



UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI PADOVA

Dipartimento di Agronomia Animali Alimenti Risorse naturali e Ambiente

Corso di laurea in Scienze e Cultura della gastronomia e della ristorazione

Aspetti quanti-qualitativi della fragola: nuovi genotipi a confronto per il Nord Italia

Relatore: Prof. Carlo Nicoletto

Correlatrice: dott.ssa Silvia Locatelli

Laureando: Elisa Lucchini

Matricola n. 1220928

ANNO ACCADEMICO 2021/2022

INDICE

RIASSUNTO.....	6
ABSTRACT	8
1. INTRODUZIONE	10
1.1 ORIGINE E STORIA DELLA FRAGOLA COLTIVATA	10
1.2 <i>FRAGARIA X ANANASSA</i> DESCRIZIONE BOTANICA E SISTEMATICA	10
1.3 CICLO PRODUTTIVO.....	13
1.4 CARATTERISTICHE AGRONOMICHE.....	14
1.5 PANORAMICA MONDIALE	17
1.6 LA FRAGOLA NEL CONTESTO ITALIANO	18
1.7 ASPETTI NUTRIZIONALI E QUALITATIVI DELLA FRAGOLA.....	21
2. SCOPO DEL LAVORO	24
3. MATERIALI E METODI	26
3.1 AREA SPERIMENTALE	26
3.2 SCHEMA SPERIMENTALE.....	26
3.3 DATI CLIMATICI AMBIENTALI	27
3.4 SVILUPPO VEGETATIVO.....	28
3.5 ANALISI MORFO-PONDERALI E RESA	29
3.6 QUALITÀ DEI FRUTTI.....	31
3.9 ANALISI STATISTICA	35
4. RISULTATI.....	36
4.1 DATI METEO.....	36
4.2 CICLO AUTUNNALE 2021.....	37

4.3 <i>Ciclo primaverile</i>	37
4.3.1 <i>Indice vegetazionale</i>	37
4.3.2 PRODUZIONE PRIMAVERILE.....	38
4.3.3 RILIEVI MORFO-PONDERALI.....	40
4.3.4 CARATTERI QUALITATIVI DEL FRUTTO.....	42
5. DISCUSSIONE	54
6. CONCLUSIONI	58
BIBLIOGRAFIA.....	60
RINGRAZIAMENTI.....	65

Riassunto

L'Italia, a livello europeo, si classifica al quarto posto per la produzione fragolicola. Lo standard varietale di questo frutto nel nostro Paese, ma non solo, sta attraversando un significativo periodo di transizione ed i diversi programmi di miglioramento genetico sono focalizzati alla ricerca di cultivar che coniughino qualità, sapore, fragranza, che siano produttive e innovative. Il quadro delle cultivar sulla superficie italiana è nettamente diversificato in relazione alle diverse regioni colturali. Al sud dominano le varietà con piante che necessitano di un basso fabbisogno in freddo invernale, principalmente ottenute da programmi di miglioramento genetico stranieri: Candonga®Sabrosa (Spagna), Camarosa e Florida Fortuna (USA). Al nord, nell'areale veronese, la principale varietà coltivata è Eva, seguita da Roxana, Irma e una grande importanza la rivestono anche Aprica, Sibilla e Lycia. Mentre nelle aree montane trentine e del cuneese sono diffuse sia varietà unifere (Elsanta), che rifiorenti (Evie 2 ed Elsinore®CIVRI 30) in grado di fornire un flusso produttivo continuo da luglio fino ad ottobre. Questo contesto è in fase di crescita, miglioramento e perfezionamento da parte di tutti i componenti della filiera, con l'obiettivo comune di aumentare la qualità del prodotto. L'espressione delle caratteristiche qualitative e nutrizionali delle fragole è notoriamente sotto il controllo genetico, climatico-ambientale ed agronomico. La variabilità di questi caratteri è molto elevata, poiché esiste una forte interazione del genotipo e della tecnica di coltivazione che ne rendono difficile la valutazione dell'espressione dei caratteri qualitativi.

Questo studio ha analizzato durante il periodo autunnale i caratteri produttivi e qualitativi di dieci nuove accessioni varietali in relazione a tre genotipi di fragole altamente diffuse nell'areale veronese: Aprica, Sibilla e Lycia.

In termini produttivi, il genotipo 2 ha presentato la miglior resa nel ciclo autunnale con 303 g/pianta, mentre nel ciclo primaverile la varietà Aprica (genotipo 13) e il genotipo 5 hanno avuto la produzione maggiore con rispettivamente 1163 g/pianta e 1007 g/pianta, con frutti caratterizzati da una buona pezzatura (22,8 grammi). A livello qualitativo, il genotipo 12 ha evidenziato frutti più dolci, con un livello di solidi solubili pari a 9,11 °Brix, ma caratterizzato da scarsa lucentezza. Come consistenza e durezza del frutto, considerando l'intero ciclo produttivo (media di inizio, picco e fine della produzione), Aprica e i genotipi 5, 7, 8, 9 e 11 hanno ottenuto performance migliori.

Nel complesso per la molteplicità degli elementi e degli aspetti che hanno caratterizzato il presente lavoro, si ritiene necessario lo studio dei risultati produttivi e qualitativi del prossimo ciclo di produzione per confermare gli esiti attualmente ottenuti.

Abstract

At the European level, Italy ranks fourth in terms of its strawberry production. The varietal standard of this fruit in Italy, and in other European countries, is going through a significant period of transition. The various genetic improvement programs are looking for cultivars that combine quality, flavor, fragrance, that are productive and innovative. The picture of cultivars on the Italian land area is sharply diversified in relation to the different growing regions.

In the south, varieties with plants needing low requirements in winter cold dominate, mainly obtained from foreign genetic improvement programs: Candonga®Sabrosa (Spain), Camarosa and Florida Fortuna (USA). In northern Italy, in the Verona area, the main variety grown is Eva, followed by Roxana, Irma, and Aprica, Sibilla and Lycia are also of great importance. While in the mountainous areas of Trentino and Cuneo, both uniflorous (Elsanta) and re-flowering (Evie 2 and Elsinore®CIVRI 30) varieties capable of providing a continuous production flow from July to October are widespread. While in the mountainous areas of Trentino and Cuneo, both uniflorous (Elsanta) and re-flowering (Evie 2 and Elsinore®CIVRI 30) varieties are widespread, capable of providing a continuous production flow from July through October. This framework is being grown, improved and refined by all components of the supply chain with the common goal of increasing product quality. The expression of quality and nutritional characteristics of strawberries is known to be under genetic, climatic-environmental and agronomic control.

The variability of these traits is very high because there is a strong interaction of genotype and cultivation technique, which makes it difficult to evaluate the expression of quality traits. It is in this regard that there are numerous studies, such as the present one, that evaluate the influence of these factors (genotype and by cultivation technique) on fruit quality.

This study analyzed the productive and quality traits of ten new varietal accessions in relation to three strawberry genotypes that are highly prevalent in the Verona area: Aprica, Sibilla and Lycia.

In terms of production, genotype 2 presented the best yield in the fall cycle with 303 grams/plant, while in the spring cycle the Aprica variety and genotype 5 had the highest production with 1163 g/plant and 1007 g/plant, respectively, with fruit characterized by good size (22,8 g). In terms of quality, genotype 12 showed a sweeter fruit, with a soluble solids level of 9.11 °Brix, but characterized by low gloss. As fruit firmness and hardness, considering the entire production cycle (average of beginning, peak and end of production), Aprica and genotypes 5, 7, 8, 9 and 11 performed better.

Overall, due to the multiplicity of elements and aspects that characterized the present work, it is considered necessary to study the production and quality results of the next production cycle to confirm the results currently obtained.

1. INTRODUZIONE

1.1 Origine e storia della fragola coltivata

La fragola (*Fragaria x ananassa*), deriva da un'ibridazione, avvenuta casualmente nel 1766 di *F. virginiana* con *F. chiloensis* (Angelini et al., 2010); è una delle specie vegetali più complesse, in quanto contiene un genoma ottoploide ($2n = 8x = 56$), a differenza della specie diploide ($2n = 2x = 14$) e selvatica nota come “fragola di bosco” *Fragaria vesca* (Davis et al., 2000).

Il genere *Fragaria* raggruppa una ventina di specie e si caratterizza per diversi livelli di ploidia: diploide per la fragolina di bosco *F. vesca* e *F. viridis*, ottoploide per la fragola coltivata *F. x ananassa*, decaploide per una specie asiatica *F. iturpensis* Staudt (Pachioli, 2021).

La fragola coltivata ha una storia lunga trecento anni. Il suo fascino ha sempre suscitato interesse e attenzione sia da parte di studi sia da parte di coltivatori, ma anche da chi non aveva specifiche competenze al riguardo. Fu infatti Amédée François Frézier, un ufficiale francese che, trovatosi in Cile per tutt'altri scopi, conservò e importò in Europa delle piante di *Fragaria chiloensis* L ottoploide ($2n=56$), caratterizzate da frutti di grossa pezzatura.

All'inizio, intorno al 1714, la produzione fu incerta e casuale, ma a partire dalla metà del '700 Antoine Nicolas Duchesne identificò la base della moderna fragolicoltura. Duchesne scoprì che le piante di fragola potevano avere non solo fiori ermafroditi, ma anche unisessuali. Inoltre, incluse nozioni sulle stagioni di fioritura e fruttificazione, e sugli effetti dei vari elementi meteorologici e ciò che più lo colpì fu proprio il fatto che *Fragaria x ananassa* presentava frutti di elevate dimensioni, i cui acheni (spesso erroneamente definiti semi) erano perfettamente germinabili e che a loro volta diedero origine a piante con fiore perfetto e di facile impollinazione (Angelini et al., 2010).

