



DIPARTIMENTO DI SCIENZE AGRARIE ALIMENTARI E AMBIENTALI

CORSO DI LAUREA IN: SCIENZE E TECNOLOGIE AGRARIE

PRODUZIONI “FUORI STAGIONE” DI
FRAGOLA RIFIORENTE (*Fragaria x
ananassa* Duch.) NELLA REGIONE
MARCHE

"Out of season" productions of remontant
strawberry (*Fragaria x ananassa* Duch.) in the
Marche region

TESI SPERIMENTALE

Studente:
ALESSIA BAMBINI

Relatore:
PROF. FRANCO CAPOCASA

Correlatore:
DOTT. LUCA MAZZONI

ANNO ACCADEMICO 2019-2020

INDICE

ELENCO DELLE TABELLE.....	5
ELENCO DELLE FIGURE	6
INTRODUZIONE E SCOPO DELLA TESI	7
Introduzione	7
Scopo della tesi	7
Capitolo 1 PARTE GENERALE	9
1.1 Storia della fragola.....	9
1.2 Caratteristiche botaniche della fragola.....	10
1.3 Caratteristiche nutrizionali della fragola.....	13
1.4 Esigenze termiche e fisiologiche.....	13
1.5 Sistemi di coltivazione.....	15
1.5.1 Coltura in pieno campo.....	15
1.5.2 Coltura protetta	18
1.5.3 Coltura autunnale-primaverile	19
1.5.4 Coltura fuori suolo	19
1.6 Materiale vivaistico.....	22
1.6.1 Piante frigoconservate.....	22
1.6.2 Piante fresche.....	24
1.7 Varietà riflorenti.....	24
Capitolo 2 MATERIALI E METODI.....	27
2.1 Varietà in prova.....	27
2.1.1 Murano*	27
2.1.2 Vivara*	28
2.2 Sistema colturale.....	28
2.3 Disegno sperimentale.....	32
2.4 Parametri produttivi	32
2.5 Parametri qualitativi.....	33
2.5.1 Colore del frutto.....	33

2.5.2 Consistenza del frutto	34
2.5.3 Contenuto di solidi solubili.....	35
2.5.4 Acidità titolabile	36
2.6 Temperatura interno serra	37
Capitolo 3 RISULTATI E DISCUSSIONE	39
3.1 Parametri produttivi	39
3.1.1 Indice di precocità.....	39
3.1.2 Produzione totale	39
3.1.3 Produzione commerciale.....	40
3.1.4 Scarto totale	41
3.1.5 Peso medio ponderato del frutto	41
3.1.6 Andamento della produzione e del peso medio frutto durante il periodo di raccolta.....	42
3.2 Parametri qualitativi.....	43
3.2.1 Colore del frutto.....	43
3.2.2 Consistenza del frutto	45
3.2.3 Contenuto di solidi solubili.....	47
3.2.4 Acidità Titolabile	48
CONCLUSIONI	51
BIBLIOGRAFIA	53
SITOGRAFIA	54
RINGRAZIAMENTI.....	55

ELENCO DELLE TABELLE

Tabella 2-1 Composizione del substrato Grotec 21.	29
Tabella 2-2 Composizione chimica dell'acqua di irrigazione.....	30
Tabella 2-3 Elementi nutritivi da aggiungere all'acqua di irrigazione per ottenere la soluzione madre.....	31
Tabella 3-1 Indice di precocità (IP) delle cultivar in relazione alle tipologie di piante in prova. Media \pm deviazione standard	39
Tabella 3-2 Produzione totale delle cultivar in relazione alle tipologie di piante in prova. Dati medi \pm deviazione standard.....	40
Tabella 3-3 Produzione commerciale delle cultivar in relazione alle tipologie di piante in prova. Dati medi \pm deviazione standard.....	40
Tabella 3-4 Scarto totale medio delle cultivar in relazione alle tipologie di piante in prova. Dati medi e % \pm deviazione standard.....	41
Tabella 3-5 Peso medio ponderato (PMP) dei frutti delle diverse cultivar e tipologia di piante. Dati medi \pm deviazione standard.....	41
Tabella 3-6 Luminosità (L*) e Chroma (C*) dei frutti delle varietà analizzate. Dati medi \pm deviazione standard.....	44
Tabella 3-7 Consistenza media del frutto delle varietà analizzate. Media \pm deviazione standard.	46
Tabella 3-8 Solidi solubili (SS) valore medio delle varietà analizzate. Media \pm deviazione standard.	47
Tabella 3-9 Acidità titolabile valore medio delle varietà analizzate. Media \pm deviazione standard.	48

ELENCO DELLE FIGURE

Figura 1-1 Struttura di una pianta di fragola.....	10
Figura 1-2 Frutto di fragola.....	12
Figura 1-3 Coltivazione fragola in pieno campo.....	17
Figura 1-4 Coltivazione della fragola in coltura protetta	18
Figura 1-5 Coltivazione della fragola fuori suolo	20
Figura 2-1 Piante (sinistra) e frutti (destra) di Murano	27
Figura 2-2 Piante (sinistra) e frutti (destra) di Vivara.....	28
Figura 2-3 Struttura dell'impianto di coltivazione fuori suolo	29
Figura 2-4 Colorimetro Minolta mod. Chromater.....	34
Figura 2-5 Penetrometro	35
Figura 2-6 Rifrattometro	36
Figura 2-7 Kit di titolazione (sinistra) e campione dopo il viraggio del pH (destra)	37
Figura 2-8 Andamento delle temperature sotto serra dal 1 agosto al 31 dicembre 2019.....	38
Figura 3-1 Andamento delle produzioni totali per pianta durante il periodo di raccolta.	42
Figura 3-2 Andamento del peso medio frutto durante il periodo di raccolta	43
Figura 3-3 Andamento della luminosità dei frutti durante il periodo di raccolta.....	44
Figura 3-4 Andamento del Chroma dei frutti durante il periodo di raccolta.....	45
Figura 3-5. Andamento della consistenza del frutto durante il periodo di raccolta	46
Figura 3-6 Andamento del contenuto di solidi solubili durante il periodo di raccolta.....	48
Figura 3-7 Andamento del contenuto di acidità titolabile durante il periodo di raccolta.....	49

INTRODUZIONE E SCOPO DELLA TESI

Introduzione

Ad oggi nella Regione Marche, la fragola risulta la principale specie di piccoli frutti coltivata. Le tecniche di produzione tradizionali principalmente adottate dagli agricoltori quali pieno campo e coltura protetta determinano una concentrazione della produzione nel periodo primaverile, che inizia a metà aprile con varietà a maturazione precoce in coltura protetta, proseguendo con la coltura in pieno campo (prima settimana di maggio) e concludendosi nella prima decade di giugno con varietà a maturazione tardiva in pieno campo. Di conseguenza l'offerta di prodotto risulta a volte eccessiva con conseguente abbassamento dei prezzi al produttore.

Data la sempre crescente richiesta di questo frutto durante tutto l'anno, si stanno valutando strategie per estendere il calendario di produzione della fragola, utilizzando cultivars rifioranti con piante programmate (A+ e Tray plant) in sistema fuori suolo permettendo così di destagionalizzare la produzione nel periodo autunnale-invernale, momento in cui i prezzi del prodotto sono più elevati.

Uno dei principali svantaggi è l'elevato costo iniziale sia delle strutture che del materiale di propagazione; inoltre c'è da tenere in considerazione che la produzione si svolge in un periodo (estivo e autunnale) in cui le temperature e le condizioni di luce a volte non sono quelle ottimali per la fragola.

Lo sviluppo di tali sistemi di produzione meglio organizzati e programmati potrà fornire una maggiore standardizzazione della qualità, una costanza nell'offerta ed una più facile valorizzazione del prodotto.

Scopo della tesi

Lo scopo della tesi è quello di descrivere, analizzare e valutare i parametri produttivi (indice di precocità, produzione totale, scarto per pianta e peso medio frutto) e qualitativi (consistenza, colore, contenuto in zuccheri e acidità titolabile) di due cultivar di fragola quali Murano e Vivara utilizzando due tipologie di pianta quali Mini tray e A+ in coltura estiva-autunnale fuori suolo.

Grazie al progetto “Soluzioni innovative per estendere la produzione e il calendario di maturazione di fragola e piccoli frutti nelle Marche” (Misura 16.1.A.2 – Progetto id.28763) dell’Università Politecnica delle Marche insieme all’azienda agricola Mazzanti si cercherà di stabilire e valutare, tramite prove di confronto varietali, quale cultivar e tipologia di piante si adatta meglio al sistema di coltivazione fuori suolo.

L’obiettivo è proprio quello di ottenere un prodotto finale di elevata qualità per il periodo di produzione estivo-autunnale.

Capitolo 1

PARTE GENERALE

1.1 Storia della fragola

Le prime tracce di piante di fragola risalgono a circa 10000 anni fa. Dalla fine dell'ultima glaciazione questo frutto si diffonde un po' ovunque e spazia dall'Europa fino all'America del nord e del sud.

Nel corso della storia si sono evolute varietà differenti di fragole selvatiche; le prime testimonianze storiche della raccolta di *F. vesca* (fragolina di bosco) risalgono al periodo del Neolitico.

In Italia la diffusione risale al 234 a.C. e fu nominata sia nella Bibbia che in numerosi trattati storici.

Nel periodo romano questo frutto era molto apprezzato e gustato e veniva consumato ai banchetti di festa.

Le prime coltivazioni di fragola risalgono al XIV secolo. Carlo V la coltivava nei giardini reali del Louvre di Parigi e Luigi XIV nelle aree verdi di Versailles.

La fragola come specie coltivata nasce circa trecento anni fa, grazie all'introduzione in Europa della *Fragaria chiloensis* da parte di un ufficiale francese nel 1712 proveniente dal Cile; questa era caratterizzata da notevoli dimensioni dei frutti, a differenza delle specie spontanee europee quali *F. vesca* L. (denominata fragolina di bosco, diploide $2n=2x=14$) in grado di emettere stoloni e con frutti aromatici di piccole dimensioni, *F. moschata* Duch. (esaploide, $2n=6x=42$), dal gusto moscato, caratterizzata da una maggiore dimensione del frutto rispetto alla fragolina di bosco, e *F. viridis* Duch (diploide $2n=2x=14$).

Nel 1766 dall'incrocio casuale delle specie *F. virginiana* (di origine statunitense) e *F. chiloensis* (di origine cilena) si ottenne l'attuale fragola denominata *Fragaria x ananassa* Duch. (ottoploide, $2n=8x=56$), caratterizzata da frutti di elevate dimensioni i cui semi, perfettamente germinabili, danno origine a piante con fiore perfetto e facilmente impollinabile. Dal XVIII secolo iniziarono le coltivazioni intensive. (<http://www.fragolebio.it/storia-fragola/>)

Grazie alla nascita dell'ibrido la coltivazione di questo frutto è aumentata in modo esponenziale soprattutto in Europa. Ad oggi i maggiori produttori europei sono: Spagna che domina il mercato europeo, Germania, Italia. (<https://coltureprotette.edagricole.it/vivaismo/fragola-in-italia-coltura-in-forte-cambiamento/>)

1.2 Caratteristiche botaniche della fragola

La fragola appartiene alla famiglia delle Rosacee, al genere *Fragaria*. Questo genere presenta un corredo cromosomico di base aploide ($n=7$), e comprende specie diploidi, esaploidi ed ottoploidi. La fragola è una pianta perenne, presenta un apparato radicale, un fusto (rizoma o corona) e un apparato fogliare (Figura 1-1).

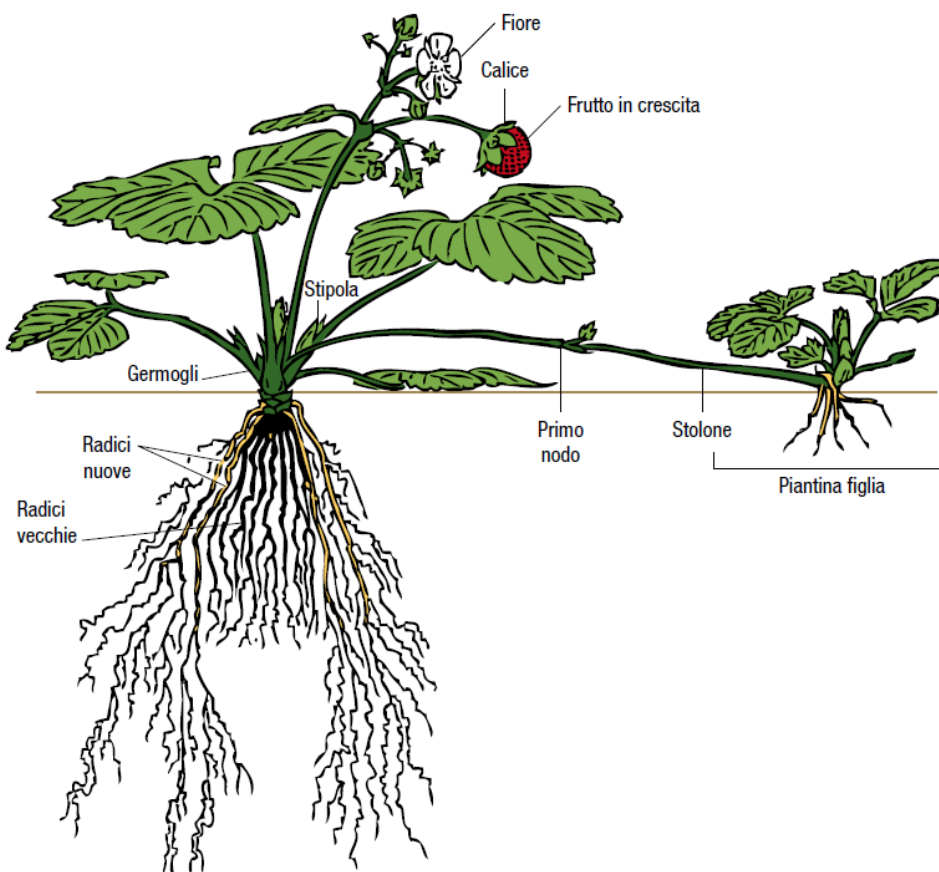


Figura 1-1 Struttura di una pianta di fragola

L'habitus vegetativo della pianta può essere definito assurgente o espanso a seconda che il fogliame si collochi in posizione eretta o prostrata. La pianta presenta un apparato radicale fascicolato, si sviluppa dalla corona e si espande nei primi 30 cm di terreno, anche se varia in funzione della tipologia di suoli: più profondo nei terreni sabbiosi rispetto a quelli argillosi. Le radici, classificate in primarie e secondarie, fungono da organi di assorbimento degli elementi nutritivi e hanno anche una funzione di immagazzinamento delle sostanze di riserva (Bonciarelli, 1995).

