggio. La canalina è riempita con un substrato di torba o fibra di cocco su cui saranno messe a dimora le piante. Questa tecnica funziona bene su terreni perfettamente livellati e ben baulati in prode da coltivare sotto tunnel. La durata di questi sistemi è stata calcolata in 5-7 anni. (Lieten, 2010)

#### 4.5.1 *Tipologie di substrato*

In Europa il prodotto di base per la fragolicoltura fuori suolo è la torba. I vantaggi di questo substrato sono la sua elevata capacità di trattenere l'acqua, il suo basso contenuto di sostanze nutritive e di pH. La fibra di cocco oggi costituisce circa il 25 % del mercato e viene usata talvolta come substrato puro, più spesso mescolata con torba. In Italia esiste una naturale produzione di perlite, il che spiega l'alto utilizzo di questo substrato in alcune regioni. Malgrado consenta buoni risultati, l'impiego di lana di roccia nella coltivazione delle fragole è molto limitata a causa delle difficoltà di radicazione delle piante e dei problemi di smaltimento che essa comporta, in quanto non è biodegradabile e in molti paesi Europei non è consentito l'interramento. Dall'altra parte per ridurre lo sfruttamento delle torbiere, sono allo studio altre tipologie di substrati sostenibili composti da materiale organico, quali fibre di legno, compost di corteccia di pino, sughero e tralci di vite, la polvere e le fibre di cocco, considerati fonti rinnovabili che non presentano problemi dal punto di vista ecologico. In Belgio e in Olanda il compost di giardino e di rifiuti di coltivazione viene utilizzato in piccola scala come alternativa alla torba. Alcune volte però questo tipo di compost può essere caratterizzato da scarsa porosità e da un elevato tenore di salinità. Il substrato di cocco è più areato e trattiene meno acqua rispetto alla torba, ma ha il vantaggio di essere comprimibile in mattonelle e facilmente reidratabile, con un considerevole risparmio per il trasporto. Per contro questo materiale può contenere alte concentrazioni di potassio, sodio e cloro e determinare la fissazione del calcio, magnesio e ferro, condizioni che possono determinare il disseccamento dell'apice delle foglie, frutti piccoli e sintomi di carenza di ferro. Per questi motivi, prima della piantagione è buona norma, lavare il substrato di cocco con una soluzione di calcio, magnesio e ferro. Molti substrati naturali possono contenere elevate fonti di carbonio soggette ad attività microbica, che può portare ad un eccesso di azoto. I substrati organici dovrebbero essere compostati per un tempo abbastanza lungo e in alcuni casi pre-fertilizzati. La fibra di legno oltre a possedere un'elevata porosità, un basso potere tampone e un contenuto in acqua facilmente utilizzabile, è caratterizzata da una rapida riduzione del volume e da un elevato contenuto di sostanza organica. Il compost di tralci di vite si distingue per l'elevata capacità di scambio cationico. Allo stesso modo dei tralci anche la corteccia di pino presenta un'elevata porosità e una capacità piuttosto scarsa di trattenere l'acqua quindi necessita di frequenti irrigazioni. Qualora il substrato venga utilizzato per un successivo ciclo di coltivazioni, questo deve essere prima lavato per eliminare eventuali accumuli di sali. Le gelate invernali che congelano i substrati in torba ne migliorano le proprietà fisiche. Tuttavia la torba riutilizzata,



specialmente nelle piantagioni estive, in genere riduce il vigore e la produttività delle piante dell'8-10%. Il riutilizzo delle miscele di cocco talvolta è più vantaggioso per via della loro composizione più stabile. Per concludere, a causa delle specifiche proprietà fisiche e chimiche di ogni tipo di substrato, dovranno essere adottati opportuni programmi di irrigazione e fertirrigazione in base al singolo substrato e al suo eventuale riutilizzo per successivi cicli colturali. (Lieten, 2010)

## Capitolo 5

### PRINCIPALI ASPETTI FISIOLOGICI E NUTRIZIONALI DELLA PIANTA

#### 5.1 **Attitudine vegeto-riproduttiva**

La temperatura e la lunghezza del giorno (fotoperiodo) sono i principali elementi in grado di condizionare lo sviluppo delle piante di fragola in direzione vegetativa o riproduttiva. Il processo primario è l'induzione a fiore che fa assumere agli apici un'identità riproduttiva. In un secondo momento si ha la manifestazione di specifici cambiamenti morfologici. Nelle piante di fragola caratterizzate da produzione primaverile (june bearing) l'induzione a fiore viene stimolata in condizioni brevidiurne, vale a dire con durata del giorno breve, inferiore alle 12 ore di luce giornaliera, come pure a basse temperature, inferiori a 15-16 °C. A temperature alte, superiori ai 30 °C, non è possibile l'induzione a fiore e si ha esclusivamente crescita vegetativa. Se consideriamo l'intervallo di temperatura ottimale per la crescita delle piante, compreso tra 16 e 25 °C, al suo interno la crescita vegetativa e l'induzione a fiore competono tra loro e temperatura e fotoperiodo interagiscono nel condizionare il tipo di sviluppo della pianta, per cui gli stessi valori di temperatura hanno effetti diversi a seconda della lunghezza del giorno e viceversa. Alte temperature con giorno lungo favoriscono la crescita vegetativa e in particolare la formazione di stoloni, a scapito delle infiorescenze, mentre con giorno breve favoriscono l'induzione a fiore; al diminuire della temperatura l'induzione a fiore viene stimolata anche in condizioni di giorno lungo. Inoltre, tra i due processi c'è una sorta di continuità per cui a livelli intermedi di temperatura e fotoperiodo possono manifestarsi entrambi a seconda delle condizioni fisiologiche delle piante. Le condizioni ambientali stimolanti si verificano contemporaneamente su tutta la pianta, ma vengono recepite diversamente dai differenti organi.

Le strutture recettive sono rappresentate dagli apici meristemati del germoglio in crescita quando tale crescita subisce un rallentamento, mentre meristemi non in crescita non subiscono induzione e differenziazione a fiore. Sugli elementi recettivi sono necessari 14-21 cicli di termo-fotoperiodo appropriati per consentire un impulso fortemente induttivo. Le basse temperature stimolano l'induzione a fiore finché le piante sono vegetative, ma

successivamente, quando tale processo è avviato, per la formazione degli organi che compongono le infiorescenze sono necessarie temperature maggiori. In realtà, oltre ai fattori ambientali hanno effetti determinanti anche le condizioni agronomiche e nutrizionali in cui crescono le piante, che ne possono condizionare il tipo di crescita prevalente, vegetativo o riproduttivo. Per esempio la produzione di stoloni è fortemente stimolata da condizioni di elevato vigore delle piante e quindi da tutti i fattori in grado di aumentare tale vigore. Le tecniche colturali possono modificare i ritmi di crescita, manipolando così la pianta e condizionandone l'attitudine a produrre stoloni, l'accestimento e la successione della differenziazione a fiore lungo l'asse. (Neri, et al., 2010)

#### 5.1.1 *Differenziazione a fiore*

Il numero di infiorescenze (individuate nell'analisi architetturelle come gemme differenziate a fiore) e di organi vegetativi presenti in una pianta costituisce un'informazione utile sulla sua potenzialità produttiva, ma non dà indicazioni sulla precocità di produzione e sulla sua contemporaneità o scalarità. Il grado di sviluppo raggiunto dagli organi fiorali all'interno delle singole gemme differenziate lungo l'asse del germoglio permette di ipotizzare il periodo di produzione delle piante. L'induzione a fiore infatti, oltre a essere condizionata dalla presenza dei fattori induttivi, può non essere contemporanea, poiché avviene solo negli apici la cui crescita risulta rallentata e ciò non avviene per tutti nello stesso momento. La scalarità di sviluppo fra infiorescenze si ripercuote sulla maturazione dei frutti e sulla scalarità di raccolta. La presenza di gemme laterali nello stesso stadio di differenziazione della gemma terminale della pianta comporta lo sviluppo di infiorescenze contemporanee che generalmente si originano dai germogli basali. Questa circostanza può comportare un eccesso di produzione in un determinato periodo. Per la forte competizione che tali infiorescenze esercitano nei confronti della fruttificazione terminale, a cui tendono a sottrarre elementi nutritivi, le gemme dalle quali hanno origine vengono definite "vampiro". In presenza di queste gemme è spesso utile un intervento manuale per asportare i germogli basali in eccesso, al momento della piantagione delle tray plant oppure poco prima della ripresa primaverile. Se si ricerca una produzione molto intensa in ambienti freschi (per esempio in montagna), le gemme "vampiro" invece dovranno essere mantenute. In questo caso si renderà indispensabile intervenire con adeguate cure colturali (in particolare con la fertirrigazione) per supportare la crescita di molti frutti contemporanei e garantire così il raggiungimento di una buona pezzatura. A differenza delle gemme "vampiro", gemme con diverso grado di differenziazione permettono una produzione più prolungata, quindi meno contemporanea, e consentono di estendere il periodo di fruttificazione oltre il mese grazie

alla scalarità fra fiori all'interno delle singole infiorescenze. Generalmente lo sviluppo dell'infiorescenza terminale differisce maggiormente da quello delle infiorescenze dei germogli laterali in formazione che non da quello dei germogli laterali subito sottostanti. (Neri, et al., 2010)

### 5.1.2 *Struttura dell'infiorescenza*

L'infiorescenza delle piante di fragola può essere composta da un numero variabile di fiori. La formazione delle infiorescenze richiede tempo e non è predefinita, per cui i fiori che le compongono possono raggiungere un numero più o meno elevato a seconda della durata della differenziazione e possono differenziarsi con diversa rapidità. Da tale rapidità di sviluppo dipende in seguito la dimensione potenziale dei frutti che derivano da fiori di diverso ordine. In ogni caso la dimensione finale dei frutti tende a decrescere passando dai fiori primari a quelli secondari e da questi ai terziari e così di seguito. L'analisi dell'architettura delle piante può fornire informazioni anche sul numero di fiori e sulla struttura delle infiorescenze. Il numero totale di fiori presenti nella pianta, vale a dire nella totalità delle infiorescenze, è un'informazione poco importante ai fini della valutazione qualitativa, in quanto le singole infiorescenze possono raggiungere composizioni molto diverse a seconda della durata della differenziazione, ma se accompagnato dalla struttura delle infiorescenze fornisce indicazioni sulla scalarità delle produzioni. (Neri, et al., 2010)

## 5.2 **Nutrizione della fragola**

L'acqua e i nutrienti vengono somministrati alle piante coltivate in fuori suolo mediante irrigazione a goccia. Di norma i concimi vengono forniti in soluzioni concentrate, poi diluite in un serbatoio di miscelazione o direttamente iniettate nei condotti di irrigazione. Il pH della soluzione nutritiva viene mantenuta intorno a valori di 5,2-5,6 con apporti di acido nitrico e acido solforico, mentre la conducibilità elettrica deve variare tra 1,2-1,8ms/cm a seconda della varietà coltivata. Una salinità eccessiva della soluzione nutritiva può determinare necrosi del margine fogliare e indurre al disseccamento della pianta e dei fiori. Una conducibilità elettrica elevata inoltre può influenzare negativamente la crescita e la produttività delle piante, mentre una salinità eccessivamente bassa può ridurre la consistenza e la conservabilità dei frutti e su alcune varietà può determinare fessurazioni del frutto. Nella coltivazione su substrato le piante di fragola sono sensibili ad alte concentrazioni di elementi minori quali ferro, boro e zinco. Per contro carenze di questi elementi

determinerebbe un mancato sviluppo dei fiori e malformazione dei frutti. Un aumento dei livelli di calcio diminuisce il tenore di acidità, aumenta la consistenza e la conservabilità dei frutti. D'altro canto una diminuzione di assorbimento di questo elemento causa disseccamento dei fiori, frutti malformati e semi grandi e molto pronunciati. Elevati tenori di potassio nella soluzione migliora la concentrazione di zucchero e di acidi nei frutti. In genere le soluzioni nutritive utilizzate per la fragola sono formate dai seguenti ioni con le seguenti concentrazioni: 7-10mmol/l di ione nitrato, 1-1,5mmol/l di diidrogeno fosfato, 1-1.5mmol/l di solfato, 4-6mmol/l di potassio, 3,5-4,5mmol/l di calcio, 1,25-1,5mmol/l di magnesio. La soluzione nutritiva viene adattata in base alla fase di crescita della pianta, al tipo di substrato, ai valori di analisi delle acque e alla varietà da coltivare. (Lieten, 2010)

Per tradurre le informazioni sulle quantità di nutrienti asportati dalla fragola in piani di concimazione adatti alle diverse situazioni, è necessario conoscere le caratteristiche chimico-fisiche del terreno, la presenza di acqua e il sistema irriguo. Nei fragoletti gestiti attraverso la produzione integrata, con buona approssimazione, si può affermare che prevale la tendenza, a partire dalla ripresa vegetativa, a distribuire i nutrienti in più riprese e attraverso la fertirrigazione. Nei suoli maggiormente fertili e dotati di un discreto livello di sostanza organica e di colloidi di scambio, la naturale disponibilità di nutrienti, soprattutto azoto, che deriva dal loro rilascio nel suolo dovrebbe indurre i tecnici a consigliare una riduzione delle quantità di concime, la cui entità andrebbe commisurata alla fertilità del terreno.