È stato subito chiaro come questa nuova specie, dotata di frutti di grossa pezzatura, allungati, di colore rosso brillante e intenso, saporiti ed aromatici e con acheni piccoli e poco numerosi in rapporto alle dimensioni del frutto, avesse caratteristiche migliori rispetto alle fragole fino ad allora conosciute.

1.2 *Fragaria x ananassa* descrizione botanica e sistematica

La fragola coltivata, denominata botanicamente *Fragaria x ananassa* Duch., appartiene alla famiglia delle Rosacee, alla sottofamiglia delle Rosoideae e al genere *Fragaria* (Rosati, 1980). È una pianta perenne costituita da un apparato radicale poco profondo, un fusto (rizoma o corona) e da un apparato fogliare.

L'apparato radicale inizia dalla corona vicino alla superficie del terreno e si approfondisce per circa 30 cm. Le radici cosiddette primarie si originano dalla corona, mentre quelle secondarie, derivano

dalla diramazione primaria. La radice è fascicolata e svolge una funzione di assorbimento degli elementi nutritivi e immagazzinamento delle sostanze di riserva.

Il fusto è anch'esso un organo di riserva e contiene i tessuti vascolari. Si sviluppa formando altri germogli con relative radici (Baldini e Scaramuzzi, 1980).

L'apparato fogliare è costituito da foglie composte pinnate o palmate suddivise in tre o più foglioline inserite su un picciolo di lunghezza variabile. Esse sono molto ricche di stomi che permettono un'intensa traspirazione, infatti in estate una pianta con 10 foglie può arrivare a una traspirazione di 0,5 L litro di acqua al giorno (AA.VV., 2010). Alla base delle foglie si formano gemme che, in base al fotoperiodo e alla temperatura, potranno diventare produttive (processo di differenziazione) dando origine ad infiorescenze, oppure originare stoloni o nuovi germogli (crescita vegetativa) (Branzanti, 1985). È una pianta che si riproduce principalmente per via vegetativa attraverso stoloni, germogli lunghi, sottili, striscianti sul terreno alla cui estremità si forma una rosetta di foglie che, a contatto col terreno, emettono radici formando un nuovo individuo identico genotipicamente alla pianta madre.”

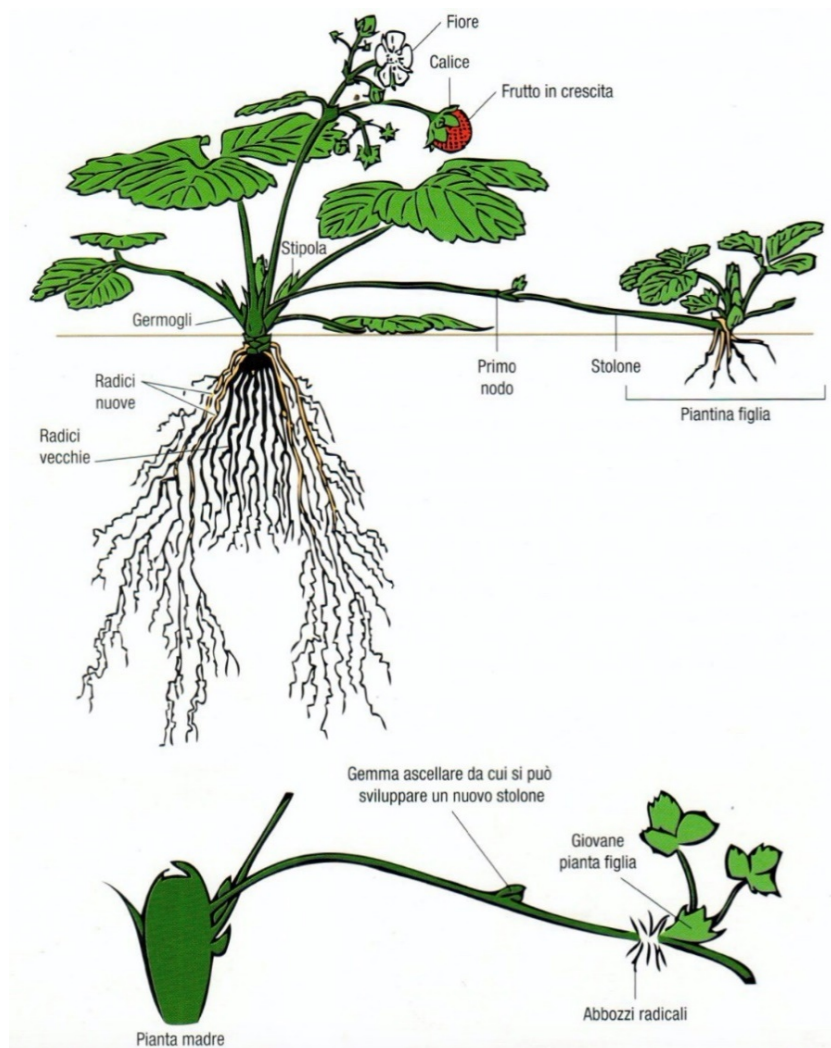


Figura 1. Struttura di una pianta di fragola.

L'habitus vegetativo della pianta può essere definito assurgente (se il fogliame si colloca in posizione eretta) o espanso (se il fogliame si colloca in posizione prostrata) e, a sua volta, il fogliame può essere definito rado o folto a seconda della sua densità (AA.VV., 2010).

Il fiore delle piante di fragola coltivata, in genere, è ermafrodita ossia possiede entrambi gli apparati sessuali: quello maschile (stami) e quello femminile (pistillo). Il pistillo è composto da un ovario contenente un ovulo che, una volta fecondato, darà origine a un achenio (comunemente chiamato seme).

Il frutto edule è una infruttescenza: un “falso frutto” costituito dal ricettacolo sul quale sono inseriti gli acheni. Esso si origina dall'ingrossamento del ricettacolo a seguito della fecondazione dei pistilli. Affinché si sviluppi con una forma regolare è necessario che siano fecondati tutti i pistilli. In caso contrario può originarsi un frutto malformato o deformato che potrà essere scartato o, in ogni caso, deprezzato commercialmente (Hancock, 1999).

La parte centrale del frutto, può essere molto o poco sviluppata, la presenza di una cavità, “cuore vuoto” è da considerarsi come carattere negativo. I frutti hanno forma diversa a seconda della cultivar: conici, conico-allungati, sferoidali, oblati e reniformi, come schematizzato in figura 2.

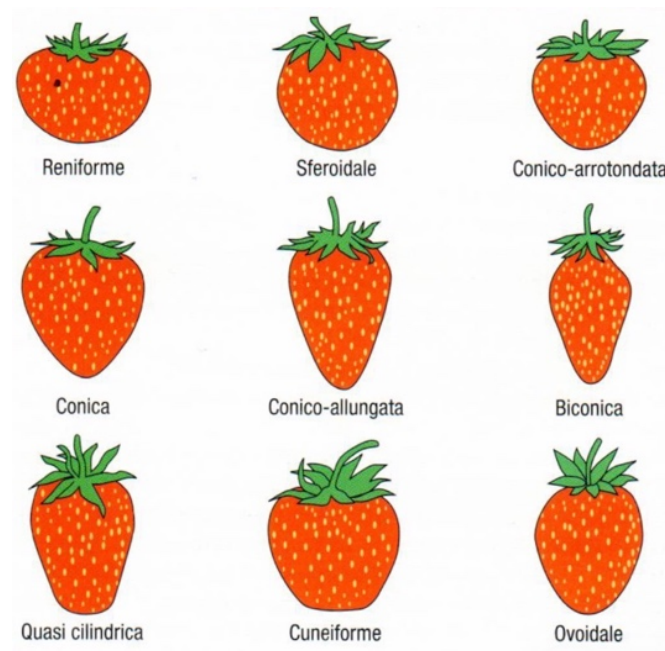


Figura 2. Principali forme dei frutti delle diverse cultivar di fragola.

1.3 Ciclo produttivo

Le diverse cultivar di fragola possono essere classificate secondo vari criteri tra cui quello basato sulla risposta di una determinata cultivar alle condizioni ambientali, in particolar modo al fotoperiodo (Rosati, 1980). In base al comportamento di una cv. di fragola, in termini di fruttificazione e stolonizzazione, in relazione al fotoperiodo possiamo distinguere:

- a. **Cultivar “unifere” o brevidiurne.** Queste sono caratterizzate da processi di induzione e differenziazione delle gemme a fiore in autunno, con piante che fioriscono una sola volta all’anno (in primavera). Esse richiedono un fotoperiodo con meno di 12 ore di luce e temperatura dell’aria intorno ai 17-19°C. All’aumentare della luce giornaliera e della temperatura le piante entrano in una fase vegetativa caratterizzata da un’emissione di filamenti stoloniferi prodotti da gemme “a legno” non differenziate. Alcune cultivar unifere, in determinate condizioni ambientali, possono diventare 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 termo-fotoperiodo favorevoli. Il fenomeno della “bifioritura” è tipico degli ambienti meridionali.

- b. **Cultivar “riflorenti” o longidiurne.** Sono caratterizzate dalla differenziazione delle gemme a fiore nel periodo primaverile-estivo, quando si superano le 14 ore di luce. Fruttificano dalla primavera all’autunno.

- c. **Cultivar riflorenti neutrodiurne.** Sono cultivar indifferenti al fotoperiodo, ovvero in grado di differenziare gemme in tutti i periodi dell’anno purché le temperature siano sufficienti per favorire l’attività vegetativa delle piante ed evitare la loro entrata in dormienza invernale, che si verifica a temperature sotto i 5°C. Quindi, queste piante differenziano le gemme indipendentemente dalla durata del giorno: il principale fattore limitante l’induzione fiorale è rappresentato dalla temperatura. Il carattere riflorente neutrodiurno DN (“*day neutral*”) presente nella specie selvatica ottoploide *Fragaria virginiana* è stato introdotto nel genoma di *Fragaria x ananassa*, ed è oggi presente in tutte le principali varietà riflorenti coltivate nel mondo, ed è grazie a questo che siamo in grado di estendere le produzioni nei periodi di “fuori stagione” (Pachioli, 2021).