Il fusto è un corto rizoma, epigeo, chiamato corona, che presenta i tessuti vascolari; in esso si accumulano le sostanze di riserva e si dipartono le foglie e i peduncoli fiorali; invecchiando tende a lignificare.

Le foglie sono di forma ovale più o meno allungata, dentate, riunite a rosetta e suddivise in tre foglioline, presentano molteplici stomi per favorire un'intensa traspirazione, sono inserite sul fusto da piccioli di lunghezza variabile.

A seconda delle cultivar possiedono caratteristiche differenti sia di colore (più o meno brillante) che di forma (più o meno arrotondata).

A livello dell'ascella delle foglie si trovano le gemme che, in base al termo-fotoperiodo, cioè al numero di ore di luce giornaliera e dei valori della temperatura, saranno vegetative o produttive; le prime danno origine a stoloni, le seconde danno origine ad infiorescenze.

Gli stoloni sono dei sottili germogli con asse polare plagiotropo (orizzontale) striscianti sul terreno e provvisti di nodi, in corrispondenza dei quali si forma una rosetta di foglie che, a contatto con il terreno, emette radici formando una piantina con gli stessi caratteri genotipici della pianta madre.

Una pianta madre può emettere più di 20 stoloni.

Il fiore è tipico delle Rosaceae, nella maggior parte dei casi è ermafrodita ("perfetto"), contenente sia organi femminili e maschili, ma può essere anche unisessuale e quindi "imperfetto", contenente soli organi maschili (stami) o femminili (pistilli). È costituito da un calice con 5 sepali; una corolla composta generalmente da 5 petali bianchi, di forma variabile; da numerosi stami disposti su tre verticilli inseriti sul ricettacolo, un organo avente la forma di coppa rovesciata. Alla sua estremità sono inseriti i pistilli, disposti a spirale, e composti ciascuno da un ovario, stilo e stigma, contenente un ovulo che, quando fecondato darà origine ad un achenio, comunemente chiamato seme.

Il frutto della fragola è un'infruttescenza, in quanto comprende l'insieme dei veri frutti (achenii) derivanti dagli ovai di una infiorescenza (Figura 1-2).



Figura 1-2 Frutto di fragola

Le infiorescenze presentano un asse primario, due secondari, quattro terziari e otto quaternari. Le prime infiorescenze originate dalla pianta sono quelle caratterizzate da un'asse primario corto e presentano il maggior numero di fiori e frutti. Al contrario quelle che si formano per ultime sono caratterizzate da un asse primario lungo e da pochi fiori (<https://www.colturaecultura.it/content/origine-ed-evoluzione-0>).

Sbalzi termici, scarso arieggiamento, poca presenza di insetti pronubi ed eccessivo vigore delle piante costituiscono condizioni non favorevoli all'impollinazione, dando origine a frutti malformati o deformati, in quanto una parte dei pistilli può non essere fecondata. Per avere frutti di forma regolare, tipici della varietà, è necessario che tutti i pistilli vengano fecondati (<https://www.uniba.it/docenti/de-lucia-barbara/attivita-didattica/FRAGOLA1giugno2018.pdf>).

Il primo frutto a maturare, che è il più grosso e di forma non sempre regolare, è quello originato dall'asse primario dell'infiorescenza. La dimensione finale dei frutti tende essere decrescente passando dai fiori primari a quelli secondari e da questi ai terziari e così di seguito.

La pezzatura del frutto inoltre è determinata dal numero di ovuli fecondati e dal grado di ingrossamento del ricettacolo.

Il frutto può presentare una forma reniforme, sferoidale, conico-arrotondata, conica, conico-allungata, biconica, cuneiforme, quasi cilindrica e ovoidale.

1.3 Caratteristiche nutrizionali della fragola

Le fragole contengono in media il 90,5% di acqua, 5,3% di zuccheri “semplici” (saccarosio e fruttosio), 0,9% di proteine, 0,4% di lipidi, 1,6% di fibra e molti micronutrienti come potassio, ferro, calcio, fosforo, tiamina e riboflavina. Inoltre, il frutto contiene alcune sostanze quali oli essenziali, tannini e flavoni che conferiscono colore e profumo caratteristici e hanno un elevato potere antiossidante.

La quantità di queste sostanze varia notevolmente in funzione della cultivar, delle condizioni di crescita, del grado di maturazione e delle modalità di conservazione dopo la raccolta.

La fragola quindi è una fonte molto ricca di diversi composti nutritivi ed in particolare di zuccheri, vitamine, flavonoidi e antocianine. Questi nutrienti conferiscono alla fragola proprietà utili a promuovere lo stato di salute dell'uomo e prevenire diverse patologie.

(<https://www.viversano.net/alimentazione/mangiare-sano/fragole-proprietà-benefici>)

Il contenuto energetico relativamente basso (27 kcal/100 g) ne permette l'utilizzo anche nei regimi dietetici in quanto ricca di sapore ma povera di zuccheri, buona fonte di fibra (sia solubile che insolubile), potassio, ferro e bioflavonoidi. Da notare anche il basso contenuto di grassi (0,4g/100 g) e la quasi assenza di sodio (2mg/100 g).

Le caratteristiche più apprezzate nella fragola sono la dolcezza e l'aromaticità. Per quantificare con metodi analitici la dolcezza si misura il residuo secco rifrattometrico (RSR), costituito prevalentemente da zuccheri, mentre l'acidità totale, altro attributo di grande impatto sul sapore, viene misurata per titolazione. Queste analisi sono rapide e poco costose, al contrario di quelle relative all'aroma, comunque molto importanti data la grande rilevanza dell'aromaticità nel gradimento delle fragole (Rizzolo e Bianchi, 2010).

I frutti della fragola giunti a maturazione sono di difficile conservazione e devono essere consumati o trasformati rapidamente in quanto, anche se sottoposti a refrigerazione, conservano per breve tempo il loro caratteristico profumo. Subiscono un progressivo rammollimento della polpa e rapidamente assumono una colorazione più scura (per ossidazione dei pigmenti).

1.4 Esigenze termiche e fisiologiche

La fragola presenta una notevole capacità di adattamento agli ambienti più diversi, grazie ad un'ampia gamma varietale.

Tra i fattori climatici, la temperatura è sicuramente il parametro che maggiormente ne influenza la coltivazione. La specie non ama gli ambienti eccessivamente caldo-aridi, e cresce

bene con temperature non molto elevate: temperature ottimali per l'attività vegetativa sono comprese tra 10-13°C durante la notte e tra 18-22°C durante il giorno (Bonciarelli, 1995).

La temperatura minima biologica è di 6°C, mentre quella ottimale per la fioritura è di 18-20°C di notte e 27-28°C di giorno. Valori di temperatura superiori a 30°C causano riduzioni delle produzioni e formazione di frutti deformi, a causa di una scarsa impollinazione o aborto di numerosi pistilli.

La fragola per passare dalla fase vegetativa alla fase riproduttiva necessita del soddisfacimento del "fabbisogno in freddo" delle piante, tramite esposizione delle gemme in quiescenza a temperature inferiori a + 7°C per almeno 800-1000 ore nel caso di cultivar adatte agli ambienti centro-settentrionale; viceversa, negli ambienti meridionali si utilizzano cultivar a scarso o nullo fabbisogno in freddo.

Il fabbisogno in freddo invernale è tuttavia variabile a seconda delle cultivar. Le piante che sono state sottoposte al freddo si sviluppano con più vigore, aumentano la produzione degli stoloni e delle foglie e sono più produttive di quelle non sottoposte al freddo invernale. Il fabbisogno in freddo può essere soddisfatto prima o dopo la messa a dimora, o dalla frigoconservazione.

Nella fragola la differenziazione delle gemme e la successiva fioritura è determinata da vari fattori ambientali, tra cui la temperatura e il numero di ore di luce durante il giorno (fotoperiodo). In funzione della sensibilità al fotoperiodo le cultivar di fragola possono essere classificate in brevidiurne, longidiurne e neutrodiurne.

Le cultivar brevidiurne (Short-Day), chiamate anche Junebearers (JB) o unifere in quanto fioriscono una sola volta all'anno, sono caratterizzate da un'induzione a fiore in particolari condizioni quali durata del giorno breve, inferiore alle 14 ore di luce, e temperature basse, inferiori a 15-16 °C; queste caratteristiche corrispondono al periodo da fine estate ai primi freddi

Con alte temperature che superano i 30°C, invece, viene favorita la sola crescita di tipo vegetativo.

La temperatura ottimale per la differenziazione varia da 14 a 18 °C; questa si arresta se la temperatura scende sotto i 10 °C o supera i 26 °C.

Il numero dei fotocicli (giorni) ideali per avviare l'induzione fiorale è variabile da 7 a 14.

I frutti maturano a seconda della lunghezza del periodo di differenziazione. Spostandosi verso i poli questo periodo tende a diminuire in quanto il numero di giorni con foto-termoperiodo favorevoli è piuttosto ristretto. Alcune cultivar unifere possono diventare bifere cioè sono in grado di fornire una seconda fioritura solitamente prima della fine di marzo in determinate

condizioni ambientali. Questo fenomeno è tipico degli ambienti meridionali o delle colture protette. Verso la fine della raccolta principale compaiono le prime infiorescenze derivanti dalla differenziazione primaverile. Le infiorescenze presentano assi primari molto lunghi e pochi assi secondari corti (<https://www.colturaecultura.it/fragola>).

Le cultivar longidiurne (Long-Day) chiamate anche everbearing (EB) o rifioventi sono caratterizzate dal differenziamento delle gemme a fiore quando si hanno giornate lunghe con più di 14 ore di luce. Le cultivar Long-Day fruttificano dalla primavera fino all'autunno ed entrano in riposo in autunno. A livello morfologico sono caratterizzate da una scarsissima capacità di produrre stoloni rispetto alle cultivar unifere. Questo rappresenta un forte ostacolo alla moltiplicazione che avviene per divisione del ceppo, portando ad una scarsa utilizzazione a livello industriale.

Le cultivar neutrodiurne (Day-Neutral) chiamate anche fotoindifferenti, in quanto indifferenti al fotoperiodo, differenziano le gemme indipendentemente dal numero di ore di luce giornaliera; la temperatura è il principale fattore limitante l'induzione fiorale. Queste si differenziano dalle rifioventi Long-Day per alcuni caratteri distintivi: producono fiori e frutti in modo più continuo e presentano una capacità di emettere stoloni più accentuata; entrano in dormienza più tardi in quanto continuano a fiorire e a portare a maturazione i frutti fino all'inizio dell'inverno. La produzione è arrestata solo dai geli invernali.

1.5 Sistemi di coltivazione

Il sistema più diffuso è la tradizionale coltura in pieno campo con un solo ciclo di fruttificazione nella primavera successiva all'impianto estivo. Altri sistemi utilizzati sono la coltura autunnale, sempre a ciclo annuale, che prevede una doppia fruttificazione: una nel periodo autunnale e l'altra nella primavera successiva; la coltura programmata per la produzione nel periodo estivo; la coltura fuori suolo e infine la coltura protetta (tunnel) per consentire un periodo molto ampio di produzione.

1.5.1 *Coltura in pieno campo*

La fragola possiede una buona adattabilità ai diversi tipi di terreno, anche se predilige quelli di medio impasto, con buon contenuto in sostanza organica, tendenzialmente acidi o subacidi (con pH tra 5,5 e 7), con una concentrazione salina inferiore a 2 mS/cm e con un contenuto in calcare attivo non superiore al 4%-5% per favorire la produzione di frutti più consistenti e con un alto grado zuccherino; diversamente un eccesso di calcare riduce lo sviluppo vegetativo.

La fragola si adatta bene anche a terreni argillosi, purché dotati di un buon drenaggio, in grado di evitare dannosi ristagni idrici che è la principale causa di asfissia e di attacchi fungini all'apparato radicale.

La fragola richiede un terreno preparato in tempo ed in modo accurato in base alle caratteristiche chimico-fisiche. Il terreno deve essere precedentemente lavorato con sostanza organica e concimi utili allo sviluppo della pianta e ben affinato; inoltre è importante assicurare un regolare e buon drenaggio per il deflusso delle acque in eccesso. È inoltre opportuno scegliere un terreno che non abbia ospitato la coltura della fragola o di solanacee negli ultimi anni. Se ciò non è possibile, occorre procedere alla fumigazione prima dell'impianto per evitare problemi di stentato sviluppo, stati di stress o di collasso delle piante. La fumigazione veniva effettuata con Bromuro di Metile (BM), ora non più utilizzabile e sostituito con sostanze chimiche alternative quali la cloropicrina con telone.

È consigliata invece la successione con colture come pisello e fagiolino, mitigatrici sia della struttura che della fertilità del terreno. Una buona rotazione dovrebbe prevedere il ritorno della fragola dopo almeno due anni di altre colture. Si può ridurre i tempi di rotazione apportando notevoli quantità di sostanza organica in modo da permettere un miglioramento delle caratteristiche fisiche e chimiche del suolo creando anche le condizioni per arricchire la componente microbica utile riducendo quella dannosa. Un buon effetto disinfestante è garantito anche dalla tecnica della solarizzazione che consiste nel coprire il terreno con film plastici in polietilene (PE) per un periodo da 4 a 8 settimane nei mesi estivi. Le elevate temperature e il forte irraggiamento, infatti, determinano una sorta di pastorizzazione del terreno (Lucchi, 2002).