Al contrario, nei suoli scarsamente fertili (per esempio sabbiosi) la frequenza degli interventi di fertirrigazione dovrebbe essere elevata, e le dosi eventualmente aumentate per compensare le inevitabili perdite. In ogni caso, risulta importante gestire in modo corretto gli apporti idrici, per non lisciviare dal volume di suolo interessato dalle radici della fragola gli elementi minerali apportati, vanificando i vantaggi della fertirrigazione.

La produzione organica di fragola fonda la propria pratica di concimazione sul miglioramento della fertilità del terreno: l'aumento della sostanza organica e il conseguente miglioramento della fertilità biologica del suolo ne costituiscono gli assi portanti. Qui, diversamente da quanto sopra descritto, si mira maggiormente a consentire che la dinamica dei nutrienti nel suolo permetta il rilascio di forme assimilabili per le radici della fragola.

La concimazione di fondo, che precede la messa a dimora delle piantine, si presta in maniera particolare ad arricchire il suolo con elementi dotati di scarsa mobilità e ad aumentare il livello di sostanza organica dei terreni, sottoposti in alcune zone a un notevole sfruttamento nel corso dei successivi cicli colturali. La duplice azione positiva svolta dalla sostanza organica nel terreno (messa a disposizione di elementi nutritivi più o meno prontamente

disponibili e miglioramento della struttura fisica del terreno stesso) può essere preservata con apporti di concimi e ammendanti come il letame e il compost. Per un terreno a normale dotazione di sostanza organica (variabile dallo 0,8 al 2%, passando da terreni sabbiosi a terreni argillosi), gli apporti consigliati nella fase di preparazione del fragoletto sono di circa 10 t di sostanza secca/ha (corrispondenti a circa 40-50 t/ha di letame), che possono essere aumentati o diminuiti in funzione della natura del terreno e della sua dotazione di partenza in sostanza organica. (Andreotti & Tagliavini, 2010)

### 5.2.1 *Fertirrigazione*

La fertirrigazione è una tecnica ampiamente impiegata in fragolicoltura, che consente di abbinare il rifornimento idrico alle piante con la somministrazione di elementi nutritivi in copertura. I vantaggi di questa tecnica sono numerosi e riassumibili nella possibilità di frazionare gli apporti in copertura (dopo il trapianto delle fragole) mantenendo la composizione della soluzione circolante nel terreno su livelli ottimali per i vari nutrienti, evitando l'instaurarsi di condizioni di carenza o di consumi di lusso (dannosi alla coltura) e perdite per lisciviazione di elementi mobili, come l'azoto, responsabili di inquinamento delle falde. Le caratteristiche principali della soluzione nutritiva per la fragola sono quelle di un pH su valori subacidi (5,0-6,5) e di una conducibilità elettrica (EC, mS/cm) variabile tra 1,0 e 1,6 mS/cm nel periodo post-trapianto (estivo-autunnale) e tra 1,8 e 2,0 mS/cm nel periodo fioritura-sviluppo e maturazione dei frutti. Per quanto riguarda la composizione della soluzione nutritiva, questa deve essere modellata in funzione delle caratteristiche di partenza del substrato di coltura, della tipologia della concimazione organica realizzata in pre-impianto, nonché sulle specifiche esigenze nutrizionali delle piante durante le varie fasi del ciclo colturale. Per quanto concerne i principali macronutrienti, la componente azotata rappresenta la frazione più importante della soluzione nutritiva con concentrazioni variabili tra 100 e 120 mg/l. La forma nitrica (N-N<sub>3</sub><sup>-</sup>) è di solito predominante rispetto a quella ammoniacale (N-NH<sub>4</sub><sup>+</sup>). Il K, sotto forma di nitrato (KN<sub>3</sub>) o solfato (K<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>), dovrebbe essere presente in concentrazioni crescenti man mano che si avvicina la maturazione dei frutti, sino a livelli di 250 mg/l. Il P (come fosfato monopotassico o fosfato monoammónico) è presente nella soluzione nutritiva con concentrazioni stabili, attorno ai 45 mg/l. L'erogazione della soluzione nutritiva è eseguita sulla base delle esigenze idriche della coltura, nonché sulle condizioni meteorologiche presenti. (Andreotti & Tagliavini, 2010)

### 5.2.2 Concimazione fogliare

La concimazione fogliare della fragola è uno strumento che può affiancare l'apporto dei fertilizzanti al suolo o sostituirsi ad esso, come nel caso di alcuni microelementi. I vantaggi della concimazione fogliare risiedono nella rapidità della sua azione e nella maggiore efficienza dei fertilizzanti applicati che, se non vengono assorbiti direttamente dalle foglie, giungono poi sul terreno. La concimazione fogliare è vantaggiosa rispetto a quella al suolo nei seguenti casi: quando la richiesta di nutrienti supera la capacità di assorbimento delle radici; quando sussistono condizioni disagiati per la crescita delle radici, dovute a pH, temperatura, umidità e aerazione del terreno sfavorevoli, per prevenire o curare specifiche carenze dei singoli organi dovute a problematiche di distribuzione dei singoli elementi all'interno della pianta, come per esempio accade per il Ca che è traslocato soprattutto con il flusso traspiratorio verso le foglie, determinando l'insorgenza di disordini da Ca-carezza a livello dei frutti. Un caso particolare è rappresentato dalla concimazione fogliare a base di urea. Studi eseguiti sulla fragola hanno dimostrato che l'urea può essere impiegata nella concimazione fogliare, per incrementare in tempi rapidi il contenuto di N nella fragola, specie nelle fasi di maggiore richiesta di questo elemento. (Andreotti & Tagliavini, 2010)

## 5.3 Caratteristiche e dinamiche dei principali elementi nutritivi

### 5.3.1 Azoto (N)

La sua carezza si manifesta con la comparsa di colorazioni verde chiaro nelle foglie adulte e da una riduzione della crescita vegetativa e della produzione di stoloni. Gli effetti delle concimazioni azotate sui principali parametri vegeto-produttivi sono fortemente influenzati dalle dosi e dalle epoche di somministrazione. Per una coltura di fragola a ciclo annuale, con trapianto a luglio e maturazione dei frutti nella primavera-estate dell'anno successivo, l'assorbimento complessivo di N è quantificabile in circa 90 kg/ha (variabili con la varietà considerata e i livelli produttivi raggiunti). Tra il trapianto e il termine della stagione vegetativa nello stesso anno (periodo agosto-metà ottobre) la fragola assorbe circa 20 kg N/ha. Praticamente nulle sono le richieste di N da parte delle piante di fragola nel periodo di riposo vegetativo, mentre esse aumentano sensibilmente a partire dalla ripresa vegetativa. Nel periodo compreso tra aprile e giugno (fine maturazione), la fragola asporta i rimanenti 70 kg/ha circa, con un picco di fabbisogno individuabile a cavallo tra inizio fioritura e maturazione.

Studi condotti sulla composizione minerale dei vari organi della pianta di fragola hanno consentito di evidenziare il ruolo della rimobilizzazione delle riserve interne di N nel soddisfacimento della richiesta di questo elemento da parte degli organi in accrescimento. Una parte maggioritaria (quantificabile in circa il 40%) dell'N impiegato nelle prime fasi della ripresa vegetativa primaverile proviene infatti dalle riserve stoccate durante l'autunno precedente nel colletto e nelle radici della pianta di fragola. La costituzione di queste riserve appare chiaramente dipendente dalla disponibilità di N a livello radicale; a tale proposito, ricerche condotte in Francia consentono di indicare moderate fertilizzazioni azotate come particolarmente utili, soprattutto quando realizzate nella prima parte dell'autunno, in presenza di condizioni ambientali (di temperatura del terreno e di ore di luce) ancora favorevoli all'attività radicale. Occorre infine considerare attentamente gli effetti, diretti e indiretti, delle concimazioni azotate sulla qualità finale della fragola. Apporti eccessivi di N in primavera possono infatti determinare un decadimento qualitativo dei frutti. In particolare, un aumento eccessivo della concentrazione di questo elemento nel frutto di fragola è accompagnato da una corrispondente riduzione della presenza di calcio, con conseguente minore consistenza della polpa e tempi di shelf-life ridotti. (Andreotti & Tagliavini, 2010)

### 5.3.2 Fosforo (P)

I sintomi della carenza di P sono riconducibili a una crescita limitata della pianta e a una colorazione verde scuro delle foglie (abbinata a volte a malformazioni e presenza di punti necrotici nel lembo fogliare). In cultivar di fragola particolarmente sensibili, la carenza di P può determinare il fenomeno dell'albinismo dei frutti. Anche il P è assorbito in maniera prevalente a partire dalla fase di fioritura e durante il successivo sviluppo dei frutti, seppure i quantitativi siano decisamente inferiori rispetto agli altri macronutrienti (tra i 15 e i 20 kg di P per ettaro di fragoleto in pieno campo a seconda del livello di produzione). In terreni naturalmente ben dotati di P, il fabbisogno della fragola per questo elemento risulta in genere già soddisfatto dalla naturale fertilità del suolo; in tali situazioni, apporti ulteriori di fertilizzanti fosfatici non hanno effetti marcati. (Andreotti & Tagliavini, 2010)

### 5.3.3 Potassio (K)

È un elemento presente sotto forma cationica ( $K^+$ ) che gioca un ruolo importante nella regolazione del potenziale osmotico delle cellule, nelle relazioni idriche della fragola e nel potenziale fotosintetico. La carenza di questo elemento si manifesta con clorosi (seguite nei casi più gravi da necrosi) dei margini delle foglie; a volte sono interessate anche le zone



internervali più interne della foglia, in cui può manifestarsi la comparsa di colorazione rossastra. In casi di carenza, le dimensioni delle foglie sono ridotte e anche la capacità di accrescimento degli stoloni è debole. Questo elemento è ripartito soprattutto nei frutti, mentre i primi sintomi di carenza sono evidenziati a livello delle foglie mature. Il fabbisogno di K nella fase di maturazione dei frutti è elevato, con un picco di circa 3 g per pianta al giorno, equivalenti a circa 60 kg/ha di K nel periodo tra inizio fioritura e inizio maturazione dei frutti.

In tale fase le foglie diminuiscono il loro contenuto di K che viene traslocato verso i frutti. L'assorbimento complessivo di K per ettaro varia in funzione del livello di produzione (indicativamente si passa da 90 a 125 kg/ha). Apporti ulteriori di fertilizzanti potassici in terreni sufficientemente dotati di questo elemento non sempre comportano aumenti di assorbimento da parte della pianta, né effetti rilevanti sulla qualità finale delle fragole. (Andreotti & Tagliavini, 2010)

#### 5.3.4 Calcio (Ca)

Lo ione  $Ca^{2+}$  partecipa alla costituzione della parete cellulare e della lamella mediana che si forma nel processo di divisione cellulare. All'interno della pianta il Ca è trasportato unicamente per via xilematica in maniera passiva, seguendo il flusso traspiratorio. Stati di carenza per questo elemento sono evidenziati a livello dei giovani organi in formazione (apici del germoglio, giovani foglie) dove compaiono sintomi di clorosi e necrosi. Il consumo annuale della coltura è stimabile tra gli 80 e i 90 kg/ha. Il Ca è assorbito soprattutto in corrispondenza della fioritura e dell'accrescimento del frutto, quando le asportazioni sono valutabili attorno ai 60-70 kg/ha. Apporti di Ca (per esempio mediante fertirrigazione) sono suggeriti in suoli scarsamente dotati di questo elemento. In genere, per evitare carenze di calcio occorre non eccedere nella fertilizzazione azotata, in quanto dosi eccessive di N si traducono in una maggiore crescita vegetativa e nell'emissione di nuove foglie che, traspirando, richiamano il Ca assorbito rendendolo meno disponibile per i frutti; in tali situazioni, i frutti hanno una polpa meno consistente e una shelf-life ridotta. (Andreotti & Tagliavini, 2010)

#### 5.3.5 Microelementi

Il boro (B) riveste un ruolo importante in diversi processi fisiologici delle piante quali il metabolismo glucidico, la risposta ormonale e la germinabilità del polline. L'insufficiente disponibilità di B determina una minore allegagione, un incremento nel numero di fiori abortiti e, conseguentemente, una riduzione nel numero di fragole per pianta e un'elevata

presenza di malformazioni nei frutti. Il livello critico di carenza si manifesta, nella maggior parte delle cultivar di fragola, con concentrazioni fogliari inferiori a 20 ppm di B (sulla sostanza secca); i sintomi di carenza sono evidenti inizialmente sulle foglie, che presentano una tipica necrosi dell'apice del lembo. Mentre in condizioni di pieno campo non sono stati condotti appositi studi, esperienze eseguite in coltura idroponica sulla cultivar Elsanta evidenziano che una fertirrigazione con 10-15  $\mu\text{mol}$  di B/l è sufficiente per garantire livelli quali-quantitativi ottimali. Carenze di B sono spesso prevenute o curate grazie ad apporti fogliari, preferibili a quelli al suolo quando esiste il rischio di far innalzare la disponibilità dell'elemento nel terreno dalla soglia di carenza a quella di tossicità.