1.4 Caratteristiche agronomiche

La fragola, nonostante possieda una buona adattabilità ai diversi tipi di terreno, per fornire buoni risultati economici, presuppone un ambiente pedologico particolarmente adatto, sia dal punto di vista fisico che della fertilità.

La fragola predilige terreni sciolti di medio impasto, ricchi di sostanza organica, con pH neutro o subacido (compreso tra 5,5- 7), ed è una specie molto sensibile ai ristagni di umidità: in condizioni di terreno umido e asfittico è facilmente soggetta ad attacchi di *Phytophthora*, *Rhizoctonia* e *Verticillum*, principali responsabili del cosiddetto “deperimento progressivo” delle piante (Antoniacci et al., 1997). Per questo la coltura necessita di un terreno adeguato, con leggere pendenze e una sufficiente rete scolante per garantire un veloce smaltimento dell’acqua in eccesso.

La fragola coltivata attualmente è propagata quasi unicamente per via vegetativa, ogni stolone prodotto è formato da un internodo e da due nodi che sottendono il primo una gemma dormiente e il secondo una gemma pronta che genera un nuovo stolone. Generalmente la stolonizzazione avviene in estate durante la fase vegetativa che segue quella di fruttificazione (Pachioli, 2021).

Per gli impianti, vengono utilizzate diversi tipi di piante fra cui:

- **piante “frigoconservate”**. Sono piante moltiplicate in appositi vivai, estirpate nella fase di pieno riposo vegetativo e poste in celle frigorifere a una temperatura di conservazione in inverno che varia da -1,5 a -2 °C, fino al trapianto. In questa categoria di piante possiamo distinguere:
 - **piante di tipo A**: selezionate con un diametro del colletto compreso tra gli 8 e i 12 mm, raggruppate in mazzi e commercializzate in casse contenenti 600-700 piante. Le piante con un calibro compreso tra i 6 e gli 8 mm sono considerate di seconda scelta e commercializzate come A- in casse da 900-1000 unità;
 - **piante di tipo A+**: selezionate con un diametro del colletto compreso tra i 12 e i 15 mm, commercializzate in casse contenenti 250-300 unità. Le piante con un diametro al colletto superiore ai 15 mm sono denominate A++;
 - **piante Waiting Bed (WB)**: di maggior dimensione rispetto alle A+ in quanto vengono ingrossate in appositi vivai denominati “Waiting bed” per aumentarne il diametro del fusto al fine di utilizzare la pianta nei sistemi di

- coltivazione “fuori suolo”, per produzioni destagionalizzate e programmate;
- **piante tray plant (TP) e mini tray:** ingrossate su un substrato di torba, in contenitori da 8-9 fori di 7-8 cm di diametro (tray) e da 16-19 fori di 5-6 cm di diametro (mini tray) partendo da piante fresche “cime radicate” ottenute da cime di stoloni poste a radicare in ambiente protetto e poi frigo conservate;
 - **rifioventi a “modulo”:** di varietà rifioventi, derivanti da uno stolone, poste in contenitori alveolati di dimensioni variabili, ma inferiori a quelli utilizzati per le “tray plant”.
- **piante fresche.** Sono ottenute prelevando da vivai cime di stoloni non radicati, ma provvisti di abbozzi radicali. Le cime vengono poi poste a radicare in contenitori alveolati con fori del diametro di 3-4 cm. Nell'arco di 25-30 giorni le piante sono pronte per essere messe a dimora in fragoletti. In questa categoria di piante possiamo distinguere:
 - **piante “fresche” a “radice nuda”:** estratte dal vivaio nel periodo autunnale e trasportate immediatamente nelle zone di produzione fragolicola per essere messe a dimora;
 - **piante “fresche” in “cima radicata”:** prodotte in vivaio facendo radicare su torba in appositi contenitori alveolari di polistirolo, gli stoloni più giovani, dotati di abbozzi radicali, preventivamente prelevati dai vivai (Pachioli, 2021).

L'impianto può essere effettuato con piante frigo conservate oppure con piante “fresche” (stoloni vegetanti o cime radicate). L'impianto con piante fresche, rispetto a quello con piante frigo conservate, consente un anticipo di maturazione, una costante pezzatura del frutto e un minor costo di produzione. Il rendimento produttivo della pianta fresca, però, è inferiore a quella “frigo conservata”, per cui bisogna compensare, seppure parzialmente, questo svantaggio con una maggior densità di impianto. Normalmente le piante vegetanti vengono messe a dimora con tutte le foglie, con l'apparato radicale integro, se non eccessivamente lungo. In ogni caso, la pianta deve essere interrata fino a che il colletto risulti a livello del terreno; l'apparato radicale deve essere ben disteso e non attorcigliato (Lucchi e Faedi, 2002).

La fragola viene definita: specie microterma, infatti presenta una buona crescita con temperature non troppo elevate: 18-22 °C di giorno e 10-13 °C di notte (Faedi, 2010).

La limitata capacità di estrazione dell'acqua dal terreno, causata dalla scarsa profondità (30 cm) ed efficienza dell'apparato radicale, fanno sì che la coltura della fragola si dimostri sensibile anche a brevi periodi di stress idrico che si possono verificare nel corso di tutto il suo ciclo colturale.

Ogni stress da carenza idrica determina conseguenze negative per il raggiungimento dei migliori risultati produttivi. Pertanto, è necessaria un'adeguata tecnica irrigua, fondamentale già durante il momento del trapianto e nella fase di attecchimento: la prima irrigazione va effettuata 3-4 giorni prima del trapianto, per inumidire il terreno distribuendo 5-10 mm d'acqua (50-100 m³/ha), mentre la seconda irrigazione va eseguita subito dopo il trapianto per favorire un perfetto attecchimento.

Il metodo irriguo più adatto alla coltura della fragola è sicuramente quello a goccia, apportando in modo localizzato la giusta quantità d'acqua in ogni momento del ciclo colturale.

Pur essendo molto sensibile alla carenza idrica, la coltura della fragola è caratterizzata da un basso fabbisogno irriguo. Il calcolo del bilancio idrico della coltura e l'uso di tensiometri sono due metodi efficienti per una buona valutazione del fabbisogno d'acqua e quindi per l'individuazione del momento di intervento irriguo.

Il volume irriguo necessario per mantenere la coltura in buone condizioni di rifornimento idrico può essere calcolato come differenza tra le perdite per evapotraspirazione e gli input da irrigazione. Molti schemi di bilancio, tra cui quello riportato in figura 3, considerano la pioggia come ulteriore input idrico per la coltura. Va però tenuto in considerazione che la coltivazione di fragola viene negli ultimi anni in molti areali effettuata in ambiente protetto. Ne deriva che gli input di pioggia sono da non considerare ai fini del bilancio idrico (Faedi e Baruzzi, 2009).

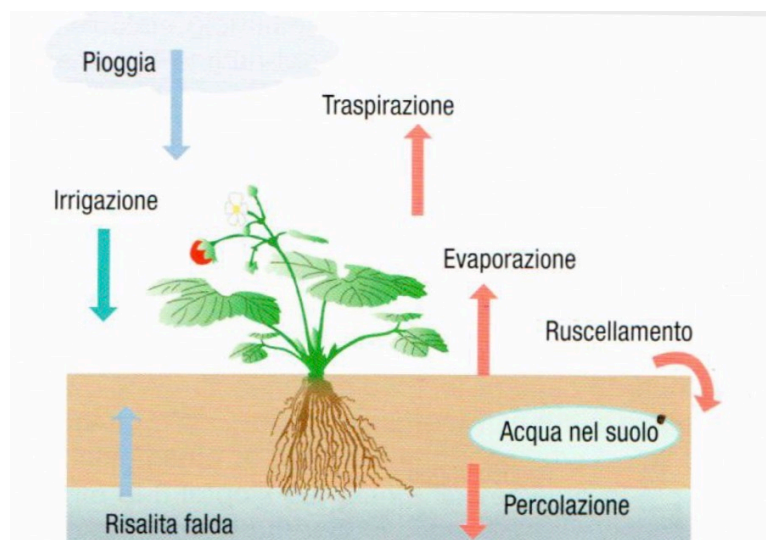


Figura 3. Principali ingressi e perdite d'acqua di una coltura di fragola computo del bilancio idrico.

Attraverso un equilibrio tra domanda di elementi nutritivi da parte della coltura e distribuzione degli stessi elementi mediante concimazione è possibile raggiungere produzioni soddisfacenti per quantità e qualità. Risultano essenziali gli apporti di macro- (azoto (N), fosforo (P), potassio (K)), meso (magnesio (Mg), calcio (Ca)) e micronutrienti (boro (B), ferro (Fe) e zinco (Zn)) (Andreotti et al., 2009). L'apporto può essere realizzato con diverse tecniche di concimazione e l'impiego di diversi prodotti (sia di sintesi sia naturali) in relazione al sistema di coltivazione. Ad esempio, in fuori suolo si effettua la gestione nutrizionale della coltura interamente con fertirrigazione mentre con coltivazione in campo può essere effettuata una concimazione di fondo prima del trapianto.

La quantità di elementi nutritivi asportata dalle piante è influenzata da diversi fattori, tra i quali: la varietà coltivata, il livello produttivo raggiunto, la tecnica colturale impiegata, la disponibilità degli elementi nutritivi nel terreno per effetto della concimazione o della naturale presenza nel terreno (Faedi e Baruzzi, 2002).

Gli organi di maggiore accumulo di elementi nutritivi sono i frutti, le foglie e le radici come si nota dalla tabella 1.

Tabella 1: Distribuzione percentuale dei nutrienti presenti nei diversi organi della pianta (Fonte: adattata da Lieten e Misotten, 1993).