L'impianto della fragola viene effettuato su prode baulate dai 10 ai 30 cm di altezza con l'ausilio di macchine operatrici che contemporaneamente mettono in opera il film plastico di polietilene nero per la pacciamatura e la manichetta per l'irrigazione. Il film pacciamante è solitamente in polietilene scuro con fori posti a una distanza di 30-40 cm fra le due file e 20-40 cm sulla fila, ma può essere sostituito con sostanze biodegradabili (mais e altri cereali) che ne facilitano lo smaltimento (Figura 1-3).



Figura 1-3 *Coltivazione fragola in pieno campo*

La pacciamatura permette di non far sviluppare le erbe infestanti, ridurre i marciumi dei frutti e garantire maggiore pulizia. Il film plastico nero inoltre favorisce il riscaldamento del suolo e riduce l'evapotraspirazione riuscendo così a ridurre gli apporti irrigui.

La larghezza del passaggio fra due prode è di 50-60 cm. La densità di piantagione può variare da 42.000 a 55.000 piante per ettaro.

Il periodo di piantagione è molto variabile a seconda delle zone, delle varietà e del tipo di tecnica colturale che si adotta. Orientativamente, per le varietà unifere, al Nord la piantagione inizia ai primi di giugno e prosegue per tutto il mese abbassandosi di quota. Nelle pianure settentrionali, l'epoca di trapianto va da metà luglio con piante frigoconservate e prosegue ad agosto con piante fresche cime radicate. Per le colture autunnali la piantagione va dall'ultima decade di agosto fino alla prima decade di settembre mentre negli ambienti meridionali la piantagione inizia a metà agosto fino alla prima decade di ottobre. Le varietà riflorenti vengono messe a dimora generalmente in primavera (Lucchi, 2002).

La corretta gestione dell'irrigazione e la scelta del sistema irriguo assicurano ottimi risultati in tutti gli ambienti di coltivazione; irrigazioni mal eseguite possono determinare un peggioramento del titolo zuccherino e modificare l'acidità, ma possono anche causare marciumi del colletto delle piante e asfissia radicale. La qualità dell'acqua irrigua è fondamentale dato che la fragola è molto sensibile alla salinità; infatti l'eccessiva presenza di sali disciolti influenza negativamente la crescita delle radici, determinando una riduzione delle rese. Il sistema irriguo più adatto alla coltura della fragola è sicuramente quello a goccia. La portata degli erogatori deve essere rigorosamente omogenea, cioè ogni gocciolatore posto sulla

coltura deve apportare la medesima quantità di acqua ad ogni pianta. La disomogeneità delle portate ha effetti estremamente negativi soprattutto in casi di fertirrigazione (<https://www.colturaecultura.it/content/irrigazione-0>).

La messa a dimora può avvenire a mano o meccanicamente anche se vi sono accorgimenti da seguire in entrambi i casi: l'apparato radicale va lasciato integro, deve essere messo in posizione naturale, cioè disteso verso il basso, non piegato, la corona deve affiorare leggermente, si deve comprimere il terreno alle radici. È opportuno irrigare prima della piantagione, immediatamente dopo e nei 7-10 giorni successivi.

1.5.2 *Coltura protetta*

In Italia, la protezione della coltura ha una tendenza sempre più in crescita favorendo sia la difesa contro gli agenti atmosferici che anticipando la maturazione dei frutti. Gli andamenti climatici sfavorevoli come eccessive piogge e grandinate rischiano di compromettere la quantità e la qualità delle fragole coltivate. L'adozione di tunnel con film plastico di copertura ha portato al miglioramento qualitativo soprattutto della sanità e conservazione dei frutti. I materiali di copertura utilizzabili oltre al film plastico possono essere diversi come: la rete antigrandine, il tessuto non tessuto (TNT) e le reti ombreggianti. Anche le strutture possono essere differenti: tunnel singoli o doppi provvisti o meno di sistemi di aperture laterali, con diverse lunghezze e larghezze. Se le strutture presentano aperture inadeguate non garantendo un sufficiente arieggiamento delle piante, verranno prodotti frutti deformati a causa della scarsa impollinazione e delle alte temperature dovute all'effetto serra (Figura 1-4).



Figura 1-4 *Coltivazione della fragola in coltura protetta*

Da gennaio si mette in opera la copertura che consente un anticipo della maturazione di 25-30 giorni rispetto alla coltura in pieno campo. Attualmente vi è la tendenza di predisporre tunnel multipli al momento dell'impianto ma coperti durante il periodo di fioritura per proteggere la fruttificazione da prolungate e dannose piogge primaverili che causano l'insorgenza di marciumi sui frutti (<https://www.colturaecultura.it/fragola>).

Per limitare l'usura dei materiali è raccomandata la rimozione delle coperture quando terminano le condizioni di rischio per la coltura e/o la produzione; questi materiali devono essere adeguatamente recuperati e smaltiti in quanto fonte di inquinamento dell'ambiente.

1.5.3 *Coltura autunnale-primaverile*

È una tecnica colturale tipica del Veronese. La sua caratteristica principale è quella di consentire una doppia produzione, una nel periodo autunnale, circa 45-50 giorni dopo la piantagione, e l'altra nella primavera successiva, assieme alla coltura protetta tradizionale. La tecnica si basa sull'impiego di piante ingrossate con numerose gemme a fiore differenziate l'anno precedente in vivaio, in grado di fornire frutti nel periodo immediatamente successivo alla piantagione. Le piante sono sottoposte ad una lunga frigoconservazione (circa 8 mesi) che determina una notevole perdita di sostanze di riserva con conseguente diminuzione della loro potenzialità produttiva (<https://www.colturaecultura.it/fragola>).

1.5.4 *Coltura fuori suolo*

Rappresenta un'importante innovazione di coltivazione introdotta negli ultimi anni nel settore delle colture specializzate e protette. Con la coltura fuori suolo viene eliminato l'uso di erbicidi, l'uso degli agrofarmaci è ridotto al minimo in quanto i danni da marciumi, larve o altri insetti risultano più contenuti e permette di superare i problemi di stanchezza del terreno. Questa tecnica colturale, affiancata alla protezione con strutture, offre la possibilità di adottare i sistemi di difesa integrata e consente di avere una continua fornitura di fragole utilizzando piante della stessa varietà, messe a dimora in date successive. Inoltre, la coltura fuori suolo permette di aumentare la densità di piantagione determinando un incremento produttivo e retributivo; presenta però lo svantaggio dei costi elevati sia di installazione che rispetto al metodo tradizionale (Figura 1-5).



Figura 1-5 Coltivazione della fragola fuori suolo

Spesso nelle colture fuori suolo si utilizza un sistema di irrigazione a goccia diretto da un banco automatizzato per la fertirrigazione, il quale è in grado di monitorare e correggere il pH e la conducibilità elettrica dell'acqua di irrigazione ma anche di dosare la nutrizione minerale necessaria alla coltura.

La qualità dell'acqua è di grande importanza: la soluzione nutritiva deve essere oggetto di un attento e continuo controllo e con un basso valore di salinità. L'eccesso di alcuni elementi come il boro (B), zinco (Zn), cloro (Cl), e sodio (Na) nella soluzione nutritiva può limitare in modo drastico la crescita e la produttività delle piante.

È importante inoltre che la distribuzione della soluzione nutritiva avvenga in maniera uniforme per garantire un apporto sufficiente a tutte le piante.

Tra i principali vantaggi dell'utilizzo del sistema di fertirrigazione si ha una migliore efficienza dei fertilizzanti, dovuta alla costante disponibilità degli elementi nutritivi nel tempo e nello spazio, ed una riduzione delle perdite per dilavamento ed insolubilizzazione degli elementi nutritivi che si traduce in minori quantitativi impiegati ed una crescita e sviluppo più equilibrati della pianta, che risulta anche più resistente nei confronti di fisiopatie e fitopatie, con conseguente miglioramento della produzione. Senza dimenticare che con una gestione più

razionale dell'intervento irriguo si ha anche un allungamento del ciclo colturale e di conseguenza una maggiore produzione.

Le colture fuori suolo si possono suddividere in base al tipo di supporto della pianta in: colture su substrato (artificiale, minerale o organico o un mix di questi) e colture senza substrato, dove non si prevede alcun supporto organico per l'ancoraggio dell'apparato radicale che si trova immerso in una soluzione nutritiva.

Per quanto riguarda le colture su substrato si possono utilizzare sacchi di materiale plastico con capacità da 8 a 18 litri oppure vasi che possono contenere 5-7 litri di substrato; quest'ultimi risultano utili per far ingrossare direttamente le piante che vengono poi conservate nelle celle frigo fino al momento che si intende farle fruttificare (colture programmate). Generalmente 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.

In Europa il substrato più usato per la fragolicoltura fuori suolo è la torba. Essa ha il vantaggio di trattenere molta acqua, avere un basso contenuto di sostanze nutritive e il pH acido. Spesso essa viene mescolata alla fibra di cocco; in Italia è possibile anche trovare miscele con perlite, essendo facile da reperire sul nostro territorio (<https://www.colturaecultura.it/fragola>).

Il cocco assicura buoni scambi gassosi, drenaggio e allo stesso tempo un'adequata riserva nutrizionale; inoltre garantisce l'effetto tampone, utile alla partenza della giovane pianta, consentendo una rapida correzione di eventuali errori nell'apporto degli elementi nutritivi. Generalmente i sacchi possono essere riutilizzati per permettere più cicli colturali dato che le materie prime impiegate assicurano una elevata stabilità strutturale e il materiale plastico impiegato per il confezionamento possiede specifiche protezioni dall'azione dei raggi solari. Un altro tipo di classificazione può essere in funzione della gestione della soluzione nutritiva, ovvero del riutilizzo o meno del drenato; troviamo quindi colture a ciclo aperto e colture a ciclo chiuso.

Nelle colture a ciclo aperto, la soluzione drenante non viene riutilizzata e normalmente viene utilizzata per la fertirrigazione di colture esterne su terreno. Quindi l'alimentazione delle piante avviene con soluzione "fresca" senza recuperare la quota della stessa drenata dai moduli di coltivazione. Nelle colture a ciclo chiuso, invece, la soluzione esausta viene recuperata, reintegrata e risomministrata alla coltura. Questa però deve essere sottoposta a disinfezione al fine di garantire un basso rischio di redistribuzione di eventuali patogeni tramite la stessa soluzione riciclata. È quindi evidente che il sistema a ciclo chiuso rispetto a quello a ciclo

aperto, presenta maggiori rischi dal punto di vista fitopatologico, anche se riduce la dispersione nell'ambiente e i consumi di acqua e di sostanze fertilizzanti (Tognoni e Serra, 1994).

1.6 Materiale vivaistico

La scelta del tipo di pianta è fondamentale per la buona riuscita dell'impianto di fragole. La moderna fragolicoltura richiede materiale di propagazione garantito da un punto di vista fitosanitario, per contrastare le avversità più diffuse, e che geneticamente risponda alle caratteristiche varietali. Quindi risulta necessario impiegare "piante certificate", esenti dalle avversità più diffuse (virosi, crittogame, batteriosi, acari, nematodi galligeni e fogliari) prodotte in vivai soggetti a una serie di controlli genetici e sanitari da parte degli organi responsabili della certificazione a livello nazionale quali il MIPAAF. Il materiale certificato viene distinto da quello standard con l'apposizione di un cartellino sulla confezione di vendita che ne garantisce l'origine ed i controlli avvenuti (<https://www.colturaecultura.it/content/certificazione-delle-piante>).

In Italia la maggior parte degli impianti sono realizzati con piante frigoconservate, anche se negli ultimi anni l'uso di piante fresche è aumentato considerevolmente.

Attualmente si possono trovare sul mercato due tipologie di piante: le frigoconservate (A, A+, Waiting bed e Tray plant) e le piante fresche (a radice nuda e cime radicate).

(www.colturaecultura.it/content/tecniche-vivaistiche)

1.6.1 Piante frigoconservate

Le piante "A" vengono prodotte in appositi vivai costituiti nel periodo primaverile, in terreni sabbiosi ben drenati e livellati ed estirpate meccanicamente in inverno, nella fase di pieno riposo vegetativo. Una volta giunte alla sala di lavorazione, vengono eliminati eventuali residui di terra aderente alle radici e vengono asportate le foglie restanti lasciandone solo una o due centrali più giovani; le piante saranno poi selezionate in base al diametro del colletto che deve essere compreso fra 8-12 mm.

A questo punto le piante vengono poste in casse di legno, inumidite e sottoposte ad un trattamento fungicida, poi vengono confezionate in sacchi di polietilene trasparente e collocate in celle frigorifere per la prerrefrigerazione a una temperatura di -2°C , in grado di bloccare l'attività vegetativa delle piante senza provocare danneggiamento ai tessuti della radice e dei germogli. Le piante che presentano un diametro al colletto di 6-8 mm sono considerate di seconda scelta (A-).

Le piante “A+” presentano un calibro al colletto maggiore di 14 mm. Si ottengono da appositi vivai nei quali viene eseguita una distribuzione uniforme degli stoloni sul terreno con rimozione, in alcuni casi, delle piante madri e le piante più giovani non radicate a partire dal mese di luglio. Queste operazioni favoriscono l'ingrossamento delle piantine evitando l'eccessiva densità del vivaio. Questa tipologia di pianta viene frigoconservata con una rosetta di foglie giovani. Sono utilizzate quando si intende avere un flusso di produzione subito dopo la piantagione, sfruttando le gemme a fiore differenziate in vivaio, per colture programmate in suolo e fuori suolo autunnali-primaverili.

Le piante “WB” sono di grosso calibro, sono prodotte in appositi letti di attesa (waiting bed) originate da una pianta frigoconservata di piccole dimensioni (A-) o da una pianta fresca “a radice nuda” o “cima radicata”, messe a dimora verso la fine di giugno - primi di agosto.

Lo scopo principale è quello di ottenere tramite un ulteriore ciclo vegetativo l'ingrossamento delle piante di partenza. Se questa è frigoconservata, le piante ingrossate subiscono una seconda frigoconservazione prima della loro messa a dimora in campo, presentando quindi una parte di tessuti con un'età di due anni. Se sono ottenute, invece, da piante fresche, risultano più giovani di quasi un anno. Le piante vengono selezionate in base al numero di germogli che presentano al momento dell'estirpazione (in genere da 1 a 3) e frigoconservate con le giovani foglie. L'utilizzo di queste piante è finalizzato principalmente alle colture programmate. Devono garantire in brevi periodi produzioni elevate e frutti di elevata qualità e pezzatura uniforme. La pianta WB, rispetto alla A+, presenta generalmente produzioni più abbondanti, dovute al maggior numero di gemme a fiore che portano spesso, però, a frutti di piccola pezzatura.