Le carenze di ferro (Fe) sono frequentemente osservate negli impianti di fragola su suoli alcalini o calcarei. Talvolta esse sono anche indotte o accentuate da stati di scarsa aerazione o di basse temperature del suolo, o da irrigazioni con acque ricche in carbonati. In tali condizioni, le radici della fragola, al pari di molte altre specie Fe-inefficienti, hanno difficoltà ad assorbire il ferro, normalmente presente nel terreno nella sua forma ossidata ( $\text{Fe}^{3+}$ ). Le carenze di ferro si manifestano di norma in primavera, attraverso tipici fenomeni di clorosi internervale delle foglie apicali; se non viene curata, essa porta a un aumento dell'incidenza di aborti fiorali e di frutti malformati. La Fe-carenza viene spesso prevenuta o curata mediante applicazione di prodotti a base di Fe-chelato, applicati al suolo (per esempio come Fe-EDDHA e tramite molecole simili) o alle foglie (per esempio Fe-DTPA). Esistono tuttavia mezzi alternativi di cura o prevenzione della clorosi ferrica che prevedono la somministrazione al suolo di ammendanti organici arricchiti con sali di ferro oppure misure atte ad abbassare il pH della rizosfera.

In particolari suoli (per esempio calcarei o sabbiosi) o substrati, anche lo zinco (Zn) deve essere considerato tra gli elementi minerali necessari alla fragola. In condizioni di Zn-carenza (concentrazione fogliare inferiore a 15 ppm) i parametri riproduttivi della fragola (allegagione e dimensione finale dei frutti) appaiono negativamente influenzati. Mentre in condizioni di pieno campo non sono stati condotti appositi studi, esperienze eseguite in coltura idroponica evidenziano che una fertirrigazione con 7,5-10  $\mu\text{mol}$  di Zn/l è da considerarsi adeguata. (Andreotti & Tagliavini, 2010)

## Capitolo 6

### MATERIALI E METODI

#### 6.1 MATERIALE VEGETALE

Le valutazioni sono state effettuate su 6 varietà differenti (Figura 1) della specie *Fragaria x ananassa*:

- 3 unifere (Romina, Cristina, Sibilla);
- 3 rifiorenti (Albion, San Andreas, Monterey).

Sono state utilizzate piante frigo conservate tipo (A+) disposte all'interno di vasi alti 16 cm, con un diametro di 18 cm, con una miscela di terreno di torba (80%) e pomice (20%). Il materiale vegetale è stato acquistato presso il consorzio vivaistico romagnolo di Ravenna (COVIRO) che produce e commercializza materiale vivaistico certificato.



**Figura 1: Coltivazione in vaso delle cultivar**

##### 6.1.1 Romina

Cultivar con un'elevata adattabilità a terreni non fumigati, per produzioni a basso impatto, con frutti di forma conica o biconica a maturazione molto precoce, di sapore molto buono, che si distingue per un'elevata percezione del dolce, determinata da un buon

contenuto di zuccheri e bassa acidità. L'elevata consistenza e conservabilità ne fa un frutto idoneo per la commercializzazione nella grande distribuzione.

#### 6.1.2 *Cristina*

Cultivar con un'alta adattabilità a terreni non fumigati, per produzioni a basso impatto, a maturazione tardiva, con un'elevata produttività e dal frutto di elevata pezzatura e di forma conica. Si distingue per particolari caratteristiche organolettiche.

#### 6.1.3 *Sibilla*

Varietà unifera ad alto fabbisogno in freddo adatta per ambienti continentali, con epoca di maturazione tardiva, vigorosa ed elevato potenziale produttivo. Dotata di buona tolleranza alle malattie ed agli stress. Il frutto è molto bello, di forma conico-allungata, regolare e di buona pezzatura. Il colore è rosso brillante, polpa ben colorata internamente e di forte consistenza e buona resistenza ai danni da pioggia. Il sapore è molto buono, gradevole e di dolcezza elevata.

#### 6.1.4 *Albion*

Cultivar rifiorente a basso fabbisogno in freddo e in grado di ben adattarsi sia agli ambienti meridionali che a quelli settentrionali di montagna con piantagioni primaverili, finalizzate a produzioni estivo-autunnali. Le buone caratteristiche qualitative del frutto (dolcezza e consistenza in particolare), sono gli aspetti positivi, mentre la media produttività della pianta dovuta alla scarsa capacità di rifiorire e la colorazione del frutto spesso non uniforme e troppo scura, rappresentano i suoi limiti principali. La varietà è suscettibile a batteriosi (*Xantomonas fragariae*).

#### 6.1.5 *San Andreas*

Nuova cultivar rifiorente di origine Californiana. La pianta presenta vigoria elevata, con una media capacità di rifiorire, più o meno simile ad Albion, con una produttività sempre molto costante durante tutto l'anno. La pianta è rustica con buona tolleranza alle malattie dell'apparato radicale. Il frutto è di grossa pezzatura, di forma conica, molto regolare, di un

bel colore rosso, molto brillante. La polpa è di colore rosso chiaro, di buona consistenza, con superficie resistente e di elevate caratteristiche qualitative (sapore, aroma e dolcezza). Cultivar interessante per la sue elevate caratteristiche organolettiche con buona “shelf-life”. Si adatta all’utilizzo sia di piante frigoconservate, fresche che “cime radicate” in alveolo. Presenta un basso fabbisogno in freddo e in comparazione con le varietà a giorno corto presenta un’elevata precocità di maturazione con una produzione non elevata ma molto costante durante tutto l’anno permettendo al produttore di non avere problemi di manodopera durante la raccolta.

#### 6.1.6 *Monterey*

Nuova cultivar rifioriente californiana con una buona capacità di rifiorire tutto l'anno. La pianta è di vigoria elevata, resistente ai patogeni del terreno (*Verticillium dahliae*, *Phytophthora cactorum*) e suscettibile ad oidio. I frutti sono di grossa pezzatura, di forma conica, molto regolare, di colore rosso intenso, molto brillante. La polpa è di colore rosso, molto consistente con superficie resistente e di elevate caratteristiche organolettiche, molto dolce. Monterey è una valida cultivar rifioriente interessante per la sua rusticità e per l'elevata qualità dei frutti (pezzatura, aroma e dolcezza). Adatta all'utilizzo sia di piante frigoconservate che fresche cime radicate. Si consiglia, vista la vigoria elevata, impianti più larghi rispetto ad Albion.

## 6.2 **Descrizione della prova sperimentale**

Le cultivar in prova sono state coltivate all’interno della serra sperimentale della facoltà di Agraria dell’Università Politecnica delle Marche, situata in Ancona (latitudine 43 ° 60'522 ; longitudine 13 ° 50'297 ) (Figura 2). Le piante sono state coltivate seguendo un disegno a blocchi completamente randomizzato (6x4x6) . Sono state scelte 6 piante per ogni trattamento (ogni pianta rappresenta una replica) e varietà, secondo caratteristiche comuni come sviluppo e benessere uniforme della pianta. Le varietà sono state soggette ad un differente quantitativo di ore in freddo (1200, 700, 400, 0 ore). L'impianto di irrigazione era costituito da un sistema capillare di tubi forati, il tempo di irrigazione era regolato da un timer impostato a 5 minuti di irrigazione al giorno. Gli elementi nutritivi sono stati somministrati alle piante tramite fertilizzante minerale granulare (Osmocote Exact Mine 5-6M Aicl) . Il dosaggio di fertilizzante era di 4g/l per ogni blocco, distribuito durante la

stagione vegetativa . Ogni singolo granello di fertilizzante contiene tutti gli elementi nutritivi presenti nella formula (15-9-11 + 2MgO + TE- N PK (Mg)).



**Figura 2: Disposizione piante a blocchi completamente randomizzati**

Tutte le piante sono state messe a dimora il 28/07/2018 mantenendo le condizioni ambientali di luce e temperatura all'aperto fino al 15/10/2018. Successivamente, le piante sono state spostate all'interno della serra e sottoposte a temperature  $> 7^{\circ}\text{C}$  con una temperatura media uguale a  $16.7^{\circ}\text{C}$  . Qui sono state conservate le piante sottoposte a 0 ore in freddo fino al periodo della raccolta nella primavera successiva.

**Tabella 1: Data d'ingresso delle piante in cella frigorifera e in serra. Numero totale ore a  $4^{\circ}\text{C}$  in diversi trattamenti.**

Trattamento	Data di ingresso delle piante in cella frigo ( $4^{\circ}\text{C}$ )	N° ore a $4^{\circ}\text{C}$	Data di ingresso delle piante in serra
1	30/11/2018	1200	21/01/2019
2	23/12/2018	700	21/01/2019
3	4/01/2019	400	21/01/2019
4	-	0	15/10/2018

Le piante dei trattamenti 1-2-3 (rispettivamente 1200, 700 e 400 ore in freddo) sono state poste in cella frigorifera a temperatura controllata (4°C) e in totale assenza di luce, in diverse date contemporaneamente rimosse il 21/01/2019 con lo scopo di raggiungere il numero di ore in freddo previste nella sperimentazione, infine sono state ricollocate all'interno della serra. (Tabella 1)

#### 6.2.1 Parametri vegetativi analizzati

I parametri vegetativi (Figura 3) presi in considerazione sono stati l'altezza delle piante, la lunghezza dei piccioli fogliari, la lunghezza degli assi fiorali, il numero di foglie e il numero di assi fiorali.

Tutti i parametri vegetativi sono stati registrati il 28/03/2019 per tutte le piante prese in esame. L'altezza della pianta e la lunghezza del picciolo sono state misurate tramite il righello, espresse in cm. L'altezza della pianta è stata misurata dalla base della chioma dei rami all'apice delle foglie primarie. La lunghezza del picciolo è stata misurata dalla base al punto in cui le tre foglie della foglia trifogliata si uniscono. La lunghezza delle infiorescenze è stata misurata dalla base della corona del ramo al calice del frutto primario. Infine è stata calcolata la media delle misurazioni di ciascuna cultivar/trattamento.



**Figura 3: Cultivar in fase vegetativa**

### 6.2.2 Parametri produttivi analizzati

I frutti (Figura 4) vengono raccolti e suddivisi in base alle caratteristiche morfologiche. I frutti sani e integri rappresentano la produzione commerciale della pianta (diametro >22 mm), i frutti che presentano un diametro al di sotto di 22 mm rappresentano i frutti sottomisura. I frutti che hanno una forma non regolare e spaccata rappresentano i frutti deformi. Infine i frutti colpiti dai marciumi rappresentano i frutti marci. Questi frutti insieme, tranne la produzione commerciale della pianta, rappresentano la produzione di scarto.



**Figura 4: Cultivar in fase produttiva**

La raccolta dei frutti è stata effettuata da febbraio a giugno 2019.

Questi dati sono stati poi utilizzati per calcolare:

- produzione totale per pianta (produzione commerciale per pianta + scarto per pianta);
- peso medio ponderato del frutto (PMP); ottenuto dalla sommatoria dei prodotti tra il peso medio del frutto rilevato in ogni raccolta e la produzione commerciale della stessa raccolta, diviso la produzione commerciale di tutte le raccolte, secondo la formula:

$$PMP = \frac{p \times q}{Q}$$

dove

- p = peso medio del frutto di una raccolta;
- q = produzione commerciale della stessa raccolta;
- Q = produzione commerciale di tutte le raccolte.



- epoca di maturazione; espressa come indice di precocità (IP) che rappresenta la media ponderata dei giorni necessari a raccogliere tutta la produzione a partire dal 19/02/2019, secondo la formula

$$IP = \frac{Z \times q}{Q}$$

dove

Z = numero dei giorni trascorsi dal 19/02/2019;

q = produzione totale raccolta alla data Z;

Q = produzione totale di tutte le raccolte.

I dati di produzione di ogni singola pianta (produzione totale, produzione commerciale e produzione di scarto) sono stati espressi come produzione media per pianta, dividendo, ad ogni staccata, la produzione per il numero di piante presenti nella parcella e sommando i valori di tutte le staccate così ottenuti alla fine della raccolta.