	N %	P %	K %	Ca %	Mg %
Radici	15	14	4	25	17
Colletto	3	3	2	7	6
Foglie	23	25	16	40	32
Piccioli	6	9	11	16	16
Fiori (+stelo)	3	5	8	5	3
Frutti	50	44	59	7	26

In generale, i valori pedologici ottimali per la coltura di fragola sono un pH compreso tra 5,5 e 7,0; la tessitura del terreno medio-fine, un buon drenaggio affinché non si verifichino ristagni idrici, una profondità utile fino a 50 cm; salinità < 2mS/cm e calcare attivo < 5%.

1.5 Panoramica mondiale

Nel periodo 1980-2000, la produzione mondiale di fragola è aumentata dell'83%, fino ad oltrepassare i 3 milioni di tonnellate. Dal 2000 al 2010 si è registrato un ulteriore aumento fino a superare i 4 milioni di tonnellate. La superficie coltivata a fragola, stimata nel 2010 in circa 241.000 ha, ha subito, come la produzione, un trend positivo ma con valori meno significativi. Questo denota un aumento

delle rese unitarie dovuto sia all'innovazione varietale, che al miglioramento della tecnica colturale. In base ai dati Faostat, nel mondo, nel 2020, sono state prodotte 9.125.913 tonnellate di fragole su una superficie di circa 400 mila ha. Il Paese leader per la produzione di fragole è la Cina, con 3.801.865 tonnellate su una superficie di 140 mila ha. Seguono poi gli Usa con 1.420.280 tonnellate su una superficie di 21.327 ha, il Messico con 658.436 tonnellate su 13.850 ha, l'Egitto e la Turchia. L'Italia è al 13° posto, con 131.436 tonnellate su 4.881 ha, mentre, soffermandoci sullo scenario evolutivo europeo è al quarto posto. Gli scambi commerciali di fragole a livello mondiale comprendono, da un lato Paesi importatori netti (Germania e Gran Bretagna) e fortemente dipendenti dai rispettivi mercati di approvvigionamento per soddisfare la domanda interna e dall'altro Paesi produttori che hanno sviluppato un'intensa attività di export (Spagna e Polonia). Principale esportatore netto nello scenario europeo è indubbiamente la Spagna con circa 366.161 tonnellate esportate nel 2021. È quindi la Spagna che detiene saldamente la leadership dell'export tra i 27 Paesi membri dell'Ue. Il paese iberico incide per oltre il 60% dei volumi di fragole diretti verso gli altri stati membri, precedendo il Benelux (30%), la Grecia e l'Italia. La quasi totalità della produzione iberica proviene dalla provincia di Huelva, in Andalusia: in quest'area le superfici investite a fragole si stima coprano 6.705 ha su un totale destinato ai piccoli frutti di oltre 11.000 ha.

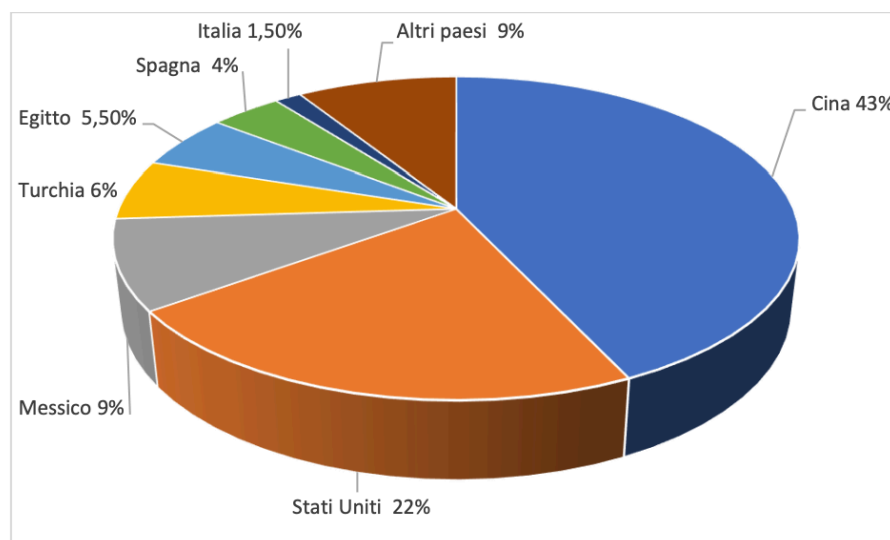


Figura 4. I dieci principali Paesi produttori di fragole nel 2020 (FAOSTAT).

1.6 La fragola nel contesto italiano

La fragola è un'importante referenza frutticola nel “*made in Italy*”, definita da una produzione distribuita su tutto il territorio italiano (dalle Alpi alla Sicilia), ma caratterizzata da differenti varietà,

diverse tecniche produttive, diversi calendari di raccolta e commercializzazione. Questo permette di avere fragole italiane per quasi tutto l'anno e adatte a diverse situazioni di mercato (Cricca, 2020).

Il calendario di produzione di questo frutto copre, quindi, ormai l'intero anno: si inizia già a gennaio nelle aree più calde del Paese (Sicilia) per raggiungere un picco nei mesi di aprile-maggio, quando si concentrano le produzioni campane, lucane, romagnole e venete, per poi proseguire in estate (produzioni trentine e piemontesi) fino al tardo autunno con il prodotto delle colture autunnali veronesi. I diversi areali fragolicoli nazionali sono caratterizzati da diverse condizioni pedoclimatiche e quindi presentano un proprio standard varietale (Viola et al., 2005).

In Italia nel 2018, in base ai dati Faostat, sono state prodotte 119.223 tonnellate di fragola (tra pieno campo e coltura protetta) su una superficie di circa 4.717 ha. Le superfici italiane dedicate alla coltivazione delle fragole si attestano mediamente, per il periodo 2017-2019, a quasi 3.800 ha; le produzioni, invece, si posizionano negli ultimi anni su poco più di 130.000 tonnellate. I maggiori investimenti di impianti di fragole riguardano la Campania e la Basilicata, seguono la Sicilia, il Veneto e l'Emilia-Romagna. La superficie italiana di fragole in biologico ha superato di poco i 250 ha nel 2017 (Pachioli, 2021). Secondo i dati 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 (Fig. 5) (Palmieri, 2020).

Tabella 2. Superfici destinate alla coltivazione di fragola in Italia in coltura specializzata nel 2020-2021 (Fonte: CSO Italy).

Regioni	Ettari nel 2020	Ettari nel 2021	Var % 2021/2020
Piemonte	143	148	+3%
Trento	119	119	=
Bolzano	115	115	=
Veneto	246	253	+3%
Emilia-Romagna	197	200	+2%
Campania	939	995	+6%
Basilicata	841	999	+19%
Calabria	137	142	+3%
Sicilia	309	319	+3%
Altre Regioni	601	672	+12%
Totale	3.646	3.962	+9%

La fragolicoltura nel veronese è attualmente la maggiore realtà nel Nord Italia per superficie e produzione. È nota per la particolare tecnica colturale che la contraddistingue da tutte le altre zone di produzione italiane e per essere pioniera nella coltivazione in coltura protetta.

La superficie a fragola è di circa 300 ha: suddivisa in fragola coltivata a terra (80%) e fuori suolo (20%). Riguardo gli impianti destinati al doppio raccolto, la maggior parte di essi sono protetti con tunnel multipli, dotati di aperture laterali e nelle testate. Per la maggior parte della superficie coltivata a terra e la totalità della superficie fuori suolo è adottata la tecnica della cosiddetta coltura autunno-primaverile che comporta l'impianto di piantine frigo-conservate di grosso calibro (tipo "A+" e "A++") messe a dimora nella seconda metà del mese di agosto. Queste piante forniscono una prima produzione, di circa 100 g a pianta, a partire dal mese di ottobre fino a novembre inoltrato, compatibilmente con le condizioni di luce e temperatura. L'intero ciclo colturale della fragola con questa tecnica si svolge in coltura protetta sotto tunnel fin dal momento del trapianto al fine di evitare eventi atmosferici, grandine in particolare, che potrebbero compromettere la produzione. Durante l'inverno si procede all'apertura delle testate del tunnel per consentire il soddisfacimento del fabbisogno in freddo delle piante durante la quiescenza. Nel mese di gennaio viene effettuata l'eliminazione delle foglie danneggiate e viene preparato l'impianto per la produzione primaverile che, in media, ammonta a circa 500 g/pianta distribuiti fra aprile e, in maniera più importante, maggio (Baruzzi, Macchi 2019).

Riguardo invece gli impianti che prevedono una sola raccolta primaverile, differenziata da quella autunnale perché le piantine utilizzate per l'impianto sono di minor calibro (A), il trapianto è anticipato di una decina di giorni rispetto alla tecnica autunnale per consentire un adeguato sviluppo vegetativo nei mesi che precedono il riposo vegetativo invernale. La tecnica prevede l'asportazione dei fiori emessi subito dopo la messa a dimora con la finalità di meglio predisporre la pianta ad una buona differenziazione autunnale, che garantirà un'elevata produttività primaverile (media 600 g/pianta) concentrati prevalentemente nel mese di maggio.

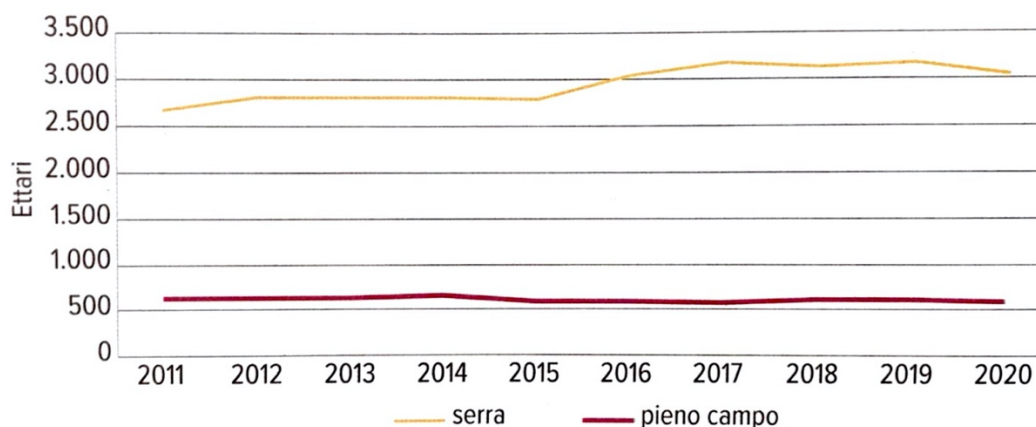


Figura 5. Superfici coltivate a fragola in coltura protetta e pieno campo 2011-2020 in Italia (Fonte: CSO Italy).