Tray plant (TP) e mini tray sono piante anch'esse ingrossate su un substrato di torba, in contenitori alveolati di plastica da 8-9 fori di 7-8 cm di diametro (tray) e da 16-19 fori di 5-6 cm di diametro (minitray), partendo da piante fresche “cime radicate”, ottenute da cime di stoloni prelevati durante l'estate e posti a radicare in ambienti protetti muniti di sistema di irrigazione a nebulizzazione (mist) e allevate con opportune fertirrigazioni. In pieno riposo vegetativo, le piante vengono frigoconservate, fino al momento della piantagione che avviene generalmente nel periodo primaverile. Questi tipi di piante hanno un elevato costo e vengono utilizzati esclusivamente per coltivazioni programmate fuori suolo e in suolo, dove sono in grado di fornire produzioni simili a quelle delle piante WB, ma con frutti di migliore qualità (<https://www.colturaecultura.it/fragola>).

1.6.2 *Piante fresche*

Tra le piante fresche si distinguono due ulteriori tipologie: “a radice nuda” o “cime radicate”.

Le piante “a radice nuda” sono prodotte in vivai su terreni fertili, sabbiosi e con buone disponibilità idriche. Le piante vengono estirpate meccanicamente, in genere ai primi di ottobre, e tagliate appena al di sopra del colletto. Le piantine sono poste in cassette di legno, in posizione eretta dentro sacchi di film plastico per mantenere l'apparato radicale con un buon grado di umidità. I vantaggi della pianta fresca rispetto a quella frigoconservata, sono da attribuire a una maggiore precocità di maturazione e a una maggiore qualità dei frutti nonché alla possibilità di ritardare la piantagione, con maggiore risparmio e razionalizzazione nell'utilizzo dell'acqua irrigua.

Uno dei principali fattori limitanti nell'impiego di questo tipo di pianta è la percentuale di fallanze che si possono riscontrare subito dopo il trapianto dovute ad un periodo troppo lungo tra l'estirpazione delle piante e la loro messa a dimora nei fragoletti che può provocare stress alla pianta oppure dovute all'utilizzo di piante poco sviluppate.

Le “cime radicate” sono ottenute prelevando da vivai opportunamente predisposti (in fuori suolo o in situ distribuendo della paglia sotto gli stoloni per evitarne la radicazione in campo) piantine figlie non radicate ma provviste di abbozzi radicali. Le piantine vengono messe a radicare in contenitori alveolati di polistirolo riempiti di torba o fibra di cocco e posti in ambiente ombreggiato e sotto mist. La radicazione avviene in 25-30 gg e le piantine sono pronte per il trapianto. Questo tipo di pianta ha in parte sostituito la pianta fresca a radice nuda, mantenendone i caratteri positivi (precocità di maturazione, buona qualità dei frutti) e presentando il vantaggio di avere meno problemi di ripresa dopo il trapianto con conseguente maggiore omogeneità d'impianto. La pianta cima radicata può permettere piantagioni più tardive, senza perdere in produttività e richiede minore dispendio di acqua per l'irrigazione (<https://www.colturaecultura.it/fragola>).

1.7 **Varietà rifioventi**

Anais

La pianta è molto vigorosa con vegetazione rustica. Presenta una produttività medio-elevata e una fioritura regolare. I frutti risultano essere di buona conservabilità, sono caratterizzati da un aroma elevato, colore brillante e sono di calibro medio. È una varietà indicata per i produttori che ricercano una fragola di ottimo gusto e che si differenzia dalle altre varietà.

Per favorire la fioritura è necessario effettuare una costante pulizia delle vecchie foglie e mazzetti florali, durante tutta la fase produttiva (terraevita.edagricole.it/agri24/vimg/10391-11.pdf).

Annabelle

Presenta una produzione regolare, mediamente elevata. I frutti presentano un leggero aroma di fragola di bosco, hanno un colore brillante e buon calibro. I frutti sono ottimi per la vendita diretta in azienda e per la grande distribuzione grazie alla sua presenza estetica e gustativa. È adatta alla coltivazione fuori suolo (terraevita.edagricole.it/agri24/vimg/10391-11.pdf).

Charlotte

È una pianta vigorosa e rustica, poco esigente in concimazioni. Ha produzioni elevate con scarsa percentuale di scarto, facile e veloce da raccogliere. I frutti sono di buona qualità gustativa, zuccherina, poco acida, dallo spiccato aroma di fragola di bosco. Hanno forma regolare, calibro medio-grosso, colore brillante rosso sangue e polpa soda. È la fragola rifiorente che può coprire tutto il periodo di produzione (primavera, estate, autunno), adattando le piante a seconda del periodo d'impianto (terraevita.edagricole.it/agri24/vimg/10391-11.pdf).

Cirafine

La pianta è di media vigoria, adatta a ambienti di montagna. Presenta un'elevata capacità di rifiorire, ma una scarsa produttività. I frutti, di piccola pezzatura, presentano però elevate caratteristiche organolettiche con gusto tipico e acidulo che va intensificandosi nel corso della stagione (terraevita.edagricole.it/agri24/vimg/10391-11.pdf).

Monterey

È una varietà rustica con apparato fogliare molto sviluppato. La resa produttiva è elevata. I frutti sono di grossa pezzatura, 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. (plantgest.imaginenetwork.com)

San Andreas

La pianta presenta elevata vigoria ma con buona rusticità e un alto potenziale produttivo. I frutti sono di calibro medio grosso, rosso brillante e di qualità gustativa molto elevata. È una varietà consigliata sia per la vendita diretta che per l'ingrosso. Si adatta all'utilizzo sia di piante frigoconservate, fresche che cime radicate. Presenta un basso fabbisogno in freddo ed una elevata precocità di maturazione (<http://www.coviro.it/fragole/sanandreas/>).

Cabrillo

La pianta è molto rustica, vigorosa e di buona produttività. I frutti sono di forma conica, regolare, di colore rosso brillante. Presentano polpa dura con una buona shelf-life. Si adatta bene alla coltura in suolo con l'utilizzo di piante frigoconservate e cime radicate. (<https://plantgest.imaginenetwork.com/it/variet%C3%A0/frutticole/fragola/cabrillo/9482>)

Capitolo 2

MATERIALI E METODI

2.1 Varietà in prova

Le cultivar di fragola scelte per l'impianto fuori suolo e sottoposte alla valutazione sono Vivara e Murano con tipologie di piante frigoconservate A+ e mini Tray.

2.1.1 *Murano**

*Murano** è una cultivar italiana ottenuta dal CIV-(Consorzio Italiano Vivaisti, Ferrara) ed è stata registrata in Europa nel 2016 con brevetto europeo n° 42969.

La cultivar *Murano** è di tipo rifiorente ad alto fabbisogno in freddo; presenta una buona vigoria, un portamento eretto ed elevata resistenza ai principali patogeni, garantisce ottime produzioni. I suoi fiori sono ricchi di polline, di facile impollinazione e presentano steli eretti. La fioritura è precoce, molto prolungata e regolare. I frutti si presentano di forma conica e regolare, molto attraenti, con calibro elevato e costante; il colore è rosso brillante anche con temperature elevate; hanno un notevole grado zuccherino costante per tutto il periodo di raccolta. La polpa ha una consistenza elevata che si mantiene tale anche nei periodi molto caldi. La shelf-life è eccellente. Anche l'epoca di raccolta è precoce, molto prolungata e regolare

(https://www.salvivivai.it/wp-content/uploads/2019/05/SALVIVIVAI_FRAGOLA_murano_ita.pdf) (Figura 2-1).



Figura 2-1 Piante (sinistra) e frutti (destra) di *Murano*

2.1.2 *Vivara**

È una cultivar italiana ottenuta dal CIV-(Consorzio Italiano Vivaisti, Ferrara) ed è stata registrata in Europa nel 2016 con brevetto europeo n° 43802.

La cultivar *Vivara** è di tipo rifiorante ad alto fabbisogno in freddo; presenta una vigoria medio elevata e un'ottima resistenza all'Oidio del fogliame e dei frutti. La sua produzione risulta essere abbondante e costante: è una delle varietà più produttive.

I frutti sono attraenti, il colore è rosso brillante e la conformazione cuoriforme omogenea, con calibro medio-grosso molto regolare. La polpa si presenta di colorazione rossa con un'elevata consistenza. Il contenuto zuccherino è basso e la shelf life è buona. L'epoca di raccolta è precoce, molto prolungata e regolare (https://www.salvivivai.it/wp-content/uploads/2019/05/SALVIVIVAI_FRAGOLA_vivara_ita.pdf) (Figura 2-2).



Figura 2-2 Piante (sinistra) e frutti (destra) di *Vivara*

2.2 Sistema colturale

L'impianto è stato realizzato dall'azienda agricola Mazzanti Giacomo e Gilberto situata in via Leonardo da Vinci 9/A, Treccastelli di Ripe, in provincia di Ancona (coordinate GPS: 43.653243, 13.095587).

Si tratta di un sistema colturale fuori suolo in serra con larghezza 8 m, lunghezza 85 m e altezza 4 m sul fianco sotto gronda mentre al colmo è di 6 m.

La serra presenta un'apertura a tetto laterale che fa da effetto camino per ricircolo di aria; inoltre sono presenti due aperture laterali ricoperte di reti per contrastare l'ingresso di insetti dannosi. Per questo motivo vengono immessi insetti impollinatori come i bombi e antagonisti come i predatori di afidi, raghetto e tripidi in modo da ridurre l'uso di insetticidi ed utilizzando solamente fungicidi.

Al tetto della struttura sono ancorate le canaline che si trovano sospese tramite catenelle a 1,5 m da terra e disposte su 6 file distanti tra loro 1,3 m e con lunghezza 82 m. Le canaline sono strutture orizzontali che contengono i sacchi del tipo Grotec 21 con il substrato di coltura e un volume di 30 litri (Figura 2-3).



Figura 2-3 *Struttura dell'impianto di coltivazione fuori suolo*

Il substrato è composto da cocco e da torbe di tre diverse frazioni (Tabella 2-1), è particolarmente indicato per la coltivazione della fragola, possiede un pH neutro e inoltre non contiene concimi. (<https://www.agrochimica.it/prodotti/grotecr-21>)

Composizione	
Cocco	medium extra coarse
Torba bionda da mattonella	0-25 mm
Torba bionda da mattonella	10-25 mm
Torba bionda da mattonella	20-40 mm
Struttura	media grossa
pH	5,5 - 6,5

Tabella 2-1 *Composizione del substrato Grotec 21.*

La struttura inoltre dispone di un sistema automatico per la nebulizzazione di acqua dall'alto, un sistema di irrigazione a goccia diretto da un banco automatizzato per la fertirrigazione (sistema Agrimix) il quale è in grado di monitorare e correggere il pH e la conducibilità elettrica dell'acqua di irrigazione ma anche di dosare i fertilizzanti necessari alla coltura.

La gestione del fertilizzante viene regolata da semplici ricette di fertirrigazione impostabili a seconda delle necessità agronomiche e nutrizionali.

L'unità di fertirrigazione computerizzata consente la miscelazione automatica di due soluzioni madre (vasca A e B) e una soluzione acida per la correzione del pH.

Generalmente sulla vasca A sono disciolti i nitrati e i solfati, mentre nella vasca B i microelementi.

L'acqua utilizzata per l'irrigazione nell'azienda Mazzanti è stata previamente analizzata, i risultati delle analisi sono riportati in Tabella 2-2.

Prova	Unità di misura	Valore
Calcio	mg/l	125
Sodio	mg/l	46,1
Magnesio	mg/l	25,1
Manganese	mg/l	0,42
Potassio	mg/l	3,2
Cloruri	mg/l	66,1
Nitrati	mg/l	60,60
Nitriti	mg/l	<0,1
Solfati	mg/l	90,2
Fosfati	mg/l	<0,1
Carbonati	meq/l	<0,1
Bicarbonati	meq/l	7,10
pH		6,98
Conducibilità	microS/cm	818

Tabella 2-2 *Composizione chimica dell'acqua di irrigazione*

In seguito a quanto emerso, per abbassare il pH a 5,5 è necessario effettuare aggiunta di acido nitrico in una prima vasca di acidificazione dell'acqua.

In base anche agli altri parametri delle analisi è stata sviluppata la corretta integrazione di elementi nutritivi per ottenere la soluzione madre (Tabella 2-3).

Elementi nutritivi	Quantità (kg/hl)
Acido nitrico (50%)	10
Fosfato monopotassio (74%)	5
Solfato di potassio	3
Solfato di magnesio	1
Microsol 680	0,15
Ferro 6%	0,35

Tabella 2-3 Elementi nutritivi da aggiungere all'acqua di irrigazione per ottenere la soluzione madre

La soluzione finale che viene iniettata nel sistema di irrigazione è ottenuta dalla miscelazione dei contenuti dei serbatoi e la sua composizione viene gestita da un software che ha il compito di mantenere costanti i parametri di conducibilità elettrica (EC) pari a 1,2-1,3 $\mu\text{S}/\text{cm}$ d'estate e 1,4-1,6 $\mu\text{S}/\text{cm}$ in autunno e di pH pari a 5,5-6 costante. Per ridurre al minimo gli errori di miscelazione, periodicamente e manualmente un operatore misura i parametri di EC e di pH della soluzione drenata e inserisce tali dati nella macchina che corregge costantemente i valori, immettendo nel sistema la soluzione idonea.

Il sistema utilizzato è a ciclo aperto cioè non recupera la soluzione nutritiva derivante dal drenaggio, ovvero lo sgrondo che deve essere il 25% della quantità di acqua distribuita per l'irrigazione.

La piantagione è stata effettuata il 10 Luglio 2019, ogni sacco è stato forato in modo da ospitare 8 piantine quindi si ha una media di 8 piante/metro lineare, per un totale di 4000 piante circa distribuite in 6 file distanti 1,3 m l'una dall'altra e di lunghezza 82 m circa per una superficie totale di 660 m^2 . La densità risulta essere di 6000 piante per 1000 m^2 .