### 6.3 Analisi statistica

I dati sono stati analizzati mediante l'analisi della varianza a due vie (ANOVA) per mettere in relazione le differenze tra cultivar, trattamento e la loro interazione. Differenze significative sono state rilevate mediante il test di Fisher (LSD), con  $p < 0,05$ . I risultati per i parametri vegetativi e produttivi della fragola sono presentati come media  $\pm$  errore standard (SE) per ogni cultivar/trattamento.

## Capitolo 7

### RISULTATI E DISCUSSIONE

#### 7.1 Parametri vegetativi cultivar unifere

Dai risultati dell'analisi Anova, l'effetto cultivar (Cv) è significativo per la risposta della pianta a tutti i parametri studiati. Il trattamento influenza notevolmente il numero delle foglie e delle infiorescenze. L' interazione cultivar per trattamento influenza significativamente l'altezza della pianta, la lunghezza del picciolo e il numero di foglie. (Tabella 2)

**Tabella 2: Analisi della varianza a due vie (ANOVA) per i parametri vegetativi nelle cultivar unifere.**

Parametro	Altezza della pianta	Lunghezza del picciolo fogliare	Numero di foglie	Numero di infiorescenze	Lunghezza delle infiorescenze
<b>Cv (a)</b>	**	**	**	*	**
<b>Trattamento (b)</b>	**	**	NS	**	NS
<b>Trattamento x Cv (a) x (b)</b>	NS	NS	NS	**	*

\*\* = interazione significativa con  $p < 0.01$ ; \* = interazione significativa per  $p < 0.05$ ; NS = interazione non significativa.

##### 7.1.1 Altezza della pianta delle cultivar unifere

I risultati (Tabella 3) hanno mostrato che le condizioni di temperatura , durante il periodo invernale, hanno un impatto in termini di sviluppo vegetativo delle piante di fragola :

-Cristina: non presenta differenze significative per lo sviluppo in altezza della pianta considerando più o meno uniformi i valori relativi a 1200, 700 ore in freddo mentre se riduciamo il quantitativo di ore in freddo (400 e 0) notiamo un ridotto livello di crescita della cultivar rispetto ai valori più alti (1200 e 700);

-Romina: manifesta un elevato valore di crescita a 1200 ore in freddo , mentre a 700 e 400 non si evidenziano differenze significative, infine a 0 ore in freddo la cultivar ha un valore di crescita ridotto;

-Sibilla: possiamo notare come diminuendo le ore in freddo da 1200 a 0 c'è una discreta diminuzione dello sviluppo in altezza della cultivar, considerando i valori ottenuti simili a quelli riscontrati con Romina.

Nel presente studio, il divario in termini di sviluppo tra piante soggette alla durata massima di ore in freddo (1200 ore) e 0 ore è di 8 cm (altezza della pianta), e 5 cm ( lunghezza del picciolo fogliare). Da notare che “Romina” e “Sibilla”, statisticamente simili, presentano il miglior risultato di altezza della pianta in relazione alla maggiore esposizione al freddo. “Cristina”, con soli 21 cm di altezza della pianta, rimane più compatta. Il minor numero di ore trascorse al freddo corrisponde ad una crescita molto bassa. Questo comportamento è più evidente per “Romina” e “Sibilla”, con quest'ultima più suscettibile (meno 10 cm di altezza della pianta a 0 ore rispetto a 1200), seguita da “Romina” (meno 8 cm di altezza della pianta a 0 ore rispetto a 1200). Anche “Cristina” soffre di mancanza di ore in freddo, ma in misura minore.

**Tabella 3: Effetto delle ore in freddo sull'altezza della pianta (cm) in diverse cultivar di fragola unifere.**

		<b>Altezza pianta (cm)</b>			
<b>N° ore in freddo</b>		<b>1200</b>	<b>700</b>	<b>400</b>	<b>0</b>
	<b>“Cristina”</b>	21.1±1.5cd	21.9±0.9c	18.6±0.7d	14.6 ±0.6e
<b>Cultivar</b>	<b>“Romina”</b>	30.2±0.7a	25.6±0.6b	25.7±0.7b	22.7±1.6c
	<b>“Sibilla”</b>	28.6±0.9a	25.9±0.7b	23.6±0.8bc	19±0.6d
	<b>Media</b>	<b>26.6±4.9A</b>	<b>24.5±2.6AB</b>	<b>22.6±3.6B</b>	<b>18.8±4.3C</b>

I valori indicati con la stessa lettera minuscola per lo stesso parametro non sono statisticamente differenti per il test LSD di Fisher ( $p < 0,05$ ). I valori medi per ciascun parametro indicati con la stessa lettera maiuscola non sono statisticamente differenti per il test LSD di Fisher ( $p < 0,05$ ). NS= non significativo. I valori sono espressi come media di un anno (2019) ± deviazione standard (ES).

### 7.1.2 Lunghezza del picciolo fogliare delle cultivar unifere

Risultati (Tabella 4) simili all'altezza della pianta sono stati ottenuti per la lunghezza del picciolo fogliare:

-Cristina: si evidenziano valori più o meno costanti per 1200, 700 e 400 ore in freddo mentre osserviamo una discreta diminuzione a 0;

-Romina: osserviamo un valore elevato a 1200, per quanto riguarda i trattamenti intermedi abbiamo valori di lunghezza del picciolo praticamente identici mentre c'è una lieve diminuzione a 0;

-Sibilla: notiamo un discreto valore a 1200 poi si osserva una graduale diminuzione di sviluppo del picciolo per valori di 700 e 400 infine il distacco è elevato a 0 rispetto al trattamento a 1200 ore in freddo.

La diminuzione della lunghezza del picciolo è proporzionale alla riduzione delle ore in freddo. La cultivar più sensibile è "Sibilla", con una riduzione di 6 cm da 1200 a 0 ore, poi "Romina" (riduzione di 5 cm) e "Cristina" (riduzione di 4 cm).

**Tabella 4: Effetto delle ore in freddo sulla lunghezza del picciolo fogliare (cm) in diverse cultivar di fragola unifere.**

		Lunghezza del picciolo fogliare (cm)			
<i>N° ore in freddo</i>		1200	700	400	0
	<i>"Cristina"</i>	12.7±0.6ef	13.6±0.8de	11.4±0.6f	8.8±0.4g
<i>Cultivar</i>	<i>"Romina"</i>	20±0.9a	17.4±0.6bc	17±0.6bc	15.4±0.8cd
	<i>"Sibilla"</i>	18.8±0.8ab	16.9±0.7bc	15.8±1c	12.8±0.9ef
	<i>Media</i>	<b>17.2±3.7A</b>	<b>16±2.4AB</b>	<b>14.7±3.1B</b>	<b>12.3±3.4C</b>

I valori indicati con la stessa lettera minuscola per lo stesso parametro non sono statisticamente differenti per il test LSD di Fisher ( $p < 0,05$ ). I valori medi per ciascun parametro indicati con la stessa lettera maiuscola non sono statisticamente differenti per il test LSD di Fisher ( $p < 0,05$ ). NS= non significativo. I valori sono espressi come media di un anno (2019) ± deviazione standard (ES).

### 7.1.3 Numero di foglie delle cultivar unifere

Il numero medio di foglie prodotte per pianta (Tabella 5) rimane abbastanza costante, indipendentemente dai diversi trattamenti applicati:

-Cristina: presenta un numero di foglie costante per i trattamenti a 1200,700 e 400 ore in freddo, invece a 0 ore in freddo la cultivar dimostra un sensibile incremento del numero di foglie;

-Romina: possiamo notare valori pressoché costanti e uniformi per tutti i trattamenti applicati in relazione al numero di foglie presenti nella cultivar;

-Sibilla: anche in questo caso i valori sono mediamente uniformi in tutti i trattamenti effettuati con un leggero aumento del numero di foglie a 700 ore in freddo.

**Tabella 5: Effetti delle ore in freddo sul numero di foglie in diverse cultivar di fragola unifere.**

		N° foglie			
N° ore in freddo		1200	700	400	0
	<b>“Cristina”</b>	30.4± 2.4bc	33.1±2.9abc	31±1.6bc	39.4±3.0a
<b>Cultivar</b>	<b>“Romina”</b>	27.4± 2.1bc	28.4±3.3bc	26.9±1.2c	30.1±1.7bc
	<b>“Sibilla”</b>	28.9±1.6bc	33.4±2.9ab	28.3±1.5bc	27.6±1.7bc
	<b>Media</b>	<b>28.9±5.3NS</b>	<b>31.7±8NS</b>	<b>28.7±4.1NS</b>	<b>32.4±7.7NS</b>

I valori indicati con la stessa lettera minuscola per lo stesso parametro non sono statisticamente differenti per il test LSD di Fisher ( $p < 0,05$ ). I valori medi per ciascun parametro indicati con la stessa lettera maiuscola non sono statisticamente differenti per il test LSD di Fisher ( $p < 0,05$ ). NS= non significativo. I valori sono espressi come media di un anno (2019) ± deviazione standard (ES).

Lo studio mostra una maggiore produzione di foglie in piante coltivate senza ore in freddo, ma questo risultato è fortemente influenzato dal genotipo, poiché alcune cultivar producono molte foglie indipendentemente dall'esposizione alle ore in freddo.

In questo caso, tra le piante non esposte ad ore in freddo (0 ore), solo “Cristina” si distingue per un maggiore sviluppo vegetativo rispetto agli altri trattamenti di ore in freddo in termini di numero di foglie.

#### 7.1.4 Numero di infiorescenze delle cultivar unifere

Per quanto riguarda il numero di infiorescenze (Tabella 6) i valori rilevati sono i seguenti:

-Cristina: possiamo mettere in risalto valori elevati ed identici per i trattamenti intermedi a 700 e 400 ore in freddo con un'evidente diminuzione del numero di infiorescenze per quanto concerne i valori ottenuti nei trattamenti a 1200 e 0 ore in freddo;

-Romina: si evidenzia una situazione opposta rispetto a Cristina con valori più elevati del numero di infiorescenze per i trattamenti a 1200 e 0 ore in freddo mentre per i trattamenti intermedi a 700 e 400 ore in freddo i valori rilevati sono inferiori e costanti;

-Sibilla: osserviamo un andamento costante per quanto riguarda i valori ottenuti nei trattamenti a 1200, 700 e 400 ore in freddo mentre il valore più alto del numero di infiorescenze si ottiene con l'ultimo trattamento a 0 ore in freddo, nettamente superiore rispetto agli altri trattamenti.

Le piante senza ore in freddo sono state messe a dimora direttamente a gennaio, mentre le altre dopo febbraio, con una temperatura media superiore ai 15 °C. Questi risultati suggeriscono la grande importanza della quantità di ore in freddo per creare le condizioni ottimali per lo sviluppo e l'induzione della fioritura delle piante.

**Tabella 6: Effetto delle ore in freddo sul numero di infiorescenze in diverse cultivar di fragola unifere.**

		N° infiorescenze			
N° ore in freddo		1200	700	400	0
	<b>“Cristina”</b>	4.3±0.9e	7.3±0.7abc	7.4± 0.2ab	5.3±0.6de
<b>Cultivar</b>	<b>“Romina”</b>	5.6±0.8cde	4.1±0.6e	4.9±0.3de	6.4±0.4bcd
	<b>“Sibilla”</b>	5±0.4de	5.4±0.7de	6.1±0.6bcd	8.7±0.8a
	<b>Media</b>	<b>5.0±2.0B</b>	<b>5.6±2.1AB</b>	<b>6.1±1.5AB</b>	<b>6.8±2.2A</b>

I valori indicati con la stessa lettera minuscola per lo stesso parametro non sono statisticamente differenti per il test LSD di Fisher ( $p < 0,05$ ). I valori medi per ciascun parametro indicati con la stessa lettera maiuscola non sono statisticamente differenti per il test LSD di Fisher ( $p < 0,05$ ). NS= non significativo. I valori sono espressi come media di un anno (2019) ± deviazione standard (ES).

#### 7.1.5 Lunghezza delle infiorescenze delle cultivar unifere

Non vi è alcuna differenza statistica nella lunghezza media dell'asse florale (Tabella 7) tra cultivar sottoposte e non sottoposte a trattamento di ore in freddo:

-Cristina: possiamo osservare valori costanti ed uniformi nella lunghezza delle infiorescenze per tutti i trattamenti applicati alla cultivar;

-Romina: anche questa cultivar mostra valori costanti ed identici come Cristina, con un leggero aumento della lunghezza del numero di infiorescenze per il trattamento a 0 ore in freddo;

-Sibilla: situazione inversa rispetta a Romina con il valore più alto a 1200 ore in freddo, mentre i restanti trattamenti a 700,400 e 0 ore in freddo presentano gli stessi valori.