1.7 Aspetti nutrizionali e qualitativi della fragola

L'espressione delle caratteristiche qualitative e nutrizionali delle fragole è sotto il controllo genetico, ma anche in funzione di quello climatico-ambientale ed agronomico. L'incremento della produzione per pianta e della pezzatura del frutto, così come quello della consistenza della polpa è stato sicuramente privilegiato dai "breeders" mentre l'incremento della dolcezza e dell'aroma dei frutti sono obiettivi che si sono aggiunti in un secondo momento nel processo di selezione. A questi ultimamente si è aggiunto il contenuto di composti bioattivi (polifenoli, acido ascorbico, antociani) a cui il consumatore presta sempre più interesse in quanto la fragola ne rappresenta una buona fonte naturale. La fragola è un frutto particolarmente gradito per il suo colore, per il suo gusto e soprattutto per il suo aroma. I più importanti pigmenti cui è dovuto il caratteristico colore sono la pelargonidina - 3 - monoglucoside e la cianidina - 3 - monoglucoside. Nelle fragole coltivate, il rapporto tra questi due componenti è di 1 a 0,05; oltre a questi sono presenti anche altre due antocianidine (Robinson et al., 1956). Gli zuccheri contenuti nelle fragole sono il saccarosio, il glucosio, il fruttosio e lo xilosio. Alcuni autori riscontrano anche il maltosio e altri il galattosio e l'arabinosio (Akuta et al., 1955). Gli acidi organici sono rappresentati soprattutto dal citrico e dal malico; sono presenti piccole quantità di succinico e tracce di ossalico. Secondo Akuta et al. (1955) vi si riscontrano anche tracce di diversi amminoacidi e loro ammidi: cistina, aspartico, glutammico, serina, glicina, alanina, asparagina e leucina. Le fragole rappresentano anche una ricca fonte di acido ascorbico, la cui sintesi è stimolata dall'illuminazione solare; si è riscontrato infatti, che la quantità di acido ascorbico dei frutti maturi cresce in relazione al periodo di illuminazione cui sono state assoggettate le piante nei 5 o 6 giorni precedenti la raccolta (Akuta et al., 1955).

Le sostanze aromatiche volatili delle fragole sono diverse, ma l'aroma tipico risiede in una frazione ammontante al 7% dell'essenza totale. Il restante 93% è rappresentato da costituenti meno aromatici, ma che in miscela agli altri producono il caratteristico aroma del frutto (Dimick et al., 1956).

Con la premessa che la composizione chimica della fragola è estremamente variabile in funzione della cultivar, dell'epoca di raccolta e delle condizioni ambientali di sviluppo delle piante, del grado di maturazione, del tempo e delle modalità di conservazione post-raccolta, essa può essere schematizzata nel seguente modo.

Tabella3. Composizione chimica della fragola in 100 g di prodotto edibile (Fonte: INRAN, 2000).

Costituente	Quantità
Acqua (g)	90,5
Proteine (g)	0,9
Lipidi (g)	0,4
Zuccheri (g)	5,3
Fibra (g)	1,6
Solubile	0,45
Insolubile	1,13
Sodio (mg)	2
Potassio (mg)	160
Ferro (mg)	0,8
Calcio (mg)	35
Fosforo (mg)	28
Tiamina (mg)	0,02
Riboflavina (mg)	0,04
Niacina (mg)	0,50
Folati (mcg)	20,0
Vitamina A- retinolo (mcg)	tracce
Vitamina C (mg)	54

La composizione chimica del frutto mette in rilievo il basso apporto energetico (27 kcal per 100 g di parte edibile) dovuto fondamentalmente alla notevole presenza d'acqua. È inoltre da evidenziare la buona presenza di fibra nonché di potassio, calcio, fosforo, vitamina C, folati e biflavonoidi.

Una ricerca del Dipartimento di Medicina Interna dell'Ohio State University, presentata al 102° meeting annuale dell'ACCR (American Association for Cancer Research-2011) ha dimostrato i risultati positivi sull'efficacia della fragola nella prevenzione del tumore all'esofago e di altri del tratto gastroesofageo. Questo, grazie all'importanza dei costituenti fenolici presenti nel frutto, effetto confermato anche da uno studio condotto dall'Università Politecnica delle Marche in collaborazione con le Università di Belgrado, Salamanca e Granada. Le fragole potrebbero, quindi, avere un effetto benefico nella prevenzione delle malattie gastriche, limitando o contrastando la produzione di radicali liberi nel nostro organismo.

Inoltre, tenendo conto che per un uomo adulto sano il fabbisogno giornaliero di vitamina C è di 60 mg, secondo i Livelli di Assunzione Giornaliera Raccomandati di Nutrienti per la popolazione italiana (LARN), 100 g di fragole riescono a soddisfarlo quasi totalmente. La fragola è classificata come un frutto non-climaterico e, come tale, una volta raccolta, non prosegue i processi di maturazione, non esibendo alcun picco climaterico di respirazione o produzione di etilene. Per questo motivo la fragola viene raccolta generalmente quando i frutti sono completamente maturi (Will et al., 2002).

Lo standard varietale italiano della fragola è nettamente diversificato in relazione alle aree colturali. Al sud (60% della produzione nazionale) dominano le varietà con piante che necessitano di un basso fabbisogno di freddo invernale principalmente ottenute da programmi di miglioramento genetico stranieri: Candonga®Sabrosa (Spagna), Camarosa e Florida Fortuna (USA). Al nord, nell'areale veronese, la principale varietà coltivata è Eva, seguita da Roxana e Irma, mentre nell'areale romagnolo (cesenate) Alba è la varietà leader, seguita a distanza da Roxana e Tecla. Importante sottolineare però che il panorama varietale attuale, sta attraversando un periodo di profonda transizione e negli ultimi anni sono state abbandonate alcune varietà con un importante passato dal punto di vista produttivo e che per esigenze di mercato hanno ceduto il posto ad altre che soddisfano maggiormente esigenze del consumatore in termini di serbevolezza e gusto.

Nelle aree di montagna del cuneese e trentino sono diffuse sia varietà unifere (Elsanta), che rifioranti (Evia 2 ed Elsinore®CIVRI 30) in grado di fornire un flusso produttivo continuo da luglio fino ad ottobre, con piante poste a dimora in aprile.

È importante evidenziare che attualmente le differenti tecniche di coltivazione nelle diverse aree produttive consentono un flusso produttivo nazionale per tutti i mesi dell'anno e, a tal proposito, vi è una costante ricerca per adattarsi maggiormente alla tecnica della doppia raccolta autunno-primaverile, e su cui si basa il successo della fragolicoltura veronese (Baruzzi, 2021).

2. SCOPO DEL LAVORO

Il mercato delle fragole negli ultimi anni, sta attraversando periodi di oscillazione. A causa dell'innalzamento della temperatura, il clima eccellente durante la stagione di coltivazione in Nord Europa ha portato ad una crescente produzione mentre i Paesi tradizionalmente più caldi, come l'Italia e la Spagna, hanno risentito delle sfavorevoli condizioni meteorologiche. Questo ha comportato ad una concomitante maturazione con aumento della quantità di frutta sul mercato. Tale fenomeno ha provocato il calo dei prezzi in modo significativo

Nonostante nel nostro Paese il panorama complessivo dell'ortofrutta stia registrando consumi poco costanti, il mercato della fragola sembra essere in continua crescita. Attualmente il panorama varietale registra un periodo di profonda transizione a causa dell'abbandono di varietà che vantano un importante passato dal punto di vista produttivo, ma che per esigenze di mercato hanno ceduto il posto ad altre in grado di soddisfare maggiormente le esigenze del consumatore in termini qualitativi. In passato, l'obiettivo più importante era attribuito alla resa quantitativa e le esigenze del consumatore finale passavano in secondo piano. Oggi invece gli obiettivi specifici del produttore si rifanno all'epoca di maturazione, alla pezzatura e alla consistenza del frutto, alla qualità organolettica e alla resistenza delle piante alle malattie.

A tal proposito, la presente sperimentazione ha avuto l'obiettivo di caratterizzare e confrontare 3 diverse accessioni varietali (Lycia, Sibilla e Aprica) e 10 nuove selezioni di fragole al fine di individuare la varietà più performante. Tale studio è stato condotto durante il ciclo autunnale e primaverile nell'areale Veronese.

3. MATERIALI E METODI

3.1 Area sperimentale

La prova è stata condotta in una serra tunnel presso l'azienda Bruno S.r.l situata a Vallese di Oppeano a Verona (45°18'N 11°11'E, 26 m s.l.m.). L'apprestamento protettivo oggetto della prova è costituito da un complesso serricolo multispans caratterizzato da unità produttive di 250 m² (50 m di lunghezza x 5 m di larghezza 2,90 altezza) con orientamento Sud-Ovest. All'interno della struttura sono state realizzate tre baule, ciascuna lunga 50 m, alta 0,35 m e larga 0,5 m. Prima del trapianto delle fragole, le baulature sono state coperte con film pacciamante di polietilene bianco (Fig. 6).



Figura 6. Serra tunnel in cui è stata condotta la prova sperimentale.

La ventilazione dell'apprestamento protettivo è stata garantita dalle aperture manuali frontali e laterali che la mettono in comunicazione con le altre campate adiacenti.