La fertirrigazione è garantita da 4 capillari in ogni sacco con la portata singola di 2 litri/ora.

Dopo la piantagione, il terreno sottostante l'impianto fuori suolo è stato ricoperto con un telo pacciamante bianco per evitare la crescita di infestanti.

Inizialmente la fertirrigazione si attivava ogni 50 minuti, poi gradualmente ogni 2 ore, sempre per la durata di 4 minuti.

Per quanto riguarda la nebulizzazione, i primi 15 giorni si attivava ogni mezz'ora per 2 minuti dalle 9 alle 17 con lo scopo di favorire l'attecchimento.

Poi si è diminuita la durata fino a 30 secondi ogni 20 minuti per aumentare l'umidità dell'ambiente per migliorare la germinabilità del polline e quindi prevenire la formazione di frutti malformati.

L'impianto di nebulizzazione viene anche utilizzato per abbassare la temperatura interna della serra (limite massimo ottimale: 25°C).

2.3 Disegno sperimentale

Sono state selezionate parcelle (sacco) di piante da cui raccogliere i frutti per le analisi sperimentali secondo uno schema a blocchi completamente randomizzati.

In particolare, sono state prese in considerazione 3 parcelle (3 sacchi) da 8 piante per ogni varietà; per un totale di 24 piante per ogni cultivar (2) e tipologia di pianta (2), ripetute tre volte in blocchi randomizzati.

La raccolta dei frutti è stata effettuata a maturazione completa del frutto (colore rosso uniformemente distribuito), generalmente con una frequenza di una volta a settimana.

Il raccolto è stato pesato con un dinamometro portatile (Mod: 41000, Pesola, Swiss) e classificato in campo secondo le diverse categorie per la valutazione degli aspetti produttivi.

I parametri qualitativi sono stati, invece, valutati in laboratorio (contenuto in solidi solubili, acidità titolabile, colore e consistenza) selezionando 10 frutti a maturazione commerciale (omogenei tra loro per forma e colore) per ogni parcella durante il periodo autunnale in 6 date di raccolta. Infine, i dati sono stati raccolti, tabulati e analizzati.

2.4 Parametri produttivi

Generalmente ogni settimana sono stati raccolti e pesati tutti i frutti maturi dalle piante di ogni parcella per poter valutare i parametri produttivi e in particolare l'indice di precocità, la produzione totale di ogni parcella, la produzione commerciale, quella di scarto e il peso medio ponderato.

Indice di precocità:

L'indice di precocità (IP) rappresenta la media ponderata dei giorni necessari a raccogliere tutta la produzione a partire dal 1° gennaio, si determina secondo la formula:

$$IP = \sum (Z \times q) / Q$$

dove Z indica il numero dei giorni trascorsi dal 1° gennaio; q indica la produzione totale raccolta alla data Z e Q indica la produzione totale di tutte le raccolte.

Produzione commerciale, totale e scarto

Alla raccolta, tutti i frutti maturi sono suddivisi in vaschette diverse in base alla morfologia, e in particolare al diametro e all'aspetto: la produzione commerciale comprende frutti dal diametro ≥ 22 mm, sani e integri; la produzione di scarto totale comprende i frutti sottomisura

($\emptyset < 22$ mm), deformi (forma non regolare o spaccati) e quelli marcescenti o che presentano delle scottature da sole.

Sommando la produzione commerciale a quella di scarto si ottiene la produzione totale della parcella che, dividendo per il numero di piante effettivamente produttive, permette di ottenere la media di produzione per pianta.

Peso medio ponderato

Inoltre, per ogni data di raccolta e per ogni parcella, si sono selezionati 20 frutti della categoria commerciale per calcolare il peso medio del frutto.

Attraverso questo dato è possibile calcolare il peso medio ponderato (PMP), ottenuto dalla sommatoria dei prodotti tra il peso medio del frutto rilevato in ogni raccolta e la produzione commerciale della stessa, diviso la produzione commerciale di tutte le raccolte, secondo la formula:

$$PMP = \frac{(p_1 \times q_1) + (p_2 \times q_2) + \dots + (p_n \times q_n)}{Q}$$

dove p indica peso medio del frutto di una raccolta; q la produzione commerciale della stessa raccolta e Q la produzione commerciale di tutte le raccolte. Questo dato indica il peso medio del frutto in relazione alla quantità di frutti raccolti nei diversi passaggi.

2.5 Parametri qualitativi

Per descrivere la qualità della produzione ottenuta dalle diverse cultivar presenti nella prova sono stati definiti i seguenti parametri qualitativi: colore e consistenza del frutto, il residuo secco rifrattometrico e l'acidità titolabile.

Per eseguire queste analisi è stato preso un campione di 10 frutti omogenei a maturazione commerciale (omogenei tra loro per forma e colore) per ogni parcella durante il periodo autunnale in 6 date di raccolta.

2.5.1 Colore del frutto

La misurazione del colore è stata effettuata utilizzando un colorimetro automatico a riflettanza (Konica-Minolta, Chroma-Meter CR-400 - Tokyo, Japan), il cui lettore veniva appoggiato delicatamente in modo da aderire bene alla superficie del frutto maturo in due punti casuali ma opposti previa opportuna taratura.

Dalla lettura si ottengono i seguenti parametri: L*, a*, b* che descrivono rispettivamente luminosità e coordinate cromatiche. Il parametro L* esprime la luminosità del colore del frutto, in particolare valori elevati indicano colori chiari e luminosi, mentre quelli più bassi colori più

scuri ($L^* = 0$ indica il colore nero, mentre $L^* = 100$ il bianco). I valori a^* e b^* sono invece coordinate cromatiche che identificano la tinta del colore: queste variano da -60 a +60, descrivendo variazioni del colore dal verde (-60) al rosso (+60) nel caso di a^* e dal blu (-60) al giallo (+60) nel caso di b^* . Attraverso le coordinate cromatiche a^* e b^* viene calcolato il Chroma (C^*) secondo la formula $[(a^*)^2 + (b^*)^2]^{1/2}$. Il Chroma (C^*) misura la saturazione del colore: valori di C^* elevati indicano colori più vividi, mentre valori meno elevati sono caratteristici di colori opachi e più spenti. Valori diversi di Chroma dipendono principalmente dalla varietà e dallo stato di maturazione: ad esempio frutti sovra maturi presentano bassi valori di C^* .

Sono più apprezzate le tonalità dei frutti di colore rosso brillante con elevata stabilità e costanza del colore nella commercializzazione a cui sono associati i seguenti parametri colorimetrici come indici di riferimento: $L^* > 37$, $a^* > 32$ e $b^* > 24$ (Figura 2-4).



Figura 2-4 Colorimetro Minolta mod. Chromater

2.5.2 Consistenza del frutto

La consistenza è stata misurata con il penetrometro digitale (Fruit Firmer Tester, Turoni – Cesena, Italy) dotato di puntale a stella specifico per la fragola, di 6 mm di diametro. L'utilizzo del puntale a stella rispetto al puntale piatto è necessario per contrastare l'elasticità dell'epidermide e valutare effettivamente la consistenza della polpa, espressa in grammi/cm². L'operazione di penetrazione viene effettuata manualmente da un operatore; per limitare l'errore umano è fondamentale che la misurazione venga eseguita sempre dalla stessa persona. La misurazione si effettua appoggiando il puntale perpendicolarmente alla superficie del frutto fresco maturo in due punti casuali ma opposti (diametralmente opposti).

La consistenza della polpa espressa in grammi/cm² esprime la forza (in grammi) necessaria per far penetrare perpendicolarmente il puntale per 1 cm nella polpa del frutto.

Generalmente, la consistenza di un frutto diminuisce con il progredire del processo di maturazione.

La consistenza della polpa del frutto tende a diminuire nei casi di precipitazioni piovose concomitanti al periodo di raccolta, ma aumenta quando si hanno basse temperature e scarsa luminosità (Figura 2-5).



Figura 2-5 Penetrometro

2.5.3 *Contenuto di solidi solubili*

Il contenuto di solidi solubili (SS) è espresso in °Brix, viene misurato per mezzo di un rifrattometro digitale (Atago Palette, PR-101α, Japan) a compensazione automatica della temperatura sul quale è stata versata una goccia di succo ottenuto dalla spremitura manuale dei frutti del campione da analizzare. Il succo viene immesso nell'apposito pozzetto del rifrattometro digitale attraverso una pipetta Pasteur da 3 ml, evitando l'insorgere di bolle d'aria che possono compromettere il risultato della misurazione. Dopo di che si può procedere alla misurazione che avviene in maniera automatica, e il risultato verrà visualizzato sullo schermo. È importante inoltre durante la misurazione appoggiare una mano sopra il pozzetto in modo da diminuire la probabilità di errore.

Il rifrattometro è uno strumento di misura che si basa sul principio fisico della rifrazione della luce: all'aumentare della densità di una sostanza aumenta proporzionalmente anche il suo indice di rifrazione. La rifrazione della luce viene così proiettata, grazie ad un sistema di lenti,

su una scala di lettura sulla quale si può leggere il risultato della misurazione. Il risultato ottenuto dipende dall'ampiezza dell'angolo di rifrazione che nel caso di una soluzione a bassa concentrazione, dove la differenza tra l'indice di rifrazione della sostanza e quello del prisma è notevole, sarà ampio mentre nel caso di una soluzione ad alta concentrazione, la differenza tra i due indici è minore e l'angolo sarà più piccolo.

I solidi solubili vengono misurati in gradi Brix; la scala in °Brix mostra la concentrazione percentuale in peso del contenuto di solidi solubili di un campione come soluzione acquosa. Convenzionalmente il °Brix (%) viene considerato come il numero di grammi di zucchero di canna contenuti in una soluzione di acqua (ad esempio 25% significa che in una soluzione sono presenti 25 grammi di zucchero di canna e 75 grammi di acqua). Terminata la lettura del dato, dopo ogni misurazione, si pulisce con acqua distillata e si asciuga delicatamente il prisma. Questa operazione evita che rimangano residui che potrebbero modificare le successive misurazioni (Figura 2-6).

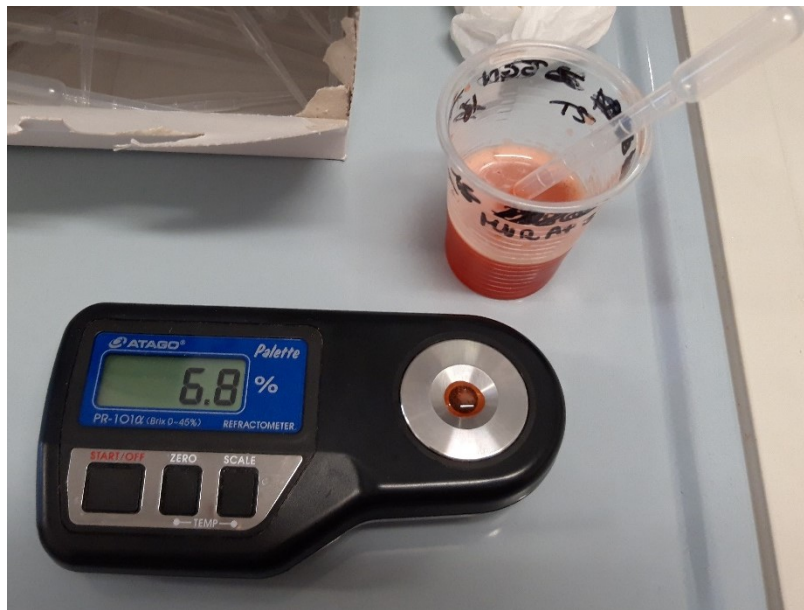


Figura 2-6 Rifrattometro

2.5.4 Acidità titolabile

Per acidità titolabile (AT) si intende tutto il quantitativo di acidi liberi presenti nel succo di fragola, principalmente di acido ascorbico, malico, succinico e citrico. Per questo tipo di analisi si usa il principio chimico della titolazione, che si basa sulla neutralizzazione degli acidi disciolti grazie a una base forte, nel nostro caso idrossido di sodio.

Per determinare il raggiungimento della neutralità si utilizza un indicatore, che nel momento in cui si raggiunge il valore di pH neutro, determina viraggio al blu della colorazione della soluzione.

Per effettuare questa analisi si prelevano 10 g dello stesso succo estratto in precedenza per l'analisi dei Solidi Solubili e si versano in un becker graduato da 100 ml, ai quali vengono aggiunti 10 g di acqua distillata, ottenendo in tutto 20 g di soluzione. In seguito, viene aggiunta qualche goccia di Blu di Bromotimolo, come indicatore di viraggio della soluzione che diventa blu a titolazione avvenuta. Si procede alla titolazione con una soluzione di NaOH (0,1 N) aggiungendo una goccia alla volta tramite una buretta graduata da 25 ml (sensibilità 0,01 ml) e mantenendo in agitazione con un agitatore magnetico che muove un'ancoretta magnetica posizionata all'interno del becker.

L'acidità titolabile viene espressa in milliequivalenti di NaOH su 100 g di succo (meqNaOH/100g), che corrisponde ai millilitri di soluzione di NaOH 0,1 N usati per la titolazione Figura 2-7.