Si evidenzia il miglior risultato per “Sibilla” (21.8± 0.4 cm) in 1200 ore in freddo. Solo per questa cultivar si è osservato un andamento decrescente in termini di lunghezza delle infiorescenze passando da 1200 a 0 ore in freddo. “Romina” ha mostrato valori di lunghezza delle infiorescenze simili a “Sibilla”, ma con andamento opposto; infatti, la riduzione delle ore in freddo stimola l'allungamento degli assi fiorali, anche se senza differenze significative tra i quattro trattamenti. Infine, "Cristina" genera assi fiorali molto brevi in ciascuno dei trattamenti di ore in freddo.

**Tabella 7: Effetto delle ore in freddo sulla lunghezza delle infiorescenze (cm) in diverse cultivar di fragola unifere.**

		<b>Lunghezza infiorescenze (cm)</b>			
<b>N° ore in freddo</b>		<b>1200</b>	<b>700</b>	<b>400</b>	<b>0</b>
	<b>“Cristina”</b>	11.2±0.9c	11.8±1c	8.9±0.5c	9±0.5c
<b>Cultivar</b>	<b>“Romina”</b>	17.4±1.8b	17.3±2.1b	17.9±1b	21.7±1.9ab
	<b>“Sibilla”</b>	21.8±0.4a	18.2±1.3b	17.8±0.6b	17.7±0.9b
	<b>Media</b>	<b>16.8±5.4NS</b>	<b>15.8±4.8NS</b>	<b>14.8±4.7NS</b>	<b>16.2±6.3NS</b>

I valori indicati con la stessa lettera minuscola per lo stesso parametro non sono statisticamente differenti per il test LSD di Fisher ( $p < 0,05$ ). I valori medi per ciascun parametro indicati con la stessa lettera maiuscola non sono statisticamente differenti per il test LSD di Fisher ( $p < 0,05$ ). NS= non significativo. I valori sono espressi come media di un anno (2019) ± deviazione standard (ES).

## 7.2 Parametri vegetativi cultivar rifioranti

L'analisi Anova mostra che l'effetto della cultivar (Cv) è significativo solo per il numero di foglie, mentre i trattamenti influiscono sull'altezza della pianta, sulla lunghezza del picciolo fogliare, sul numero di infiorescenze. L'interazione cv per trattamento mostra una rilevanza significativa per l'altezza della pianta. (Tabella 8).

**Tabella 8: Analisi della varianza a due vie (ANOVA) per i parametri vegetativi nelle cultivar riflorenti.**

Parametro	Altezza della pianta	Lunghezza del picciolo fogliare	Numero di foglie	Numero di infiorescenze	Lunghezza delle infiorescenze
<b>Cv (a)</b>	NS	NS	**	NS	NS
<b>Trattamento (b)</b>	**	**	NS	**	NS
<b>Trattamento x Cv (a) x (b)</b>	**	NS	NS	NS	NS

\*\* = interazione significativa con  $p < 0.01$ ; \* = interazione significativa per  $p < 0.05$ ; NS = interazione non significativa.

### 7.2.1 Altezza della pianta delle cultivar riflorenti

Un altro dato significativo di questo studio riguarda le varietà riflorenti (Tabella 9), in cui il diverso numero di ore di esposizione alle basse temperature ha prodotto effetti diversi sulle cultivar:

-Albion: si evidenzia un aumento dei valori per i trattamenti a 1200 e 700 ore in freddo mentre si ha una diminuzione significativa dei valori per i trattamenti a 400 e 0 ore in freddo;

-Monterey: anche in questa cultivar possiamo osservare valori elevati per i trattamenti a 1200 e 700 ore in freddo con un decisivo decremento dei valori per i trattamenti a 400 e 0 ore in freddo;

-S. Andreas: possiamo notare valori decisamente elevati e costanti per i trattamenti a 1200, 700 e 400 ore in freddo, mentre l'ultimo trattamento a 0 ore in freddo presenta un valore nettamente inferiore.

Le condizioni di bassa temperatura generalmente migliorano le prestazioni in termini di altezza piante, in particolare con 700 ore in freddo. Anche in questo caso i risultati sono leggermente influenzati dalla risposta del genotipo all'esposizione al freddo. "Albion" e "S. Andreas" mostrano una crescita minore delle piante per il trattamento a 0 ore in freddo, mentre "Monterey" per 400 ore in freddo. Tutte e tre le cultivar mostrano una significativa riduzione dell'altezza della pianta in assenza di trattamenti di ore in freddo (0 ore) rispetto alle 1200 e 700 ore (Tabella 9).



**Tabella 9: Effetto delle ore in freddo sull'altezza della pianta (cm) in diverse cultivar di fragola riflorenti.**

		Altezza pianta (cm)			
N° ore in freddo		1200	700	400	0
	<i>"Albion"</i>	27.4±0.9cd	28.4±0.6bcd	26.4±1.2de	23.9±1.1ef
<i>Cultivar</i>	<i>"Monterey"</i>	29.2±0.9abcd	30.1±1.1abc	23.9±1.1ef	24±1.3ef
	<i>"S. Andreas"</i>	29.1±1.1abcd	31.6±1.0a	30.7±1.3ab	21.9±1.4f
	<i>Media</i>	<b>28.5±2.6B</b>	<b>30±2.7A</b>	<b>27±4.2B</b>	<b>23.2±3.4C</b>

I valori indicati con la stessa lettera minuscola per lo stesso parametro non sono statisticamente differenti per il test LSD di Fisher ( $p < 0,05$ ). I valori medi per ciascun parametro indicati con la stessa lettera maiuscola non sono statisticamente differenti per il test LSD di Fisher ( $p < 0,05$ ). NS= non significativo. I valori sono espressi come media di un anno (2019) ± deviazione standard (ES).

#### 7.2.2 Lunghezza del picciolo fogliare delle cultivar riflorenti

La lunghezza del picciolo fogliare (Tabella 10) è soggetta allo stesso trend di crescita dell'altezza delle piante, con una riduzione media di 4 cm da 1200 a 0 ore in freddo:

-Albion: si osserva un andamento pressoché costante dei valori di lunghezza del picciolo fogliare per i trattamenti a 1200, 700 e 400 ore in freddo mentre si ha una lieve diminuzione del valore per il trattamento a 0 ore in freddo;

-Monterey: possiamo notare valori alti per i trattamenti a 1200 e 700 ore in freddo con un andamento decrescente dei valori per i trattamenti a 400 e 0 ore in freddo, che risultano essere identici;

-S. Andreas: si evidenzia il valore più alto a 700 ore in freddo mentre per i trattamenti a 1200 e 400 ore in freddo i valori sono uguali e leggermente più bassi di quello a 700; infine l'ultimo valore per il trattamento a 0 ore in freddo si discosta in maniera marcata dagli altri con un'evidente diminuzione.

Come per l'altezza della pianta, anche per la lunghezza del picciolo i valori migliori si sono registrati a 700 ore in freddo, con "S. Andreas" che ha un valore significativamente maggiore di "Albion" e simile a "Monterey". Da un punto di vista statistico, "S. Andreas" non mostra alcuna differenza tra la lunghezza del picciolo ai diversi trattamenti di ore in freddo (1200, 700 e 400), mentre le piante a 0 ore in freddo hanno un impatto significativamente negativo sulla performance vegetativa. Un risultato simile è stato ottenuto

anche da “Albion”, mentre in “Monterey” si manifesta già a 400 ore una significativa riduzione della lunghezza del picciolo.

**Tabella 10: Effetto delle ore in freddo sulla lunghezza del picciolo fogliare (cm) in diverse cultivar di fragola rifiorenti.**

		Lunghezza del picciolo fogliare (cm)			
<i>N° ore in freddo</i>		<b>1200</b>	<b>700</b>	<b>400</b>	<b>0</b>
	<i>“Albion”</i>	18.7±0.9bcde	19.5±0.9bc	17.2±1.1cde	16.3±0.8def
<i>Cultivar</i>	<i>“Monterey”</i>	19±0.7bcd	20.5±1.1ab	16.3±1ef	16±0.9ef
	<i>“S. Andreas”</i>	20.3±1.2ab	22.2±0.8a	20.3±0.9ab	14.4±1f
	<i>Media</i>	<b>19.3±2.5AB</b>	<b>20.7±2.7A</b>	<b>17.9±3B</b>	<b>15.6±2.4C</b>

I valori indicati con la stessa lettera minuscola per lo stesso parametro non sono statisticamente differenti per il test LSD di Fisher ( $p < 0,05$ ). I valori medi per ciascun parametro indicati con la stessa lettera maiuscola non sono statisticamente differenti per il test LSD di Fisher ( $p < 0,05$ ). NS= non significativo. I valori sono espressi come media di un anno (2019) ± deviazione standard (ES).

### 7.2.3 Numero di foglie delle cultivar rifiorenti

La produzione media di foglie (Tabella 11) non mostra variazioni legate all'esposizione ai diversi trattamenti di ore in freddo, anche se ogni cultivar si comporta in modo diverso rispetto alle ore in freddo:

-Albion: possiamo notare valori costanti e identici per tutti i trattamenti applicati;

-Monterey: in questa cultivar osserviamo valori bassi per i trattamenti a 1200 e 400 ore in freddo, mentre i valori più alti sono rilevati per i trattamenti a 700 e 0 ore in freddo;

-S. Andreas: si evidenzia un andamento crescente dei valori passando da 1200 a 400 ore in freddo, con un leggera diminuzione del valore per il trattamento a 0 ore in freddo.

“Albion” presenta un andamento decrescente del numero di foglie con la diminuzione delle ore in freddo, ma senza differenze significative. “S. Andreas” aumenta il suo numero di foglie al diminuire delle ore in freddo, fino a 24,7 in 400 ore di trattamento di ore in freddo, per poi mostrare il numero più basso a 0 ore, ma senza differenze significative tra i trattamenti. Infine, “Monterey” aumenta il numero di foglie al diminuire delle ore in freddo, raggiungendo il suo massimo a 0 ore. Tuttavia, il trattamento di 400 ore in freddo ha un impatto negativo su questa cultivar, mostrando un valore inferiore a 700 e 0 ore in freddo.

**Tabella 11: Effetto delle ore in freddo sul numero di foglie in diverse cultivar di fragola rifioventi.**

		N° foglie			
N° ore in freddo		1200	700	400	0
	<i>“Albion”</i>	17.4±1.9bcd	16.9±2bcd	16.4±2.3bcd	16.1±1.8bcd
<i>Cultivar</i>	<i>“Monterey”</i>	15.6±1.6cd	19.9±1.6abc	14±0.9d	20.3±2.2abc
	<i>“S. Andreas”</i>	21.4±1.7ab	23.9±2.2a	24.7±2.1a	20±1.8abc
	<i>Media</i>	<b>18.1±5NS</b>	<b>20.2±5.7NS</b>	<b>18.4±6.6NS</b>	<b>18.8±5.3NS</b>

I valori indicati con la stessa lettera minuscola per lo stesso parametro non sono statisticamente differenti per il test LSD di Fisher ( $p < 0,05$ ). I valori medi per ciascun parametro indicati con la stessa lettera maiuscola non sono statisticamente differenti per il test LSD di Fisher ( $p < 0,05$ ). NS= non significativo. I valori sono espressi come media di un anno (2019) ± deviazione standard (ES).

#### 7.2.4 Numero di infiorescenze delle cultivar rifioventi

Come per le unifere, anche per le cultivar rifioventi si riscontra un maggior numero di infiorescenze (Tabella 12) in correlazione con la diminuzione del numero di ore in freddo:

-Albion: si osservano valori costanti per tutti i trattamenti, con una lieve diminuzione per i valori dei trattamenti a 1200 e 0 ore in freddo;

-Monterey: anche in questa cultivar i valori sono uniformi e costanti, con un leggero aumento passando da 1200 a 0 ore in freddo;

-S. Andreas: si evince un andamento crescente dei valori al diminuire delle ore in freddo con il valore più alto in assenza di soddisfacimento delle ore in freddo.

Questa tendenza mostra un numero di infiorescenze significativamente inferiore a 1200 ore in freddo rispetto agli altri tre trattamenti, che sono simili tra loro.

**Tabella 12: Effetto delle ore in freddo sul numero di infiorescenze in diverse cultivar di fragola rifioventi.**

		N° infiorescenze			
		1200	700	400	0
<i>Cultivar</i>	<i>“Albion”</i>	4.3±0.8abc	5.6±0.6ab	5.3±0.6ab	4.7±0.3abc
	<i>“Monterey”</i>	4.3±0.5abc	5.1±0.6ab	5.9±0.5a	5.9±0.3a
	<i>“S. Andreas”</i>	3.1±0.3c	4.1±0.6bc	4.6±0.5abc	5.6±0.8ab
<i>Media</i>		<b>3.9±1.6B</b>	<b>5±1.7A</b>	<b>5.2±1.5A</b>	<b>5.4±1.4A</b>

I valori indicati con la stessa lettera minuscola per lo stesso parametro non sono statisticamente differenti per il test LSD di Fisher ( $p < 0,05$ ). I valori medi per ciascun parametro indicati con la stessa lettera maiuscola non sono statisticamente differenti per il test LSD di Fisher ( $p < 0,05$ ). NS= non significativo. I valori sono espressi come media di un anno (2019) ± deviazione standard (ES).