Il 18 agosto 2021, si è proceduto al trapianto di 13 genotipi di fragole A+ provenienti dalla Società Agricola Vivai Mazzoni (Ferrara- Italia). In particolare le piante sono state trapiantate in doppia fila su ogni baula, con una densità d'impianto di 16 piante m² (25 cm tra le file e 25 cm lungo la fila).

3.2 Schema sperimentale

La sperimentazione, come già descritto, ha avuto l'obbiettivo di confrontare 13 genotipi di fragole, in particolare 10 accessioni e 3 varietà comunemente coltivate nell'areale Veronese (varietà Sibilla, Lycia e Aprica). I diversi genotipi sono stati identificati attraverso un numero e posizionati lungo la

baula in parcelle. Nel complesso la prova ha considerato circa 25 piante per parcella suddivise in 3 ripetizioni, come descritto dallo schema sperimentale in figura 7.

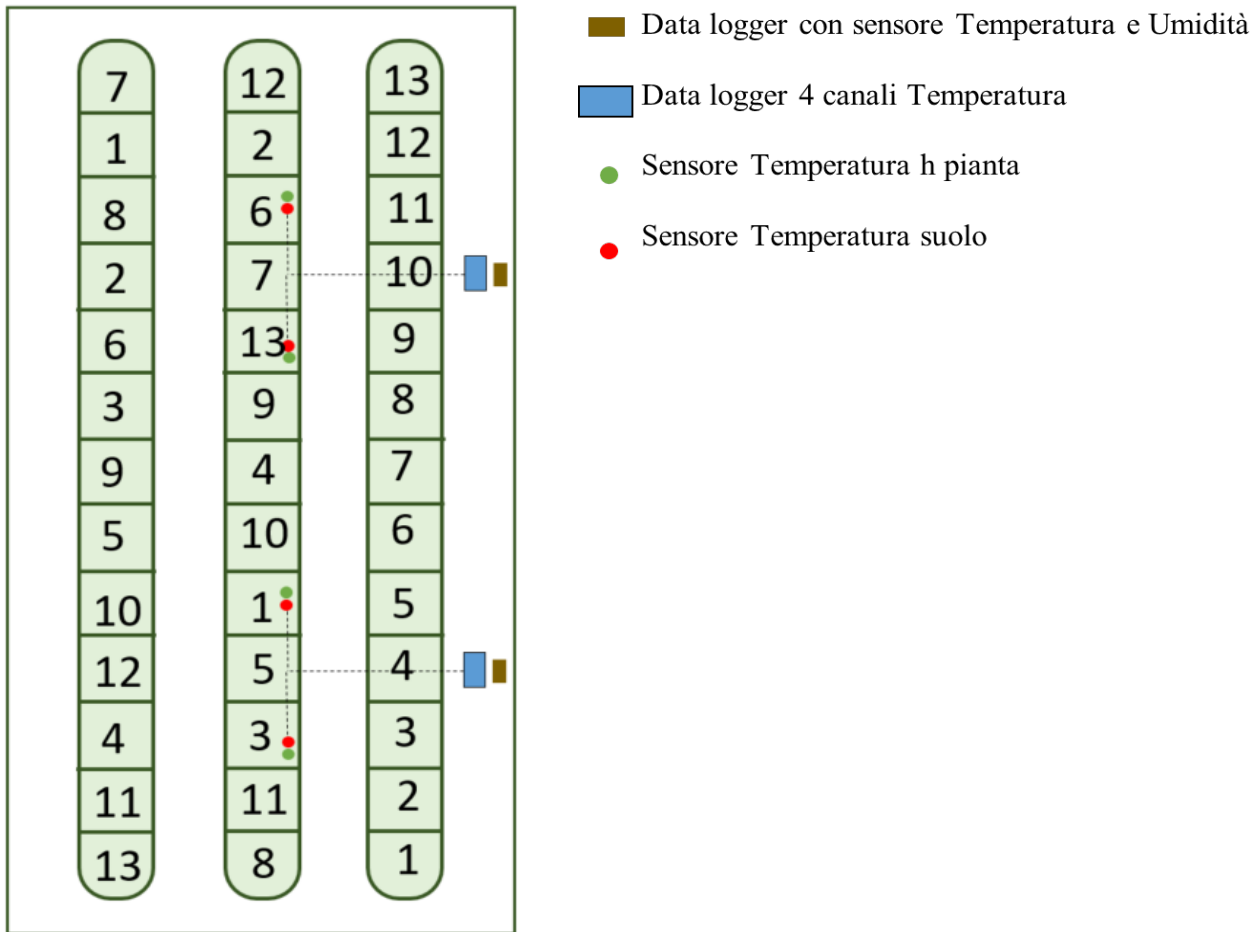


Figura 7. Schema sperimentale a blocchi randomizzati con 3 ripetizioni.

3.3 Dati climatici ambientali

Le osservazioni meteorologiche orarie esterne sono state acquisite dalla stazione meteorologica DAVIS. I parametri interni al tunnel della serra sono stati monitorati con i sensori data logger Hobo (HOBO®, Onset Computer Corporation, Bourne, Massachusetts, USA). In particolare sono stati misurati temperatura e umidità dell'aria e temperatura del suolo.

Per identificare l'andamento climatico all'interno della struttura del tunnel della serra, la temperatura dell'aria vicino alla pianta (15 cm di altezza) e la temperatura del suolo (-5 cm di profondità) sono state monitorate ogni 10 minuti. Sono stati predisposti quattro punti di monitoraggio, ciascuno con 1 sensore di temperatura del suolo e 1 di temperatura dell'aria. I sensori sono stati collocati vicino alle piante della baula centrale, a una distanza di circa 8 m tra loro (Fig. 8).



Figura 8. Partendo da sinistra: sensore temperatura e umidità relativa dell'aria e sensore temperatura a 4 canali.

3.4 Sviluppo vegetativo

Le piante sono state messe a dimora nel mese di agosto. Ogni parcella di coltivazione è stata contrassegnata con una paletta indicante un numero crescente da 1 a 13. Per ogni parcella sono state selezionate 5 piante rappresentative monitorate per valutare lo sviluppo vegetativo e effettuare i rilievi morfo-ponderali.

Nella prima parte del ciclo colturale, a cadenza settimanale sono stati monitorati i seguenti parametri:

- numero di foglie per pianta
- numero di fiori
- lo stato nutrizionale della coltura tramite indice SPAD 502 (Chlorophyll Meter SPAD-502Plus), uno strumento che misura il contenuto di clorofilla in modo rapido e non invasivo. La misura avviene su una porzione di foglia mediante l'apposita clip integrata sullo strumento e sul display compare il contenuto di clorofilla espresso in unità di SPAD (Fig. 9).



Figura 9. SPAD 502 plus

Sempre a cadenza settimanale, si è proceduto all'osservazione e assegnazione dello stadio fenologico delle piante secondo la scala BBCH (Biologische Bundesanstalt, Bundessortenamt und Chemische Industrie). Questa scala prevede di suddividere l'intero ciclo biologico in 10 stadi principali, codificati con numeri da 0 a 9. All'interno degli stadi principali possono essere individuati stadi secondari, per esprimere il grado di avanzamento della fase principale, anch'essi indicati con numeri da 0 a 9. Dalla combinazione dei numeri di sviluppo principali e secondari risulta un codice composto da due cifre.

La scala BBCH è utilizzata per una vasta gamma di specie in cui stadi fenologici simili di ciascuna pianta hanno lo stesso codice (Enz e Dachler, 1997; Meier, 1997).

L'individuazione di tali parametri ha permesso di identificare le cultivar più precoci nella stagione autunnale e primaverile, la data della prima fioritura e dei primi frutti. I dati fenologici delle fragole raccolti durante il periodo sperimentale sono stati combinati con quelli della temperatura dell'aria per analizzare la relazione tra gli stadi BBCH che descrivono la fenologia e la somma termica.

3.5 Analisi morfo-ponderali e resa

Durante la fase di raccolta, la produzione di ogni parcella è stata sottoposta a una serie di misurazioni. Per ogni parcella è stata distinta la produzione delle 5 piante campione e la produzione delle restanti piante della parcella. Successivamente i frutti raccolti sono stati pesati e contati al fine di ottenere:

- la produzione totale
- il peso medio dei frutti
- l'indice di precocità di maturazione.

In seguito, tra tutti i frutti raccolti ne sono stati scelti 10 rappresentativi della produzione giornaliera per ogni parcella. Questi ultimi sono stati sottoposti a misurazione del diametro e dell'altezza, misurati in mm, mediante calibro elettrico (Fig. 10).



Figura 10. Calibro digitale per la misurazione del diametro e altezza del frutto.



Figura 11. Calibro digitale utilizzato per la misurazione del diametro e altezza delle fragole.

Mediante una scala da 1 a 9, è stata indicata la posizione degli acheni rispetto alla superficie esterna del frutto (1=immersi nella superficie; 5=a livello della superficie e 9=sporgenti dalla superficie). Infine per ogni frutto è stata effettuata una analisi colorimetrica mediante colorimetro tristimolo Minolta CR200 rilevando le coordinate secondo lo standard internazionale CIELab: **L** dal bianco (L= 100) al nero (L= 0), **a** dal rosso (a= + 60) al verde (a= -60), **b** dal giallo (b= + 60) al blu (b= -60) (Fig. 12).