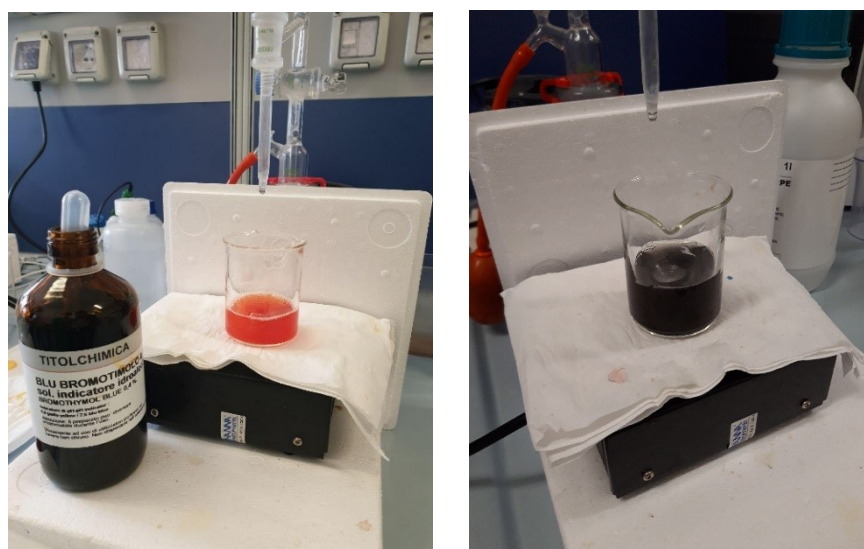


Figura 2-7 Kit di titolazione (sinistra) e campione dopo il viraggio del pH (destra)

2.6 Temperatura interno serra

Le temperature minime, massime e medie giornaliere all'interno della serra sono state registrate a partire dal 1° agosto fino al 31 dicembre 2019 (Figura 2-8). L'analisi di questi dati ha permesso di ottenere una stima dell'andamento stagionale delle temperature nella struttura dove si è svolta la prova. I dati sono stati registrati tramite datalogger "Testo 175T1" (Testo, Milano, Italy).

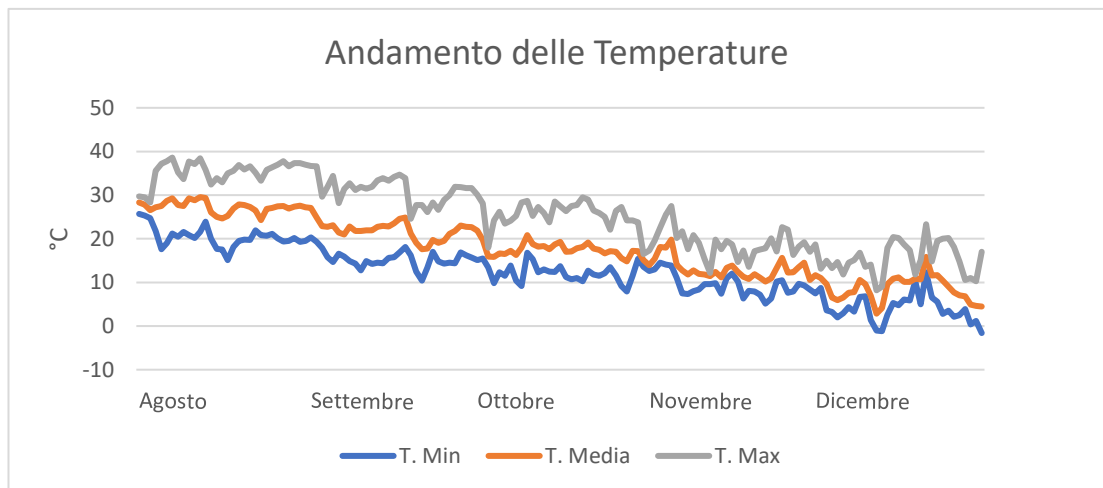


Figura 2-8 *Andamento delle temperature sotto serra dal 1 agosto al 31 dicembre 2019*

Capitolo 3

RISULTATI E DISCUSSIONE

3.1 Parametri produttivi

3.1.1 *Indice di precocità*

Il periodo di raccolta per questa sperimentazione è compreso tra il 19 agosto e il 23 dicembre 2019.

Cultivar	Tipologia Pianta	Giorni dal 1° gennaio
MURANO	A ⁺	292±1,9
VIVARA	A ⁺	280±8,0
	<i>Media Pianta A⁺</i>	<i>286±8,6</i>
MURANO	Mini Tray	290±2,7
VIVARA	Mini Tray	292±2,7
	<i>Media Pianta Mini Tray</i>	<i>291±2,6</i>

Tabella 3-1 *Indice di precocità (IP) delle cultivar in relazione alle tipologie di piante in prova. Media ± deviazione standard*

Nella Tabella 3-1 Tabella 3-1 Indice di precocità (IP) delle cultivar in relazione alle tipologie di piante in prova. Media ± deviazione standard sono riportati gli indici di precocità (IP) di tutte le varietà prese in considerazione, Vivara A⁺ risulta essere la varietà più precoce con IP 280 ± 8,0; seguita da Murano Mini Tray con IP 290 ± 2,7, Murano A⁺ con IP 292 ± 1,9 e Vivara Mini Tray con indice IP 292 ± 2,7, che è risultata la cultivar più tardiva.

Considerando la tipologia di pianta, le A⁺ sono risultate più precoci rispetto alle Mini Tray.

3.1.2 *Produzione totale*

La Tabella 3-2 mostra la produzione totale delle cultivar e possiamo osservare che la cultivar più produttiva risulta essere Murano con tipologia di piante Mini Tray che ha ottenuto una produzione media di 554 ± 128 g/ pianta. Proseguendo in ordine decrescente troviamo Vivara sempre con tipologia piante Mini Tray, 309 ± 33 g/pianta, Murano A⁺ 249 ± 37 g/pianta e infine Vivara con piante A⁺ 238 ± 50 g/pianta

Cultivar	Tipologia Pianta	Produzione totale (g/pianta)
MURANO	A ⁺	249±37
VIVARA	A ⁺	238±50
<i>Media Pianta A⁺</i>		<i>243±40</i>
MURANO	Mini Tray	554±128
VIVARA	Mini Tray	309±33
<i>Media Pianta Mini Tray</i>		<i>431±158</i>

Tabella 3-2 Produzione totale delle cultivar in relazione alle tipologie di piante in prova.

Dati medi ± deviazione standard

Dai dati si evidenzia, inoltre, come la tipologia di pianta Mini Tray è risultata più produttiva (431±158 g/pianta) rispetto alla tipologia A⁺ (243±40 g/pianta).

3.1.3 Produzione commerciale

Nella Tabella 3-3 sono riportate le produzioni commerciali medie delle piante di ogni cultivar in prova.

Cultivar	Tipologia Pianta	Produzione commerciale (g/pianta)
MURANO	A ⁺	201±33
VIVARA	A ⁺	176±43
<i>Media Pianta A⁺</i>		<i>188±37</i>
MURANO	Mini Tray	423±104
VIVARA	Mini Tray	243±19
<i>Media Pianta Mini Tray</i>		<i>333±119</i>

Tabella 3-3 Produzione commerciale delle cultivar in relazione alle tipologie di piante in prova. Dati medi ± deviazione standard

La cultivar che presenta la produzione commerciale più elevata risulta essere Murano con tipologia piante Mini Tray 423 ± 104 g/pianta. Proseguendo in ordine decrescente troviamo Vivara sempre con tipologia piante Mini Tray, 234 ± 19 g/pianta, Murano A⁺ 201 ± 33 g/pianta e infine Vivara con piante A⁺ 176 ± 43 g/pianta.

Dall'analisi dei dati, la tipologia di pianta Mini Tray delle varietà Murano e Vivara ha fornito una maggiore produzione commerciale.

3.1.4 Scarto totale

Nella Tabella 3-4 è riportato lo scarto totale per pianta, ricavato dalla somma delle medie delle produzioni sottomisura, deformi e marce delle 24 piante di ogni cultivar usate per il campionamento.

Cultivar	Tipologia Pianta	Scarto totale (g/pianta)	% scarto sulla Produzione totale
MURANO	A ⁺	47±9	19,2±3,6
VIVARA	A ⁺	62±11	26,5±4,6
<i>Media Pianta A⁺</i>		<i>54,8±12,1</i>	<i>21,1±5,1</i>
MURANO	Mini Tray	131±42	23,7±5,1
VIVARA	Mini Tray	66±16	21,1±3,2
<i>Media Pianta Mini Tray</i>		<i>98,4±45,8</i>	<i>22,4±4,1</i>

Tabella 3-4 Scarto totale medio delle cultivar in relazione alle tipologie di piante in prova.

Dati medi e % ± deviazione standard

Analizzando la percentuale di scarto sulla produzione totale si evidenzia che Vivara A⁺ presenta una % di scarto maggiore pari a 26,5±4,6 %; al contrario Murano A⁺ presenta il valore minimo con 19,2±3,6 %.

3.1.5 Peso medio ponderato del frutto

Nella Tabella 3-5 è riportato il peso medio ponderato dei frutti delle diverse cultivar in relazione alla tipologia di piante in prova.

Cultivar	Tipologia Pianta	PMP (g)
MURANO	A ⁺	12,8±0,6
VIVARA	A ⁺	15,0±0,4
<i>Media Pianta A⁺</i>		<i>14±1,4</i>
MURANO	Mini Tray	12,4±0,5
VIVARA	Mini Tray	15,0±0,7
<i>Media Pianta Mini Tray</i>		<i>13,7±1,5</i>

Tabella 3-5 Peso medio ponderato (PMP) dei frutti delle diverse cultivar e tipologia di piante. Dati medi ± deviazione standard

Dal confronto dei dati possiamo notare che le cultivar Vivara A⁺ e Mini Tray risultano produrre frutti con peso medio ponderato maggiore, rispettivamente 15,0 ± 0,4 g e 15,0 ± 0,7 g; seguono Murano A⁺ con 12,8 ± 0,6 g e Murano Mini Tray con 12,4 ± 0,5g.

Considerando invece la tipologia di pianta non ci sono grandi differenze, quindi le differenze nei risultati sono dovuti principalmente all'effetto cultivar.

3.1.6 Andamento della produzione e del peso medio frutto durante il periodo di raccolta

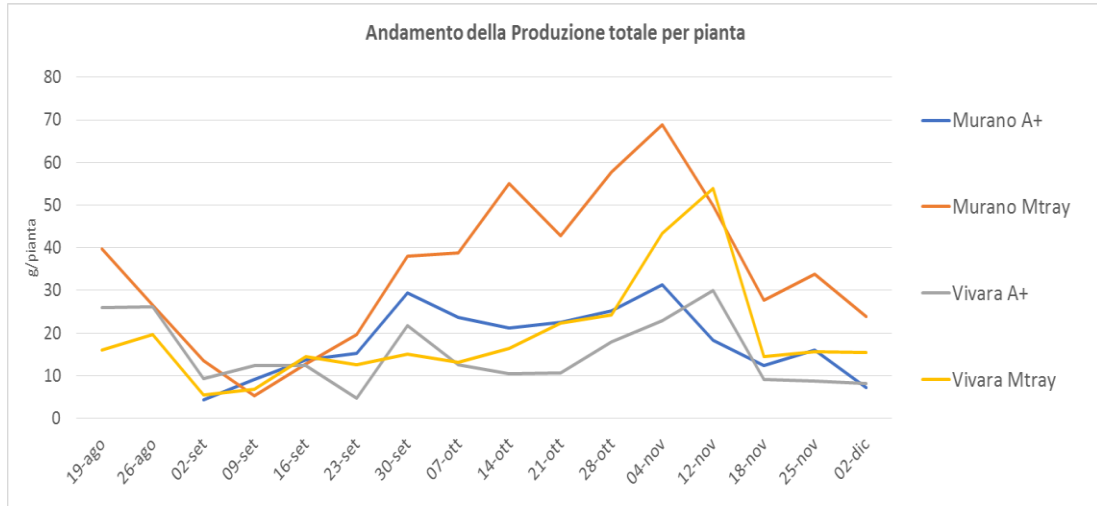


Figura 3-1 Andamento delle produzioni totali per pianta durante il periodo di raccolta.

Dalla Figura 3-1, si può osservare che la cultivar Murano con la tipologia di piante Mini Tray mostra una produttività maggiore in quasi tutto il periodo di raccolta con un picco di 69 g/pianta il 4 novembre rispetto alla tipologia di piante A+, il cui picco di raccolta è stato il 4 novembre con 31 g/pianta.

Per quanto riguarda le cultivar Vivara notiamo che la tipologia Mini Tray, come per Murano, mostra una produttività maggiore in quasi tutto il periodo di raccolta con un picco di 54 g/pianta il 12 novembre rispetto alla tipologia di piante A+, il cui picco di raccolta è stato ugualmente il 12 novembre con 30 g/pianta.

Riassumendo, il tipo di pianta Mini tray risulta avere una capacità produttiva più elevata più evidente nel caso della cultivar Murano rispetto a Vivara.

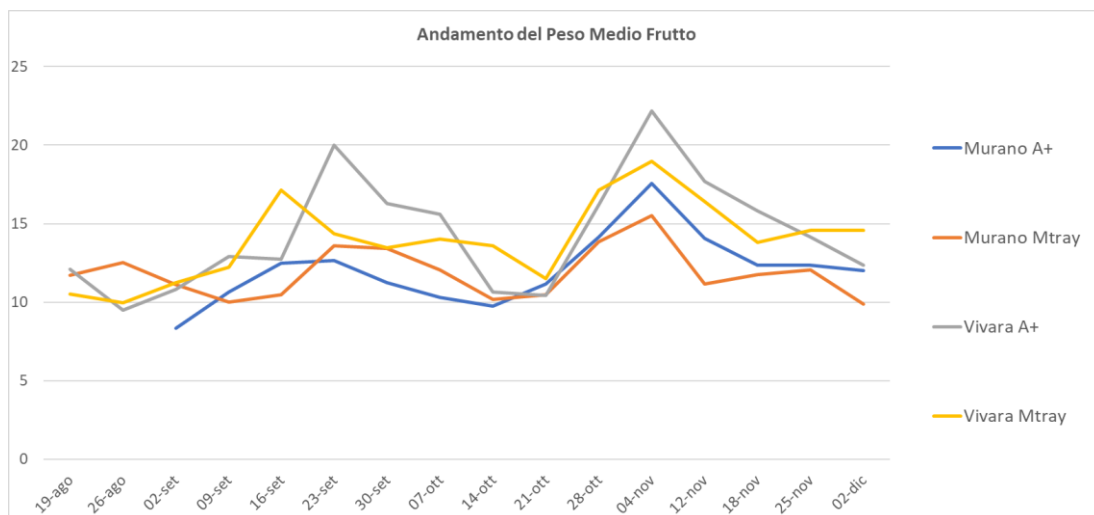


Figura 3-2 *Andamento del peso medio frutto durante il periodo di raccolta*

Dalla Figura 3-2 si può osservare che la cultivar Vivara A+ ha prodotto frutti con un peso medio maggiore delle altre; in particolare sono evidenti due valori massimi: il 23 settembre con 20 g e il 4 novembre con 22,2 g.