### 7.2.5 Lunghezza delle infiorescenze delle cultivar rifioventi

Sembra non esserci alcuna correlazione tra le ore in freddo e la lunghezza delle infiorescenze (Tabella 13):

-Albion: si osserva il valore più alto a 400 ore in freddo, mentre per i restanti trattamenti i valori sono uniformi;

-Monterey: possiamo notare valori identici per i trattamenti a 1200, 700 e 400 ore in freddo, con il valore leggermente superiore in assenza di ore in freddo;

-S. Andreas: anche in questa cultivar si ha un andamento costante dei valori per i trattamenti a 1200, 700 e 0 ore in freddo mentre, a differenza di Monterey, c'è un incremento del valore per quanto riguarda l'ultimo trattamento a 0 ore in freddo, nettamente superiore rispetto agli altri 3 valori.

“S. Andreas” produce assi fiorali più lunghi in piante poste in serra senza trattamento di ore in freddo. Anche “Monterey” mostrava assi fiorali più lunghi a 0 ore in freddo ma, a differenza di “S. Andreas”, questo parametro non presenta alcuna differenza statistica tra i trattamenti. Infine, “Albion” ha mostrato lunghezze delle infiorescenze più lunghe di “Monterey” e “S. Andreas”, ma questa differenza si nota solo a 700 ore in freddo, che rappresentano anche la migliore performance di “Albion”.

**Tabella 13: Effetto delle ore in freddo sulla lunghezza delle infiorescenze (cm) in diverse cultivar di fragola rifiorenti.**

		Lunghezza infiorescenze (cm)			
N° ore in freddo		1200	700	400	0
	<i>“Albion”</i>	21.5±1.8ab	24±1.7a	20.3±1.2ab	20.7±1.1ab
<i>Cultivar</i>	<i>“Monterey”</i>	17.0±1.6b	19±1.1b	19.3±2.1b	20.4±1.1ab
	<i>“S. Andreas”</i>	18.8±2.6b	17.6±1.9b	17.7±1.7b	24.1±0.9a
	<i>Media</i>	<b>19.1±5.4NS</b>	<b>20.2±4.9NS</b>	<b>19.1±4.4NS</b>	<b>21.7±3.1NS</b>

I valori indicati con la stessa lettera minuscola per lo stesso parametro non sono statisticamente differenti per il test LSD di Fisher ( $p < 0,05$ ). I valori medi per ciascun parametro indicati con la stessa lettera maiuscola non sono statisticamente differenti per il test LSD di Fisher ( $p < 0,05$ ). NS= non significativo. I valori sono espressi come media di un anno (2019) ± deviazione standard (ES).

### 7.3 Parametri produttivi cultivar unifere

L'analisi statistica Anova mostra che la cultivar influenza tutti i parametri analizzati, ad eccezione dello scarto, mentre il trattamento è efficace solo per la produzione commerciale; l'interazione cv per trattamento influenza l'indice di precocità, la produzione totale e lo scarto. (Tabella 14)

**Tabella 14: Analisi della varianza a due vie (ANOVA) per i parametri produttivi nelle cultivar unifere.**

Parametro	Indice di precocità	Peso medio dei frutti	Produzione commerciale	Produzione totale	Produzione di scarto
<b>Cv (a)</b>	**	**	**	**	NS
<b>Trattamento (b)</b>	NS	NS	*	NS	NS
<b>Trattamento x Cv (a) x (b)</b>	**	NS	NS	**	**

\*\* = interazione significativa con  $p < 0,01$ ; \* = interazione significativa per  $p < 0,05$ ; NS = interazione non significativa.

### 7.3.1 *Indice di precocità delle cultivar unifere*

-Cristina: possiamo notare valori più elevati per i trattamenti a 1200 e 700 ore in freddo, mentre si ha una diminuzione progressiva per i valori riferiti ai trattamenti a 400 e 0 ore in freddo, il quale riporta il valore più basso;

-Romina: si osserva un' effettiva uguaglianza tra i valori ottenuti per i trattamenti a 1200, 700 e 400 ore in freddo, con una marcata differenza di valore (in questo caso nettamente più alto) per il trattamento senza ore in freddo;

-Sibilla: in questa cultivar i valori ottenuti sono costanti e uniformi per tutti i trattamenti applicati.

**Tabella 15: Effetto delle ore in freddo sull'indice di precocità (giorni) in diverse cultivar di fragola unifere.**

		<b>Indice di precocità (giorni)</b>			
<i>N° ore in freddo</i>		<b>1200</b>	<b>700</b>	<b>400</b>	<b>0</b>
	<b>“Cristina”</b>	156.0±2.1a	154.4±2.4a	149.5±1.3ab	143.9±1.5b
<b>Cultivar</b>	<b>“Romina”</b>	127.4±1.7c	127.3±4.8c	132.2±2.1c	142.0±6.0b
	<b>“Sibilla”</b>	133.0±2.0c	133.5±2.6c	131.9±1.4c	133.2±1.2c
	<b>Media</b>	<b>138.8±3NS</b>	<b>138.4±3.2NS</b>	<b>137.9±2.1NS</b>	<b>139.5±2.3NS</b>

I valori indicati con la stessa lettera minuscola per lo stesso parametro non sono statisticamente differenti per il test LSD di Fisher ( $p < 0,05$ ). I valori medi per ciascun parametro indicati con la stessa lettera maiuscola non sono statisticamente differenti per il test LSD di Fisher ( $p < 0,05$ ). NS= non significativo. I valori sono espressi come media di un anno (2019) ± deviazione standard (ES).

La cultivar “Romina” (Tabella 15) messa direttamente in serra senza alcun trattamento di ore in freddo ha mostrato un ritardo di raccolta di 15 giorni rispetto alle piante esposte a 1200 ore in freddo. Inoltre, la produzione cumulativa totale della pianta durante il periodo di raccolta è inferiore. Per entrambi i trattamenti la raccolta è più costante rispetto a “Cristina”. La cultivar “Cristina” entra invece in produzione 13 giorni prima nel trattamento a 0 ore in freddo rispetto alle 1200 ore in freddo. Se raccolte dopo 0 ore in freddo, sia “Cristina” (varietà tardiva) che “Romina” (varietà precoce) perdono il caratteristico periodo di maturazione. L'unica cultivar che non risente dell'eliminazione delle ore in freddo in termini di tempo di maturazione è “Sibilla”. Il numero di giorni necessari per ottenere frutti

completamente maturi non è regolare, perché per alcune varietà il trattamento in ore in freddo non provoca alcuna differenza, mentre in altre varietà si verifica una più rapida maturazione dei frutti delle piante non soggette a trattamento di ore in freddo. (Tanino & Wang, 2008) Questi risultati potrebbero essere legati anche ad un altro parametro, ossia la data di fioritura. (Tehranifar, et al., 1998) hanno riportato che l'aumento del tempo di ore in freddo provoca una fioritura anticipata. Molti autori hanno anche notato questa correlazione, insieme alla relazione tra l'apertura anticipata del primo fiore e l'aumento del periodo di ore in freddo. (Lieten, 2010) (Tanino & Wang, 2008) (Ledesma, et al., 2017)

### 7.3.2 *Peso medio frutti delle cultivar unifere*

È importante ricordare che lo spostamento del tempo di raccolta, dovuto ai diversi trattamenti di ore in freddo, non influisce in modo significativo sul peso medio dei frutti (Tabella 16):

-Cristina: possiamo affermare che non sono presenti differenze statisticamente significative tra i valori rilevati per tutti i trattamenti di ore in freddo;

-Romina: si osservano valori più elevati per quanto riguarda i trattamenti a 1200 e 0 ore in freddo di poco superiori ai valori ricavati dai trattamenti intermedi a 700 e 400 ore in freddo;

-Sibilla: in questa cultivar i valori sono costanti ed uniformi per i trattamenti a 1200,700 e 400 ore in freddo, mentre si ha una leggera diminuzione per l'ultimo valore in assenza di ore in freddo. I frutti più grandi appartengono alla varietà "Cristina". "Romina" e "Sibilla" mostrano un peso medio dei frutti statisticamente simile.

**Tabella 16: Effetto delle ore in freddo sul peso medio dei frutti (g) in diverse cultivar di fragola unifere.**

<i>N° ore in freddo</i>	<b>Peso medio dei frutti (g)</b>			
	<b>1200</b>	<b>700</b>	<b>400</b>	<b>0</b>
<i>"Cristina"</i>	21.9±2.3a	19.9±1.8ab	22.4±1.2a	23.1±1.5a
<i>Cultivar</i>				
<i>"Romina"</i>	16.1±1.2bc	13.6±0.7c	15.0±0.9c	16.5±2.1bc
<i>"Sibilla"</i>	16.8±1.3bc	16.0±0.3bc	17.2±1.6bc	15.1±1.1c
<i>Media</i>	<b>18.2±1.1NS</b>	<b>16.5±0.8NS</b>	<b>18.2±1NS</b>	<b>18.3±1.2NS</b>

I valori indicati con la stessa lettera minuscola per lo stesso parametro non sono statisticamente differenti per il test LSD di Fisher ( $p < 0,05$ ). I valori medi per ciascun parametro indicati con la stessa lettera maiuscola non sono statisticamente differenti per il test LSD di Fisher ( $p < 0,05$ ). NS= non significativo. I valori sono espressi come media di un anno (2019) ± deviazione standard (ES).

### 7.3.3 Produzione commerciale delle varietà unifere

La produzione commerciale media delle varietà sperimentate differisce significativamente tra i trattamenti di ore in freddo (Tabella 17):

-Cristina: possiamo notare valori più bassi per i trattamenti a 1200 e 700 ore in freddo, il valore più alto è stato registrato per il trattamento a 400 ore in freddo, mentre in assenza di ore in freddo il valore riportato è discreto;

-Romina: in questa cultivar si parte da un valore iniziale elevato per il trattamento a 1200 ore in freddo riscontrando poi una drastica riduzione del valore riferito al trattamento a 700 ore in freddo, mentre gli ultimi 2 valori ottenuti non presentano differenze statisticamente significative, pur sempre inferiori rispetto a quello iniziale;

-Sibilla: si osserva un andamento costante per i valori riferiti ai trattamenti a 1200, 700, 400 ore in freddo, con il valore più alto registrato in assenza di ore in freddo.

**Tabella 17: Effetto delle ore in freddo sulla produzione commerciale (g/pianta) in diverse cultivar di fragola unifere.**

		Produzione commerciale (g/pianta)			
N° ore in freddo		1200	700	400	0
	<b>“Cristina”</b>	95.7±26.4cd	134.4±32.3bcd	205.7±20ab	170.6±35.8bc
<b>Cultivar</b>	<b>“Romina”</b>	174.1±33.3b	91.1±20.0d	158.1±27.5bcd	145.6±28.2bcd
	<b>“Sibilla”</b>	204.6±33ab	181.3±16.4ab	203.3±22.9ab	253.6±25.7a
	<b>Media</b>	<b>158.1±19.9AB</b>	<b>135.6±15.5B</b>	<b>189±13.9A</b>	<b>189.9±19.5A</b>

I valori indicati con la stessa lettera minuscola per lo stesso parametro non sono statisticamente differenti per il test LSD di Fisher ( $p < 0,05$ ). I valori medi per ciascun parametro indicati con la stessa lettera maiuscola non sono statisticamente differenti per il test LSD di Fisher ( $p < 0,05$ ). NS= non significativo. I valori sono espressi come media di un anno (2019) ± deviazione standard (ES).

Per le cultivar unifere, sono state necessarie alcune ore in freddo per la massima efficienza produttiva. Nel nostro studio, hanno mostrato le migliori prestazioni produttive se esposte a 0 o 400 ore in freddo. In uno studio condotto da (Lieten, 2010), la produzione commerciale più alta è stata ottenuta tra le 500 e 800 ore in freddo.

Ogni cultivar studiata esposta ai trattamenti di ore in freddo presenta caratteristiche specifiche: “Romina” produce più frutti commerciali in 1200 ore in freddo, “Cristina” in 400 ore in freddo e “Sibilla” in condizione di 0 ore in freddo. La più alta produzione commerciale di questo studio è stata ottenuta da “Sibilla” sottoposta a 0 ore in freddo.



### 7.3.4 Produzione totale delle cultivar unifere

La produzione totale non mostra differenze significative tra i trattamenti in freddo, anche se l'andamento è simile a quello della produzione commerciale, con valori più elevati per 0 e 400 ore in freddo (Tabella 18):

-Cristina: si osserva il valore più alto a 400 ore in freddo, mentre quello più basso è riferito al trattamento iniziale a 1200 ore in freddo, con valori intermedi rilevati rispettivamente nei trattamenti a 700 e 0 ore in freddo;

-Romina: si evidenziano valori elevati rispettivamente per i trattamenti a 0, 1200 e 400 ore in freddo, mentre il restante valore per il trattamento a 700 ore in freddo è il più basso tra quelli registrati;

-Sibilla: anche in questa cultivar si registra il valore massimo in assenza di ore in freddo, nettamente superiore rispetto ai valori riportati per i trattamenti a 1200, 700 e 400 ore in freddo (più o meno simili fra loro).