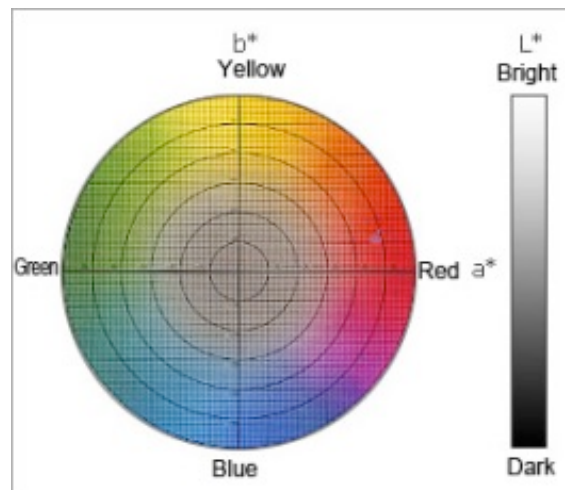


Figura 12. Scala di valutazione utilizzata per le analisi colorimetriche.



Figura 13. Colorimetro tristimolo Minolta CR200

3.6 Qualità dei frutti

In una seconda fase, sono state effettuate le analisi qualitative, con lo scopo di caratterizzare il prodotto secondo alcuni parametri, tra cui sostanza secca, residuo secco rifrattometrico ($^{\circ}$ Brix), pH, conducibilità elettrica (EC) e acidità titolabile.

A seguito di ogni raccolta, è stata prelevata un'aliquota di prodotto per ogni parcella di ogni varietà, è stata pesata e successivamente posta in stufa a 65°C per 48 ore. Al termine del processo di essiccazione il campione è stato nuovamente pesato ottenendo così la quantità di acqua che è evaporata e quindi per differenza la quantità di sostanza secca delle fragole.

Uno dei due campioni precedentemente congelati è stato scongelato al fine di ottenere il succo cellulare contenuto all'interno dei frutti, tale succo è stato utilizzato per le analisi di pH e conducibilità elettrica (EC) tramite un pHmetro conduttivimetro portatile, modello H19811.

Un'aliquota del filtrato è servita anche per la determinazione di solidi solubili, espresso in $^{\circ}$ Brix. Quest'ultima è stata effettuata tramite rifrattometro portatile digitale HI 96801 Hanna Instruments, uno strumento che utilizza la misura dell'indice di rifrazione per determinare il contenuto zuccherino. Il principio sul quale si basa questo strumento si rifà al cosiddetto fenomeno della rifrazione, ossia al cambiamento di direzione di un raggio di luce quando passa da un corpo trasparente verso uno più denso. Tanto maggiore sarà la concentrazione zuccherina, tanto maggiore sarà l'indice di rifrazione. Per ottenere la lettura è stata messa qualche goccia di succo sul prisma dello strumento. Il risultato è espresso secondo la scala Brix (1° Brix corrisponde a 1 g di saccarosio su 100 ml).

L'acidità titolabile è stata determinata secondo il metodo standard ISO 750:1998 (E), che prevede il prelievo di un volume noto di succo cellulare (10 mL) ai quali vengono aggiunti 40 mL di acqua demineralizzata. Servendosi del titolatore automatico Titrex Act STEROGLOSS s.r.l, si è proceduto con la titolazione del succo. Si sono quindi annotati i mL di soda 0.1N che sono serviti a raggiungere

il valore soglia di pH a 8.2 della soluzione. L'acidità titolabile è stata espressa in grammi di acido citrico per 100 g di prodotto fresco, tramite la seguente formula:

$$Z = [(V \cdot N \cdot mEqwt) / Y] \cdot 100$$

dove:

Z= g di acido per 100 g di campione

V= volume in mL di NaOH usata per la titolazione

N= normalità di NaOH

mEqwt= milliequivalenti di acido (0.064 ac.citrico)

Y= volume in mL di campione

3.7 Capacità antiossidante totale e polifenoli totali

La determinazione dell'attività antiossidante e dei fenoli totali ha previsto l'impiego delle metodiche indicate da Kang et al. (2002) che riprendono quelle di Ke e Saltveit (1989), Singleton e Rossi (1965) e Benzie e Strain (1996) con opportuni aggiustamenti per adattare le metodiche alla matrice da analizzare. Prima di procedere con le analisi, il campione precedentemente congelato è stato posto in liofilizzatore. Il campione ottenuto è stato finemente macinato così da ottenere una polvere. La determinazione dell'attività antiossidante e dei fenoli totali ha previsto la pesata di 0,5 g di campione macinato ai quali sono stati aggiunti 20 mL di metanolo (per HPLC); il campione è stato filtrato con carta da filtro (589 Schleicher diametro 125 mm). L'attività antiossidante è stata determinata con il metodo FRAP (FerricReducingAbility of Plasma). Il reagente FRAP (soluzione 1 mM di 2,4,6-tripiridil-2 triazina [TPTZ], 2 mM cloruro ferrico e 250 mM di acetato di sodio a pH 3.6) è stato preparato giornalmente a partire da soluzioni madri di 300 41 mM di buffer acetato, 12 mM di TPTZ (in acido cloridrico 48 mM) e 24 mM di cloruro ferrico in rapporto 10:1:1. A 100 µL di estratto sono stati aggiunti 1900 µL di reagente FRAP e si è omogeneizzato con l'ausilio di un vortex; dopo 4' a 20 °C è stata letta l'assorbanza a 593 nm (Shimadzu UV-1800). La lettura è stata confrontata con una curva di calibrazione costituita da soluzione di solfato di ammonio ferroso con concentrazione da 0 a 1200 µg mL⁻¹ di ione ferroso. L'attività antiossidante è stata quindi successivamente espressa come mg di Fe²⁺ equivalenti (Fe²⁺+E) per kg di campione secco o fresco. Per la determinazione dei fenoli, invece, si sono prelevati 200 µL dell'estratto, si sono aggiunti 1000 µL di reattivo di Folin-Ciocalteu e 800 µL di carbonato di sodio anidro al 7.5%. Si è quindi proceduto con 15" di agitazione e successivo riposo per 30' a temperatura ambiente prima di leggere allo spettrofotometro ad una lunghezza d'onda di 765 nm (Shimadzu UV-1800). L'assorbanza è stata confrontata con quella letta per soluzioni a concentrazione nota di acido gallico (da 0 a 300 µg mL⁻¹) che hanno subito lo stesso

procedimento dei campioni. Il contenuto totale di fenoli è stato espresso come mg di ac. gallico equivalenti (GAE) per kg di campione fresco o secco.

3.8 Texture Profile Analysis (TPA)

Per determinare i parametri di consistenza delle fragole dei diversi genotipi è stata eseguita una TPA (Texture Profile Analysis) (Fig.15) Per ciascun genotipo sono stati prelevati 10 frutti di dimensione e stato di maturazione simile da sottoporre all'analisi. La determinazione delle proprietà meccaniche è stata effettuata con un texturometro Texture Analyser TA.XT.plus, equipaggiato con una sonda (HDP/PFS) per la compressione del campione.

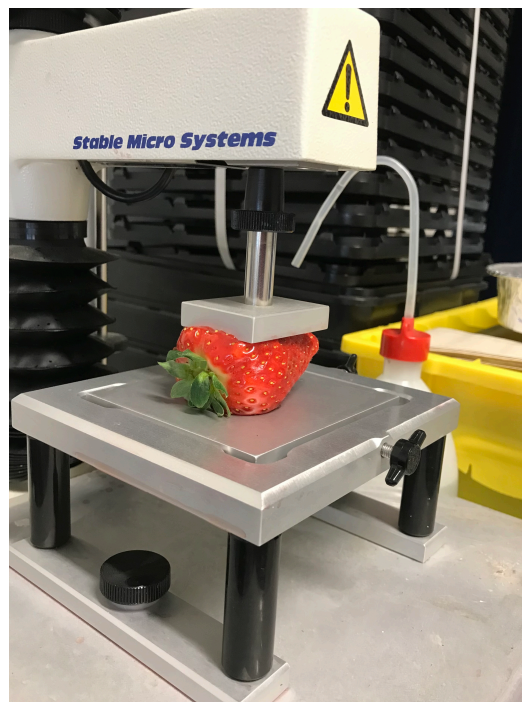


Figura 15. Macchina TA.XT.plus utilizzata per valutare i parametri della consistenza della polpa dei frutti.

Il test è stato condotto ad una velocità di 1 mm sec⁻¹, applicando al campione una compressione del 60% dell'altezza per due volte con un tempo di attesa tra i due cicli di 5 secondi. Lo strumento ha registrato i dati su uno specifico software, il quale sulla base dei risultati ottenuti genera due curve (una per ogni compressione su un grafico forza - tempo).

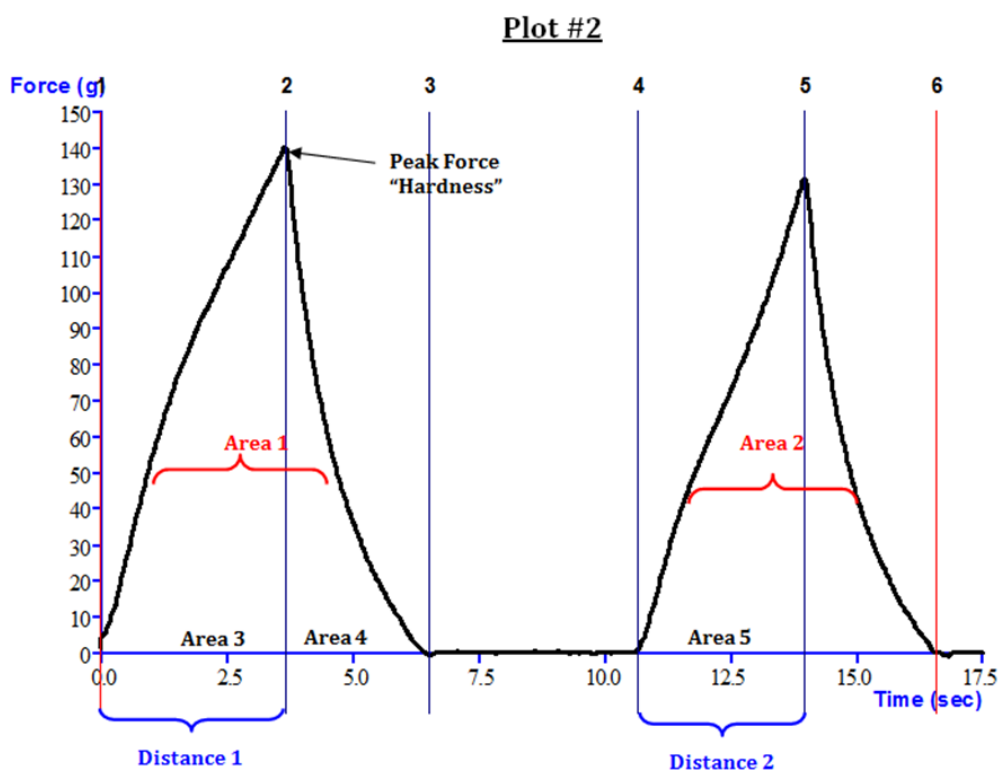


Figura 14. Grafico esemplificativo di un test TPA (Texture profile analysis) effettuato su un prodotto alimentare.