La cultivar Murano durante tutto il periodo di raccolta ha prodotto frutti con peso medio inferiore rispetto a Vivara per entrambe le tipologie di piante.

Dalla figura inoltre si evidenzia che intorno la metà di ottobre si assiste a una diminuzione del peso medio dei frutti per tutte le cultivar in concomitanza all'aumento di produzione.

3.2 Parametri qualitativi

3.2.1 Colore del frutto

Il parametro L* esprime la luminosità del colore del frutto: valori elevati indicano colori chiari e luminosi, mentre quelli più bassi colori più scuri.

Il parametro Chroma (C*) misura la saturazione del colore: valori di C* elevati indicano colori più vividi, mentre valori meno elevati sono caratteristici di colori opachi e più spenti.

Cultivar	Tipologia Pianta	Luminosità (L*)	Chroma (C*)
MURANO	A ⁺	43,1±2,4	53,2±3,2
VIVARA	A ⁺	42,4±3,2	53,6±2,9
<i>Media Pianta A⁺</i>		<i>42,7±2,8</i>	<i>53,4±3,1</i>
MURANO	Mini tray	42,4±2,9	52,5±3,2
VIVARA	Mini tray	40,9±2,9	51,5±2,9
<i>Media Pianta Mini Tray</i>		<i>41,7±3,0</i>	<i>52,0±3,1</i>

Tabella 3-6 Luminosità (L*) e Chroma (C*) dei frutti delle varietà analizzate. Dati medi ± deviazione standard.

Come si può evidenziare dalla Tabella 3-6, i frutti della cultivar Murano della tipologia di pianta A⁺ risultano i più luminosi con L* pari a 43,1±2,4, al contrario Vivara Mini tray produce frutti meno luminosi con L* pari a 40,9. Considerando le cultivar si deduce che Murano produce frutti più luminosi rispetto a Vivara.

Per quanto riguarda il Chroma, Vivara e Murano producono frutti con valori di saturazione abbastanza simili tra loro: comunque il valore massimo è raggiunto da Vivara A⁺ con 53,6±2,9.

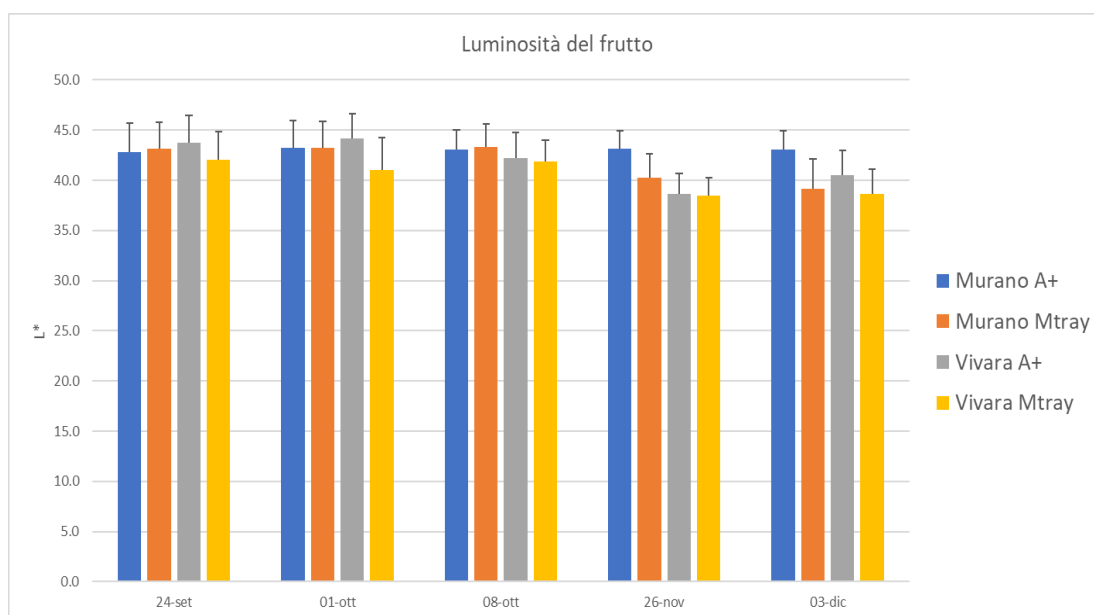


Figura 3-3 Andamento della luminosità dei frutti durante il periodo di raccolta

Come si può evidenziare dalla Figura 3-3 la cultivar Murano con la tipologia di pianta Mini tray raggiunge un valore massimo di L* il 1° ottobre con 43,3. Per quanto riguarda Vivara invece si raggiunge il massimo di L* il 1° ottobre con la tipologia di pianta A⁺.

L'andamento mostra come la luminosità si mantenga costante per tutto il periodo di raccolta solo per Murano A+, mentre per le altre si assiste ad una leggera diminuzione procedendo verso la fine dell'autunno.

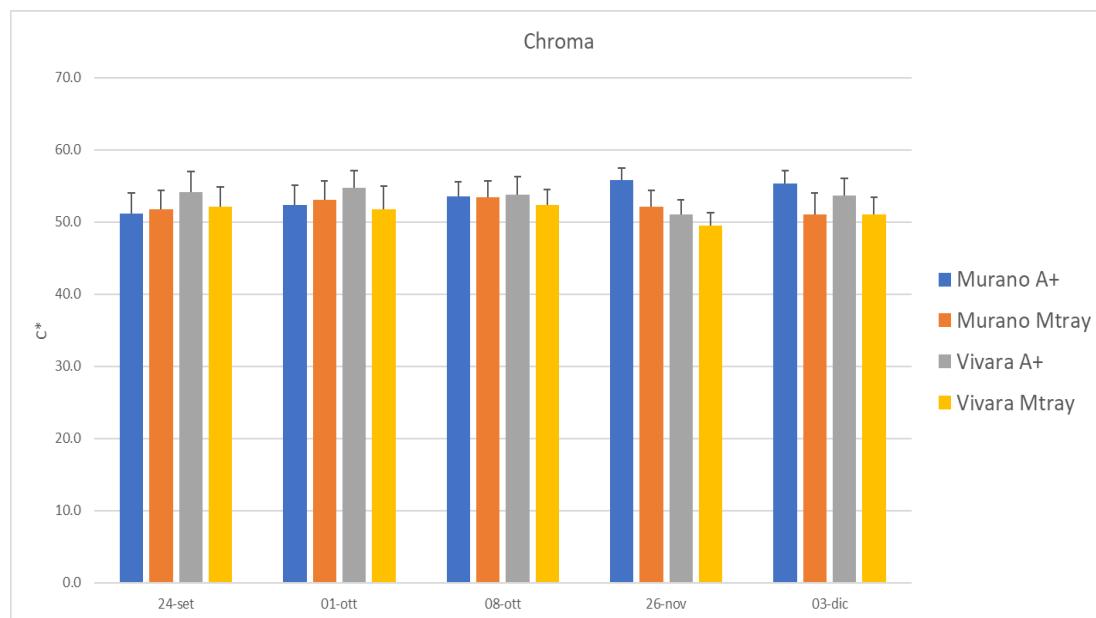


Figura 3-4 Andamento del Chroma dei frutti durante il periodo di raccolta

Secondo i risultati riportati in Figura 3-4 la cultivar Murano con la tipologia di pianta A+ raggiunge un valore massimo il 26 novembre con 55,7 mentre per quanto riguarda la cultivar Vivara si raggiunge un massimo di 54,7 il 24 settembre con la tipologia di pianta A+. Dall'andamento si può notare che solamente Murano A+ produce frutti con Chroma che tende ad aumentare leggermente durante il periodo di raccolta, al contrario delle altre che rimangono con valori costanti.

3.2.2 Consistenza del frutto

La consistenza del frutto, misurata in g/cm², rappresenta la capacità di resistere alle manipolazioni; è un parametro da tenere in considerazione ai fini della commercializzazione e della conservabilità delle fragole. Valori di consistenza bassi indicano un frutto delicato, esposto a danni per stress meccanico e suscettibile all'attacco di patogeni fungini; al contrario, valori alti garantiscono una maggiore serbevolezza e una prolungata shelf-life del frutto, spesso a discapito della succosità.

Cultivar	Tipologia Pianta	Consistenza (g/cm ²)
MURANO	A ⁺	416±208,2
VIVARA	A ⁺	454±190,2
<i>Media Piante A⁺</i>		435±200
MURANO	Mini tray	392±141,2
VIVARA	Mini tray	433±197,3
<i>Media Piante Mini Tray</i>		413±172,6

Tabella 3-7 Consistenza media del frutto delle varietà analizzate. Media ± deviazione standard.

Dalla Tabella 3-7 si nota che la consistenza è maggiore per entrambe le tipologie di pianta della cultivar Vivara, quindi è il fattore “varietà” che influisce maggiormente sulla consistenza del frutto. Il valore massimo di consistenza viene raggiunto dai frutti di Vivara A+ con 454±190,2 g/cm², mentre il valore minimo viene raggiunto dai frutti di Murano Mini tray con 392±141,2 g/cm².

Considerando invece la tipologia di pianta non ci sono grandi differenze.

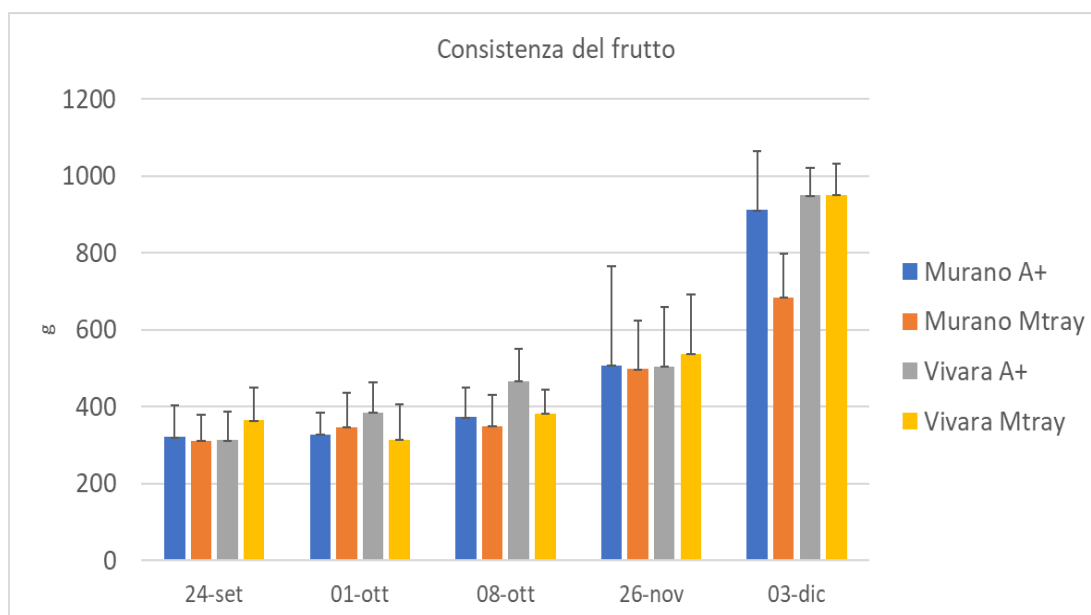


Figura 3-5. Andamento della consistenza del frutto durante il periodo di raccolta

Come mostra la figura Figura 3-5, i valori di consistenza aumentano gradualmente e si raggiungono valori massimi solo nell’ultima data di raccolta in tutte le cultivar, probabilmente come conseguenza della riduzione delle temperature.

Per la cultivar Murano, la tipologia di pianta A+ ha raggiunto un massimo di durezza con un valore di $912 \pm 151,6$ g/cm², mentre la cultivar Vivara, con la tipologia di pianta Mini tray, ha raggiunto un massimo con $951 \pm 80,9$ g/cm², entrambe il 3 dicembre.

3.2.3 Contenuto di solidi solubili

Cultivar	Tipologia Pianta	Solidi Solubili (°Brix)
MURANO	A ⁺	6,9±0,5
VIVARA	A ⁺	5,9±0,5
<i>Media Pianta A⁺</i>		6,4±0,7
MURANO	Mini tray	6,6±0,9
VIVARA	Mini tray	5,4±0,6
<i>Media Pianta Mini Tray</i>		6,0±0,9

Tabella 3-8 Solidi solubili (SS) valore medio delle varietà analizzate. Media ± deviazione standard.

Dalla Tabella 3-8 si evidenzia come Murano produca frutti con un contenuto di solidi solubili superiori, anche considerando le tipologie di piante. Quindi anche il contenuto di solidi solubili è fortemente influenzato dall'effetto "cultivar". Il valore massimo viene raggiunto da Murano A+ con $6,9 \pm 0,5$ °Brix, mentre il valore minimo da Vivara Mini tray con $5,4 \pm 0,6$ °Brix. Considerando invece la tipologia di pianta, le A+ hanno sempre mostrato un valore di SS leggermente superiore in confronto alle rispettive Mini tray, ma le differenze non appaiono molto pronunciate.

Purtroppo, non sono disponibili studi che abbiano già valutato il comportamento di queste varietà di fragola in condizioni di coltivazione fuori suolo. Comunque, i valori di SS ottenuti in questo studio risultano in linea con quanto è possibile trovare in letteratura, anche se altri studi prendono in considerazione diverse varietà coltivate su substrati costituiti da miscele diverse. In ogni caso, nello studio di Akhatou e Fernández Recamales (2013), il contenuto di zuccheri di 6 diversi genotipi di fragola rimane quasi sempre inferiore ai 4°Brix, con solamente un genotipo in grado di superare il valore di 5 °Brix. Al contrario, lo studio di Palencia et al. (2016) ha mostrato come 3 diverse varietà di fragola fossero in grado di produrre frutti con valori di gradi Brix compresi tra 7.4 e 8.5 su tre substrati diversi. Il risultato più interessante di quest'ultimo studio è stata comunque la dimostrazione che, come nel nostro caso, il fattore che incide maggiormente sulla quantità di zuccheri nel frutto è il genotipo.