Le migliori performance produttive sono state ottenute dalle diverse cultivar come segue: il valore più alto (383.1±40.3 g) per “Cristina” in 400 ore in freddo, per “Sibilla” (369.3±38.7 g) e “Romina” (251.9±39.5 g) in 0 ore in freddo. Le produzioni inferiori sono state registrate da “Cristina” (150.3±42.4g), “Romina” (152.7±27g) e “Sibilla” (278.9±24.7g) rispettivamente a 1200, 700 e 400 ore in freddo.

**Tabella 18: Effetto delle ore in freddo sulla produzione totale (g/pianta) in diverse cultivar di fragola unifere.**

N° ore in freddo		Produzione totale (g/pianta)			
		1200	700	400	0
	<b>“Cristina”</b>	150.3±42.4e	258.7±49.2cd	383.1±40.3a	262.6±39.1bc
<b>Cultivar</b>	<b>“Romina”</b>	249±37.8cde	152.7±27de	221.3±33cde	251.9±39.5cde
	<b>“Sibilla”</b>	317.2±50.6abc	298.2±25abc	278.9±24.7abc	369.3±38.7ab
	<b>Media</b>	<b>238.8±28.5NS</b>	<b>236.6±23.8NS</b>	<b>294.4±23.6NS</b>	<b>294.6±24.5NS</b>

I valori indicati con la stessa lettera minuscola per lo stesso parametro non sono statisticamente differenti per il test LSD di Fisher ( $p < 0,05$ ). I valori medi per ciascun parametro indicati con la stessa lettera maiuscola non sono statisticamente differenti per il test LSD di Fisher ( $p < 0,05$ ). NS= non significativo. I valori sono espressi come media di un anno (2019) ± deviazione standard (ES).

### 7.3.5 Produzione di scarto delle cultivar unifere

La media dei frutti di scarto (Tabella 19) ,non adatti alla commercializzazione, non mostra una differenza statisticamente significativa tra i trattamenti di ore in freddo:

-Cristina: si osserva il valore più elevato per il trattamento a 400 ore in freddo, con una diminuzione netta per il valore riferito a 1200 ore in freddo;

-Romina: presenta valori con andamento costante ed uniforme per tutti i trattamenti effettuati;

-Sibilla: si evidenzia anche in questa cultivar un andamento costante ed uniforme dei valori, senza differenze statisticamente significative per tutti i trattamenti eseguiti.

**Tabella 19: Effetto delle ore in freddo sulla produzione di scarto (g/pianta) in diverse cultivar di fragola unifere.**

		Produzione di scarto (g/pianta)			
<i>N° ore in freddo</i>		1200	700	400	0
	<b>“Cristina”</b>	54.6±17.8d	124.3±27.4ab	177.4±35.7a	92±20.8bcd
<b>Cultivar</b>	<b>“Romina”</b>	74.9±16.1bcd	61.6±11.9cd	63.2±11.9bcd	106.3±20.3bcd
	<b>“Sibilla”</b>	112.6±22.5bcd	117±26abc	75.6±22.6bcd	115.7±19.9abcd
	<b>Media</b>	<b>80.7±11.7NS</b>	<b>100.9±14NS</b>	<b>105.4±18NS</b>	<b>104.7±11.3NS</b>

I valori indicati con la stessa lettera minuscola per lo stesso parametro non sono statisticamente differenti per il test LSD di Fisher ( $p<0,05$ ). I valori medi per ciascun parametro indicati con la stessa lettera maiuscola non sono statisticamente differenti per il test LSD di Fisher ( $p<0,05$ ). NS= non significativo. I valori sono espressi come media di un anno (2019) ± deviazione standard (ES).

### 7.4 Parametri produttivi cultivar rifioventi

L'analisi statistica Anova mostra che l' effetto cultivar è visibile solo per l' indice di precocità , mentre il trattamento influenza l'indice di precocità, la produzione commerciale e la produzione totale, l'interazione cv per trattamento ha effetto solo sull'indice di precocità (Tabella 20).

**Tabella 20: Analisi della varianza a due vie (ANOVA) per i parametri produttivi nelle cultivar riflorenti.**

Parametro	Indice di precocità	Peso medio dei frutti	Produzione commerciale	Produzione totale	Produzione di scarto
Cv (a)	**	NS	NS	NS	NS
Trattamento (b)	*	NS	*	**	NS
Trattamento x Cv (a) x (b)	**	NS	NS	NS	NS

\*\*= interazione significativa con  $p < 0.01$ ; \*= interazione significativa per  $p < 0.05$ ; ns= interazione non significativa.

#### 7.4.1 *Indice di precocità delle cultivar riflorenti*

L'analisi statistica consente di confermare un tempo medio di maturazione dei frutti (Tabella 21) anticipato, quantificabile in circa 9 giorni, di piante soggette a 700 ore in freddo rispetto a quello in assenza di ore in freddo (0 ore):

-Albion: si osserva un andamento costante e omogeneo dei valori rilevati per tutti i trattamenti effettuati;

-Monterey: possiamo notare anche in questa cultivar un andamento pressoché regolare e costante dei valori registrati per tutti i trattamenti eseguiti;

-S. Andreas: si evidenzia il valore più alto in assenza di ore in freddo, mentre quello più basso è relativo al trattamento a 700 ore in freddo.

In generale, la relazione tra le ore in freddo e la maturazione anticipata è stata rispettata da quasi tutte le cultivar. "S. Andreas" mostra la sua prima raccolta con 700 e poi con 400 ore in freddo, anticipando di 25 e 16 giorni la raccolta rispetto al trattamento con 0 ore in freddo. Le piante sottoposte a questi due trattamenti mostrano un simile andamento produttivo che raggiunge la massima produzione a fine maggio, con un incremento produttivo per le piante che hanno ricevuto 400 ore in freddo. Il periodo di maturazione per "Albion" e "Monterey" rimane pressoché invariato tra i trattamenti di ore in freddo.

**Tabella 21: Effetto delle ore in freddo sull'indice di precocità (giorni) in diverse cultivar di fragola riflorenti.**

		<b>Indice di precocità (giorni)</b>			
<i>N° ore in freddo</i>		<b>1200</b>	<b>700</b>	<b>400</b>	<b>0</b>
	<i>“Albion”</i>	139.0±2.9a	138.9±2.5a	141.1±1.7a	139.4±3.7a
<i>Cultivar</i>	<i>“Monterey”</i>	133.7±2.8ab	141.0±2.5a	139.7±4.2a	145.9±2.1a
	<i>“S. Andreas”</i>	133.6±2.7ab	116.6±7.6c	125.4±2.2bc	141.8±3.6a
	<i>Media</i>	<b>135.4±1.6AB</b>	<b>132.2±3.6B</b>	<b>135.4±2.2AB</b>	<b>141.5±2.1A</b>

I valori indicati con la stessa lettera minuscola per lo stesso parametro non sono statisticamente differenti per il test LSD di Fisher ( $p < 0,05$ ). I valori medi per ciascun parametro indicati con la stessa lettera maiuscola non sono statisticamente differenti per il test LSD di Fisher ( $p < 0,05$ ). NS= non significativo. I valori sono espressi come media di un anno (2019) ± deviazione standard (ES).

#### 7.4.2 *Peso medio dei frutti delle cultivar rifioventi*

-Albion: si osserva il valore più alto in assenza di ore in freddo, mentre i restanti valori ottenuti per i trattamenti a 1200, 700 e 400 ore in freddo sono uniformi e lievemente inferiori rispetto all'ultimo;

-Monterey: possiamo notare il valore più alto per il trattamento a 700 ore in freddo, con una discreta decrescita per i valori rilevati dai trattamenti a 1200, 400 e 0 ore in freddo;

-S. Andreas: si evidenzia un trend di valori pressoché identici ed omogenei per tutti i trattamenti eseguiti.

Le ore in freddo non influiscono sul peso medio dei frutti (Tabella 22). Solo “Monterey”, con 700 ore in freddo, presenta frutti significativamente più grandi rispetto ai trattamenti a 1200 e 0 ore in freddo. Altri studi (Smeets, 1982) (Yanagi & Oda, 1992) hanno evidenziato che senza soddisfare il requisito di ore in freddo, i frutti di grossa pezzatura non vengono prodotti.

**Tabella 22: Effetto delle ore in freddo sul peso medio frutto (g) in diverse cultivar di fragola rifioventi.**

		<b>Peso medio frutto (g)</b>			
<i>N° ore in freddo</i>		<b>1200</b>	<b>700</b>	<b>400</b>	<b>0</b>

	<i>“Albion”</i>	17.7±0.6b	20.0±2.1b	21.2±1.6b	22.2±2.3ab
<i>Cultivar</i>	<i>“Monterey”</i>	20.0±1.5b	26.8±2.7a	22.0±2.6ab	20.0±2.8b
	<i>“S. Andreas”</i>	21.6±1.2b	21.0±1.8b	18.2±0.9b	21.2±1.1b
	<i>Media</i>	<b>19.8±0.7NS</b>	<b>22.6±1.4NS</b>	<b>20.5±1.1NS</b>	<b>21.4±1.1NS</b>

I valori indicati con la stessa lettera minuscola per lo stesso parametro non sono statisticamente differenti per il test LSD di Fisher ( $p < 0,05$ ). I valori medi per ciascun parametro indicati con la stessa lettera maiuscola non sono statisticamente differenti per il test LSD di Fisher ( $p < 0,05$ ). NS= non significativo. I valori sono espressi come media di un anno (2019) ± deviazione standard (ES).

#### 7.4.3 Produzione commerciale delle varietà rifiorienti

La produzione commerciale media di cultivar rifiorienti mostra una perdita del 28% di resa nelle piante che hanno subito il massimo di ore in freddo (1200) rispetto a piante senza trattamento di ore in freddo (0 ore) (Tabella 23):

-Albion: si osserva il valore più alto per il trattamento a 700 ore in freddo, mentre valori identici sono rilevati per i trattamenti a 400 e 0 ore in freddo; il valore più basso è riportato dal trattamento a 1200 ore in freddo, decisamente inferiore rispetto agli altri;

-Monterey: si evidenzia il valore più basso rilevato per il trattamento a 1200 ore in freddo poi si ha un andamento crescente fino ad arrivare al trattamento a 0 ore in freddo che risulta essere il più alto;

-Sibilla: possiamo notare valori bassi per i trattamenti a 1200 e 700 ore in freddo, passando poi a valori più elevati riscontrati per i trattamenti a 400 e 0 ore in freddo, che sono quasi identici.

Quindi i risultati per la produzione commerciale sono simili per le 0 e 400 ore in freddo, poi la produzione diminuisce progressivamente con l'aumento delle ore in freddo.

I dati ottenuti dalla valutazione delle singole cultivar mostrano che il comportamento è abbastanza simile sia per “Monterey” che per “S. Andreas”, la produzione massima è stata ottenuta con piante coltivate senza ore in freddo, mentre per “Albion” la quantità maggiore di fragole commerciali si ottiene con un quantitativo di 700 ore in freddo, significativamente migliore rispetto al trattamento di 1200 ore in freddo.

**Tabella 23: Effetto delle ore in freddo sulla produzione commerciale (g/pianta) in diverse cultivar di fragola rifiorienti.**

		<b>Produzione commerciale (g/pianta)</b>			
<i>N° ore in freddo</i>		<b>1200</b>	<b>700</b>	<b>400</b>	<b>0</b>
	<i>“Albion”</i>	138.9±29.5d	230.1±9.2abc	215.7±30abcd	210.7±22.7abcd
<i>Cultivar</i>	<i>“Monterey”</i>	170±41.3bcd	204±29.4abcd	250.6±41.1ab	290.7±20.8a
	<i>“S. Andreas”</i>	173.1±33.7bcd	161±33.1cd	200.6±16.1abcd	208.1±21.8abcd
	<i>Media</i>	<b>160.7±19.6B</b>	<b>198.4±15.7AB</b>	<b>222.3±17.5A</b>	<b>223.8±14.9A</b>

I valori indicati con la stessa lettera minuscola per lo stesso parametro non sono statisticamente differenti per il test LSD di Fisher ( $p < 0,05$ ). I valori medi per ciascun parametro indicati con la stessa lettera maiuscola non sono statisticamente differenti per il test LSD di Fisher ( $p < 0,05$ ). NS= non significativo. I valori sono espressi come media di un anno (2019) ± deviazione standard (ES).