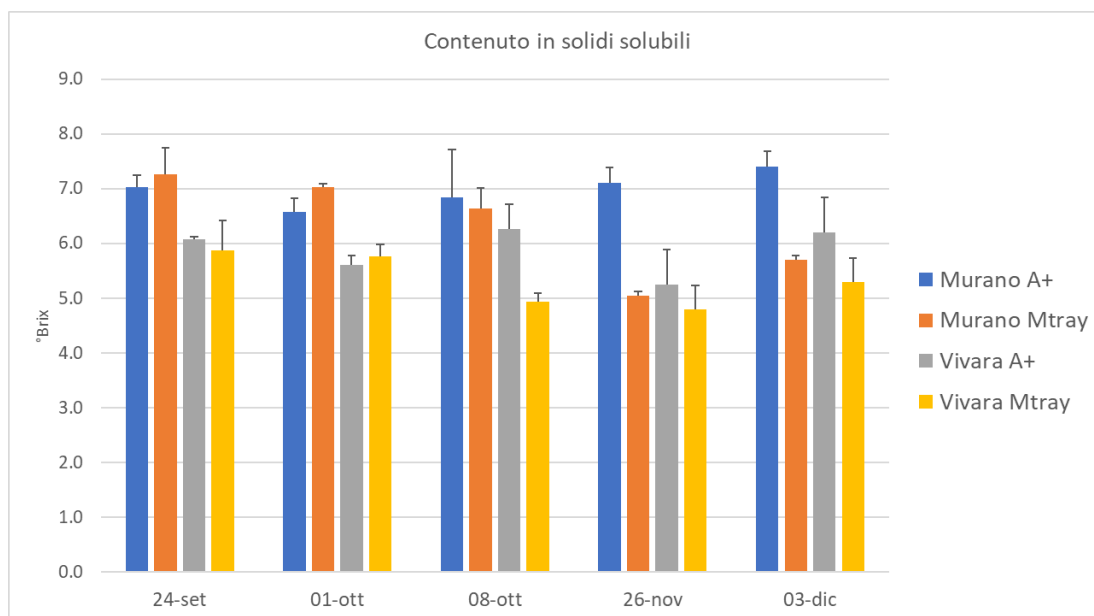


Figura 3-6 Andamento del contenuto di solidi solubili durante il periodo di raccolta

Come si nota dalla Figura 3-6, per la cultivar Murano, la tipologia di pianta A+ ha raggiunto un maggior contenuto di solidi solubili (SS) il 3 dicembre con 7,4 °Brix.

Anche per la cultivar Vivara, la tipologia di pianta A+ ha raggiunto un maggior contenuto di solidi solubili (SS) l'8 ottobre con 6,3 °Brix.

Dall'andamento si evidenzia che Murano A+ mantiene un trend di valori di °Brix leggermente crescente tra ottobre e dicembre, mentre le altre riportano valori che tendenzialmente diminuiscono man mano che ci si avvicina all'inverno.

3.2.4 Acidità Titolabile

Cultivar	Tipologia Pianta	Acidità Titolabile (meqNaOH/100g)
MURANO	A ⁺	10,5±1,4
VIVARA	A ⁺	9,4±1,5
<i>Media Piante A⁺</i>		10,0±1,5
MURANO	Mini tray	10,3±1,6
VIVARA	Mini tray	9,3±1,6
<i>Media Piante Mini Tray</i>		9,8±1,7

Tabella 3-9 Acidità titolabile valore medio delle varietà analizzate. Media ± deviazione standard.

La Tabella 3-9 mostra che la cultivar Murano con entrambe le tipologie di piante produce frutti con acidità superiore rispetto a Vivara. Quindi anche in questo caso le differenze maggiori nei valori di acidità sono dovute ad un effetto della cultivar piuttosto che della tipologia della pianta.

Il valore di acidità maggiore viene raggiunto da Murano A+ con $10,5 \pm 1,4$ meqNaOH/100g, mentre il valore minimo da Vivara Mini tray con $9,3 \pm 1,6$ meqNaOH/100g.

Come avvenuto per gli zuccheri, anche per l'acidità non è stato possibile trovare in letteratura studi simili al nostro per tipologia di piante utilizzate e genotipi testati in questo sistema di coltivazione. È comunque possibile constatare che i valori ottenuti nel nostro studio (che corrispondono a circa 0,6-0,7 % di acido citrico) sono risultati molto simili a quelli ottenuti da Akhatou e Fernández Recamales (2013) su 6 diversi genotipi di fragola (range 0,4-0,84 % acido citrico). Nello studio di Palencia et al. (2016) i valori di acidità sono risultati molto più bassi rispetto al nostro studio (range 0,26-0,33 % acido citrico) per tutte e tre le varietà testate e con tutte le diverse combinazioni di substrato. Da notare come in questo ultimo studio non siano state sottolineate differenze statisticamente significative dovute all'effetto genotipo, fattore che invece potrebbe essere stato determinante nel nostro studio.

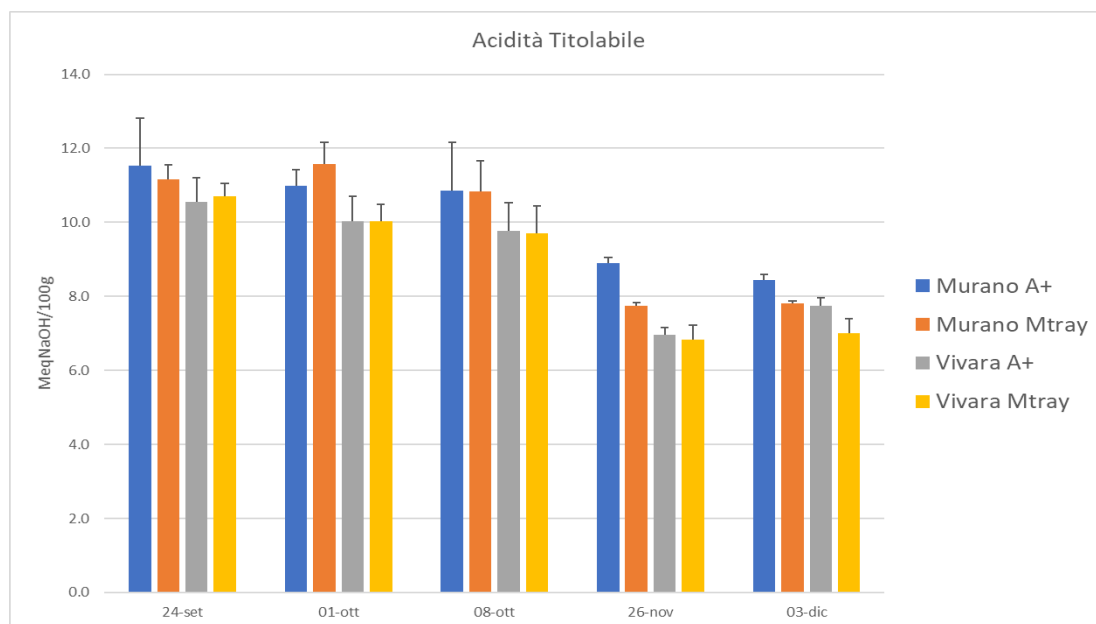


Figura 3-7 Andamento del contenuto di acidità titolabile durante il periodo di raccolta

Dalla Figura 3-7 si deduce che per la cultivar Murano, la tipologia di pianta Mini tray ha prodotto frutti con un valore di acidità titolabile più elevato il 1° ottobre con 11,6 meq/100g.

Per la cultivar Vivara, la tipologia di pianta Mini tray ha prodotto frutti con un valore di acidità titolabile più elevato il 24 settembre con 10,7 meq/100g.

Dall'andamento si evidenzia che nelle ultime date di raccolta, il contenuto di acidità titolabile nei frutti diminuisce drasticamente in entrambe le cultivar e tipologia di pianta.

CONCLUSIONI

La sperimentazione in oggetto ha visto come protagoniste due cultivar quali Murano e Vivara coltivate in un sistema fuori suolo e protetto, con due tipologie di piante (A⁺ e Mini tray) nel periodo autunnale-invernale dell'anno 2019 in località Treccastelli di Ripe in provincia di Ancona.

Da precisare che, nonostante le piantagioni fuori suolo vengano normalmente effettuate a fine aprile, si sono ottenuti dei risultati interessanti anche in questo caso in cui la piantagione è stata effettuata a luglio.

Attraverso le valutazioni quantitative e qualitative svolte si è potuta determinare la risposta di queste varietà coltivate con questo metodo innovativo, per la regione Marche, al fine di poter ampliare il calendario di produzione nel periodo autunnale invernale. Proprio in questo periodo infatti, i prezzi di vendita sono più interessanti per il produttore.

Dai risultati ottenuti, considerando le cultivar, possiamo affermare che Murano ha dato migliori risultati dal punto di vista di produzione totale con una % di scarto leggermente inferiore ma, per quanto riguarda la pezzatura, produce frutti più piccoli rispetto a Vivara. Per quanto riguarda i parametri qualitativi, Murano produce frutti con un contenuto di solidi solubili e acidità titolabile superiori a Vivara. Quindi, nonostante le dimensioni ridotte, le fragole si sono distinte per le interessanti proprietà organolettiche dovute a un buon equilibrio tra contenuto in zuccheri e acidità titolabile.

Considerando invece la tipologia di pianta, le piante Mini tray rispetto alle A⁺ hanno fornito una maggiore produzione commerciale in entrambe le cultivar, probabilmente grazie al fatto che sono piante ingrossate, con maggior presenza di sostanze di riserva nelle radici e nel germoglio. Per i parametri qualitativi, invece, non ci sono evidenti differenze. Questo risultato mette in evidenza l'importanza della tipologia e della qualità del materiale di propagazione utilizzato per la piantagione.

Facendo, infine, riferimento al periodo di raccolta possiamo sintetizzare affermando che i parametri qualitativi sono quelli che hanno subito evidenti variazioni soprattutto per quanto riguarda gli zuccheri e l'acidità: infatti i frutti in analisi presentano complessivamente una diminuzione graduale sia del contenuto di zuccheri che di acidità titolabile; questo ha effetto

sul sapore, in quanto un equilibrato rapporto tra zuccheri e acidità rende il gusto gradevole e più apprezzabile.

Inoltre, è evidente l'aumento graduale della consistenza dei frutti durante il periodo di raccolta, parametro positivo per la commercializzazione e conservazione delle fragole.

Per quanto riguarda, infine, il colore delle fragole, possiamo dire complessivamente che procedendo verso la fine dell'autunno si assiste ad una leggera diminuzione della luminosità.

Concludendo, dalla sperimentazione possiamo dedurre che è importante la valutazione della scelta varietale ma anche la scelta del materiale vivaistico più appropriato per ampliare il calendario di produzione nel periodo autunnale invernale in maniera ottimale; anche se la tipologia di pianta Mini tray ha un costo più elevato rispetto alle A⁺, in genere dà dei risultati migliori, soprattutto in piantagioni tardive.

BIBLIOGRAFIA

Akhatou, I., & Fernández Recamales, Á. (2014). Influence of cultivar and culture system on nutritional and organoleptic quality of strawberry. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 94(5), 866-875.

Bonciarelli F., Bonciarelli U., 1995. Coltivazioni erbacee. Edagricole, cap 9: 243-247.

Palencia, P., Bordonaba, J. G., Martínez, F., & Terry, L. A. (2016). Investigating the effect of different soilless substrates on strawberry productivity and fruit composition. *Scientia horticulturae*, 203, 12-19.

Rizzolo A., Bianchi G., 2010. Aromi e sapori. La fragola. Bayer CropScience/Art Script, Milano.

Tognoni, F. and Serra, G. (1994). New technologies for protected cultivations to face environmental constraints and to meet consumer's requirements. *Acta Hort.* 361, 31-38 DOI: 10.17660/ActaHortic.1994.361.1

SITOGRAFIA

<http://www.coviro.it/fragole/sanandreas/>
<http://www.fragolebio.it/storia-fragola/>
<https://coltureprotette.edagricole.it/vivaismo/fragola-in-italia-coltura-in-forte-cambiamento/>
<https://plantgest.imaginenetwork.com/it/piante/frutticole/fragola/>
<https://plantgest.imaginenetwork.com/it/variet%C3%A0/frutticole/fragola/monterey/4192>
<https://plantgest.imaginenetwork.com/it/variet%C3%A0/frutticole/fragola/cabrillo/9482>
<https://terraevita.edagricole.it/agri24/vimg/10391-11.pdf>
<https://www.agrochimica.it/prodotti/grotecr-21>
<https://www.colturaecultura.it/content/certificazione-delle-piante>
<https://www.colturaecultura.it/content/irrigazione-0>
<https://www.colturaecultura.it/content/origine-ed-evoluzione-0>
<https://www.colturaecultura.it/fragola>
https://www.salvivivai.it/wp-content/uploads/2019/05/SALVIVIVAI_FRAGOLA_murano_ita.pdf
https://www.salvivivai.it/wp-content/uploads/2019/05/SALVIVIVAI_FRAGOLA_vivara_ita.pdf
<https://www.uniba.it/docenti/de-lucia-barbara/attivita-didattica/FRAGOLA1giugno2018.pdf>
<https://www.viversano.net/alimentazione/mangiare-sano/fragole-propriet%C3%A0-benefici>
www.colturaecultura.it/content/tecniche-vivaistiche

RINGRAZIAMENTI

Giunta alla conclusione di questo percorso universitario, non mi rimane che ringraziare il professor Franco Capocasa per avermi dato l'opportunità di seguire in prima persona questa sperimentazione e per avermi aiutato durante tutto il lavoro di tesi, inoltre ringrazio il dott. Luca Mazzoni e tutti i collaboratori del dipartimento che, insieme al professore, mi hanno aiutato nella raccolta e rielaborazione dei dati raccolti in questa sperimentazione.

Vorrei inoltre ringraziare l'azienda agricola Mazzanti Gilberto e Giacomo per la disponibilità dimostrata durante lo svolgimento della mia tesi di laurea.

Un ringraziamento particolare va alla mia famiglia, che mi ha permesso di intraprendere questo percorso universitario, a mia sorella Aurora, al mio fidanzato Andrea e ai miei amici che mi hanno sostenuto nei momenti difficili, ringrazio poi la mia collega e amica Veronica che mi ha sempre incoraggiato.