#### 7.4.4 *Produzione totale delle cultivar rifiorenti*

La produzione totale segue lo stesso andamento della produzione commerciale, come già evidenziato sopra, per cui evitare le ore in freddo ha un effetto positivo su questo parametro (Tabella 24):

-Albion: si osserva un andamento costante ed omogeneo dei valori per tutti i trattamenti effettuati ad eccezione del valore riferito al trattamento a 1200 ore in freddo nettamente più basso rispetto agli altri valori;

-Monterey: si evidenzia il valore più alto per quanto riguarda il trattamento a 0 ore in freddo, valori intermedi sono registrati per i trattamenti a 700 e 400 ore in freddo, mentre per quanto riguarda il trattamento a 1200 ore in freddo si riscontra un valore basso;

-Sibilla: possiamo notare valori statisticamente simili per i trattamenti a 1200 e 700 ore in freddo, inferiori rispetto agli altri 2 valori registrati per i trattamenti a 400 e 0 ore in freddo.

In particolare, questa tendenza è rispettata da tutte e tre le cultivar studiate, e il trattamento a 0 ore in freddo mostra il miglior risultato per tutte le cultivar prese in esame. Tuttavia, in “Albion” e “S. Andreas”, nonostante questa tendenza, non ci sono differenze significative tra i trattamenti. “Monterey” mostra invece una netta differenza significativa tra 0 e 1200 ore in freddo, con queste ultime che provocano un calo della produzione del 51% rispetto a 0 ore in freddo. Confrontando il numero di infiorescenze con la performance produttiva, è evidente che la resa più bassa è associata al minor numero di infiorescenze.

**Tabella 24: Effetto delle ore in freddo sulla produzione totale (g/pianta) in diverse cultivar di fragola rifioventi.**

N° ore in freddo	Produzione totale (g/pianta)			
	1200	700	400	0
<i>“Albion”</i>	180.1±24c	261.9±7.4abc	261.1±39.1abc	271±20.8abc
<i>Cultivar “Monterey”</i>	181.1±44.1c	253.8±32.7abc	284.2±40.7ab	356.4±37.8a
<i>“S. Andreas”</i>	225.5±41.2bc	206.2±40.8bc	239.5±15.3abc	258.3±29.1abc
<i>Media</i>	<b>195.6±21.1B</b>	<b>240.7±17.6AB</b>	<b>261.6±18.9A</b>	<b>280.9±17.5A</b>

I valori indicati con la stessa lettera minuscola per lo stesso parametro non sono statisticamente differenti per il test LSD di Fisher ( $p < 0,05$ ). I valori medi per ciascun parametro indicati con la stessa lettera maiuscola non sono statisticamente differenti per il test LSD di Fisher ( $p < 0,05$ ). NS= non significativo. I valori sono espressi come media di un anno (2019) ± deviazione standard (ES).

#### 7.4.5 Produzione di scarto delle cultivar rifioventi

Lo scarto non sembra essere influenzato dalle ore in freddo. L'unica eccezione è “Monterey”, che evidenzia una perdita inferiore (-83%) della prova a 1200 ore rispetto a 0 ore in freddo. (Tabella 25):

-Albion: si osservano valori statisticamente simili per i trattamenti a 400 e 0 ore in freddo, mentre per i trattamenti a 1200 e 700 ore in freddo si riscontrano valori leggermente inferiori;

-Monterey: si evidenzia il valore più alto in assenza di ore in freddo, valori intermedi per i trattamenti a 700 e 400 ore in freddo, infine il valore più basso si riscontra per il trattamento a 1200 ore in freddo;

-S. Andreas: possiamo notare valori elevati e statisticamente simili per i trattamenti a 1200 e 0 ore in freddo, mentre per i trattamenti intermedi a 700 e 400 ore in freddo si registrano valori statisticamente simili ma più bassi rispetto agli altri.

**Tabella 25: Effetto delle ore in freddo sulla produzione di scarto (g/pianta) in diverse cultivar di fragola riflorenti.**

<i>N° ore in freddo</i>		<b>Produzione di scarto (g/pianta)</b>			
		<b>1200</b>	<b>700</b>	<b>400</b>	<b>0</b>
	<i>“Albion”</i>	41.2±12ab	31.8±9.4ab	45.4±13.8a	60.3±16.5a
<i>Cultivar</i>	<i>“Monterey”</i>	11.1±5.4b	49.8±10.3a	33.7±10.9ab	65.8±17.3a
	<i>“S. Andreas”</i>	52.3±12.7a	45.2±10ab	38.9±10ab	50.2±17.5a
	<i>Media</i>	<b>34.9±7A</b>	<b>42.3±5.7AB</b>	<b>39.3±6.5AB</b>	<b>57.1±9.9A</b>

I valori indicati con la stessa lettera minuscola per lo stesso parametro non sono statisticamente differenti per il test LSD di Fisher ( $p < 0,05$ ). I valori medi per ciascun parametro indicati con la stessa lettera maiuscola non sono statisticamente differenti per il test LSD di Fisher ( $p < 0,05$ ). NS= non significativo. I valori sono espressi come media di un anno (2019) ± deviazione standard (ES).



## CONCLUSIONI

Il cambiamento climatico sta causando un aumento medio della temperatura globale, condizioni meteorologiche più variabili e modelli di precipitazioni variabili. È quindi fondamentale indagare ed identificare le cultivar di fragola che possono dare soddisfacenti performance vegeto-produttive, anche in diverse condizioni climatiche. Gli effetti negativi causati dal non soddisfacimento delle ore in freddo, sono stati manifestati dalle piante attraverso la riduzione dello sviluppo, in termini di altezza della pianta / foglia, sia per le cultivar unifere che riflorenti. Altri parametri, come il numero foglie e la lunghezza delle infiorescenze non mostrano alcuna differenza significativa tra le diverse quantità di ore in freddo a cui sono state sottoposte le piante. È stato interessante notare che la quantità ottimale di ore in freddo cambia in base al genotipo. “Romina” e “Sibilla” hanno la massima altezza pianta/picciolo dopo 1200 ore in freddo. Mentre la cultivar “Cristina” e le cultivar riflorenti richiedono solo 700 ore di raffreddamento. La situazione opposta emerge per il numero di infiorescenze, dove la diminuzione delle ore di in freddo ha dato una maggiore produzione. I risultati hanno inoltre evidenziato una notevole influenza delle ore in freddo nella fase iniziale della maturazione. “Romina” e “Cristina” nella prova con 0 ore in freddo hanno avuto una raccolta contemporanea, perché “Cristina” è stata caratterizzata da una produzione anticipata, mentre “Romina” è stata ritardata, rispetto alla prova con 1200 ore in freddo. Questo parametro in “Sibilla” è rimasto invariato. Le cultivar riflorenti hanno evidenziato una raccolta anticipata a 700 ore in freddo rispetto alla prova senza ore in freddo. È importante notare come lo stesso periodo di raccolta tra “Albion”, “S. Andreas” e “Monterey” è stato tenuto sia per 0 che per 1200 ore in freddo. Infine, i nostri risultati suggeriscono che la produzione totale di unifere (“Sibilla” e “Romina”) è costante ed elevata anche con l'applicazione di 0 ore in freddo. Questo dato risulta molto interessante, in quanto sia Sibilla che Romina sono cultivar che potrebbero essere impiegate dagli agricoltori anche in zone in cui i climi invernali sono più miti, mantenendo simile resa rispetto a condizioni di temperature rigide prolungate. Differente discorso per Cristina che si adatta meno ai cambiamenti di temperatura rispetto alle altre due. In quanto, per una buona produzione sono necessarie almeno 400 ore in freddo ma al contempo un aumento di ore pari a 700 e 1200

determina una riduzione di resa pari al 19%. La cultivar più produttiva è risultata “Sibilla”. La stessa tendenza è stata registrata per le varietà rifioventi, con una produzione persa maggiore (-30%) nella prova di 1200 ore in freddo rispetto alla prova di 0 ore in freddo. Non vi è alcuna differenza significativa tra “S. Andreas”, “Albion” e “Monterey”. Possiamo affermare che la riduzione del numero di ore in freddo determina un habitus vegetativo più compatto ma stimola buone prestazioni produttive anche da 0 fino a 400 ore in freddo.

L’obiettivo dello studio è stato quello di indagare le prestazioni delle piante unifere e rifioventi in risposta a quantità di ore in freddo. Lo studio è stato organizzato in modo da attribuire alle piante quattro diverse quantità di ore in freddo (da 0 a 1200), che riflettono le diverse condizioni ambientali che si possono riscontrare in molte aree geografiche. Possiamo concludere che le diverse quantità di ore in freddo influenzano in misura diversa molti dei parametri vegeto-produttivi, sia negativamente che positivamente, rilevati nelle cultivar unifere e rifioventi. Lo sviluppo in altezza della pianta sia nelle varietà unifere che rifioventi viene influenzato notevolmente dalla mancanza di ore in freddo in quanto le piante hanno una crescita ridotta, stesso discorso per la lunghezza del picciolo fogliare che presenta un andamento di crescita più basso in assenza di ore in freddo, mentre i restanti parametri vegetativi ossia, il numero di foglie, il numero di infiorescenze e la lunghezza delle infiorescenze non evidenziano differenze elevate con la diminuzione/aumento delle ore in freddo sia per quanto riguarda le varietà unifere che rifioventi in quanto i valori rilevati sono in gran parte stabili ed omogenei tra loro. Per quanto riguarda i parametri produttivi presi in esame l’indice di precocità dimostra in generale un apprezzamento di ore in freddo in quanto a seguito dell’esposizione alle basse temperature le cultivar anticipano la maturazione dei frutti, il peso medio frutto non viene influenzato dall’assenza/presenza di ore in freddo a cui sono sottoposte sia le cultivar unifere che rifioventi. Per quanto concerne la produzione commerciale e totale delle piante si osservano migliori performance produttive delle varietà unifere e rifioventi in assenza di ore in freddo. Infine la produzione di scarto mostra valori costanti ed omogenei sia per i trattamenti ad elevate ore in freddo che in assenza di ore in freddo.

## BIBLIOGRAFIA

- Andreotti, C. & Tagliavini, M., 2010. Concimazione. In: *La Fragola*. Milano: Bayer CropScience.
- Baruzzi, G. & Faedi, W., 2010. Innovazione varietale. In: *La Fragola*. Milano: BayerCropScience.
- Bellini, E. & Nin, S., 2010. Storia e arte. Aspetti storici e artistici. In: *La fragola*. Milano: Bayer CropScience.
- Bucci, A., Faedi, W. & Baruzzi, G., 2010. Botanica. Origine ed evoluzione.. In: *La Fragola*.. Milano: BayerCropScience, pp. 1-12.
- G. Baroni, L. B. E. R., 2014. *La fragola in coltivazione biologica*. Verona, Edizioni MB srl.
- Ledesma, N., Ragay, C., Delgado, J. & Padova, D., 2017. Il raffreddamento influisce in modo differenziale sulle fragole coltivate in condizioni di alta temperatura. *Scienziato agrario filippino*, p. 100.
- Lieten, F. K. J. B., 1995. Effetto della cella frigorifera prolungata sulla capacità produttiva delle piante di fragola. *Scientia Horticulturae*, pp. 60 (3-4), 213-219.
- Lieten, P., 2010. Coltivazione fuori suolo. In: *La Fragola*. Milano: Bayer CropScience.
- Lucchi, P., 2010. Coltivazione. Tecnica colturale. In: *La fragola*. Milano: BayerCropScience.
- Neri, D., Savini, G. & Massetani, F., 2010. Architettura della pianta. In: *La Fragola*. Milano: Bayer CropScience.
- Palmieri, A., 2019. Fragola: varietà precoci e tardive per restare competitivi. *L' Informatore Agrario n.31/2020*.
- Ricipiti, C., 2021. *Fresh Plaza*. [Online]  
Available at: <http://www.freshplaza.it>
- Smeets, L., 1982. Effetto del raffreddamento sulla formazione dei rampicanti e sull'inizio fioritura nell fragola sempreverde. *Scientia Horticulturae*, pp. 17(1), 43-48.

- Tanino, K. & Wang, R., 2008. Modellazione del fabbisogno di raffreddamento e delle differenze di temperatura diurne sulla fioritura e sulle prestazioni di resa nella produzione di corone di fragole. *HortScience*, pp. 43(7), 2060-2065.
- Tehranifar, A., Miere, P. & Battey, N., 1998. Gli effetti della data di innalzamento, della durata del raffreddamento e della temperatura forzata sulla crescita vegetativa e sulla produzione di frutti nella cultivar di fragola Elsanta di giugno. *Journal of Horticultural Science and Biotechnology*, pp. 73 (4), 453-460.
- Yanagi, T. & Oda, Y., 1992. Effetti del fotoperiodo e del raffreddamento sulla formazione fiorale delle tipologie tra giugno e fragole sempreverdi. *Acta Horticulturae*, pp. 339-346.