L'analisi di questo grafico (Fig.14) consente di ricavare i seguenti parametri:

- Durezza: è la forza necessaria ad ottenere una deformazione e corrisponde al valore massimo della forza durante il primo ciclo di compressione;
- Coesività: è il grado di deformazione che può essere raggiunto prima della rottura;
- Adesività: è il lavoro necessario per vincere la forza di attrazione tra la superficie dell'alimento e gli altri materiali con cui l'alimento viene in contatto;
- Elasticità: rappresenta l'altezza che il prodotto recupera durante il tempo che trascorre tra la fine del primo ciclo di compressione ed il secondo;
- Gommosità: energia richiesta per disintegrare un cibo semisolido fino a quando è pronto per la deglutizione (Durezza * Coesività);
- Masticabilità (J): energia richiesta per masticare un cibo solido fino a quando è pronto per la deglutizione (Durezza * Coesività * Elasticità);
- Resilienza: misura l'ampiezza del recupero da parte del campione dopo il primo ciclo di deformazione.

3.9 Analisi statistica

I dati ricavati dai rilievi quanti-qualitativi sono stati elaborati statisticamente attraverso l'analisi della varianza ANOVA a una via e le medie sono state separate attraverso il test HSD di Tukey con $p \leq 0.05$. Per l'elaborazione statistica è stato utilizzato il software Statgraphics 19 centurion (Statgraphics Technologies, Inc.). Nell'ambito delle figure, quando non sono state riscontrate differenze significative si è riportata la sigla ns (non significativo) e ogni figura è stata dotata della barra di errore standard.

4. RISULTATI

In questa prima sezione dei risultati, successivamente ai dati meteorologici, vengono presentati i dati relativi al ciclo autunnale dei 13 genotipi coinvolti nella sperimentazione, al fine di descrivere chiaramente la panoramica di produzione delle piante. Di seguito saranno riportati i risultati ottenuti dai 13 genotipi, in termini di grammi medi prodotti per pianta, durante il ciclo primaverile. A causa della produzione esigua si è deciso di effettuare le analisi morfo-ponderali e qualitative durante il ciclo primaverile.

4.1 Dati meteo

Il grafico sotto riportato (Fig. 16) mostra l'andamento della temperatura media dell'aria all'esterno della serra e la temperatura a livello pianta e al suolo all'interno della serra. Come si evince dal grafico, l'andamento delle tre temperature prese in analisi, segue una curva analoga, sebbene la serra mantenga sempre, in media, 5 °C in più rispetto alle condizioni esterne.

Il valore di temperatura più basso, raggiunto all'esterno della serra arriva anche sotto lo zero, mentre all'interno le temperature non permettono il congelamento dell'acqua, dunque non scendono mai sotto lo zero. Come si riscontra nel grafico, le migliori condizioni per lo sviluppo della fragola, nel periodo in cui la pianta è in produzione (mesi di settembre e ottobre per il ciclo autunnale; mesi di aprile, maggio e giugno per il ciclo primaverile) presentano temperature comprese tra i 10 °C e i 25 °C.

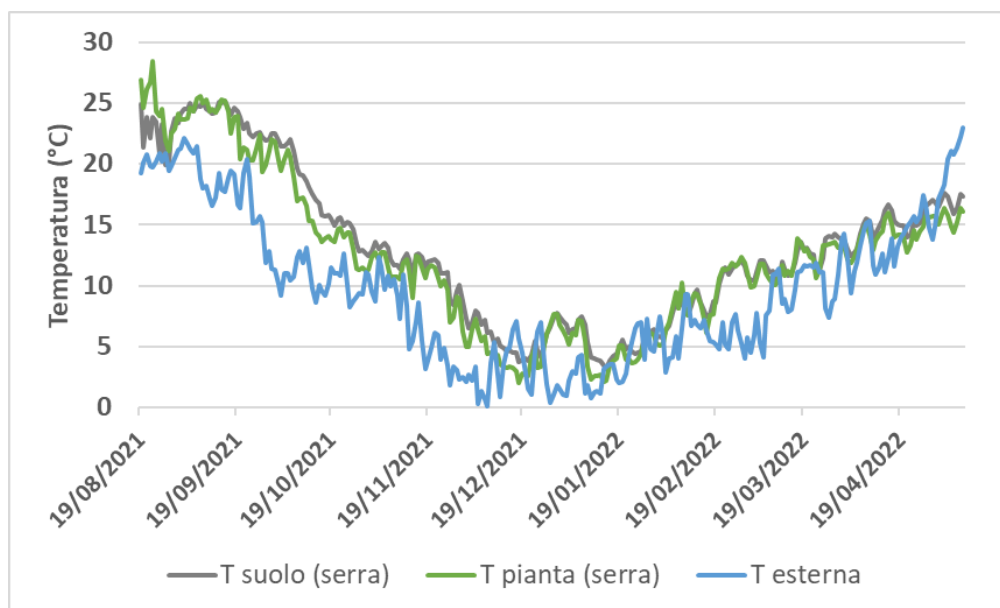


Figura 16. Andamento della temperatura media dell'aria all'interno e all'esterno della serra.

4.2 Ciclo autunnale 2021

I 13 genotipi oggetto dell'elaborato di tesi, come si evince dal grafico (Fig. 17), hanno mostrato una produzione diversificata durante la produzione autunnale. Il genotipo 2 ha prodotto in media 303 grammi per pianta, superiore rispetto a tutti gli altri genotipi presi in analisi.

A seguire il genotipo 1 (179,2 grammi per pianta) con una produzione leggermente superiore agli altri genotipi, ad eccezione del genotipo 5 in cui la produzione è affine con 151,8 grammi per pianta. I genotipi 3, 4, 6, 7, 10, 12 e 13 hanno avuto una produzione conforme al genotipo 12, in media pari a 68,87 grammi per pianta e i restanti genotipi (8, 9 e 11) hanno prodotto in media 29,58 grammi per pianta.

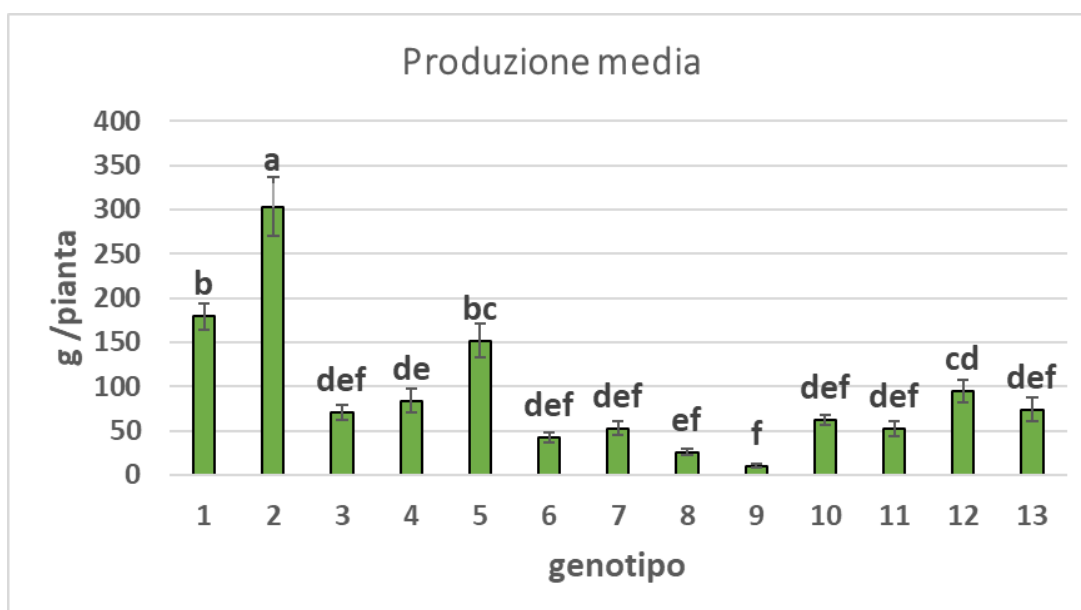


Figura 17. Produzione media (g) di ogni pianta per ogni genotipo di fragola durante il ciclo autunnale, da settembre a novembre 2021. Lettere diverse indicano differenze statisticamente significative con il test di Tukey ($p < 0.05$), la barra dell'errore è stata calcolata come errore standard in base ai dati.

4.3 Ciclo primaverile

4.3.1 Indice vegetazionale

Il contenuto di clorofilla fogliare dei 13 genotipi di fragola misurato sulla foglia tramite indice SPAD ha mostrato valori compresi tra 39,7 (genotipo 13) e 45,8 (genotipo 4) unità SPAD a partire dal primo rilievo eseguito a marzo, fino all'ultimo rilievo a fine maggio (Fig. 18). In particolare, le cultivar 4 (45,8), 6 (43,3), 9 (44,3) e 12 (44,2) hanno mostrato un contenuto di clorofilla maggiore rispetto alle cultivar 8 (41,5), 10 (40,8), 13 (39,7).

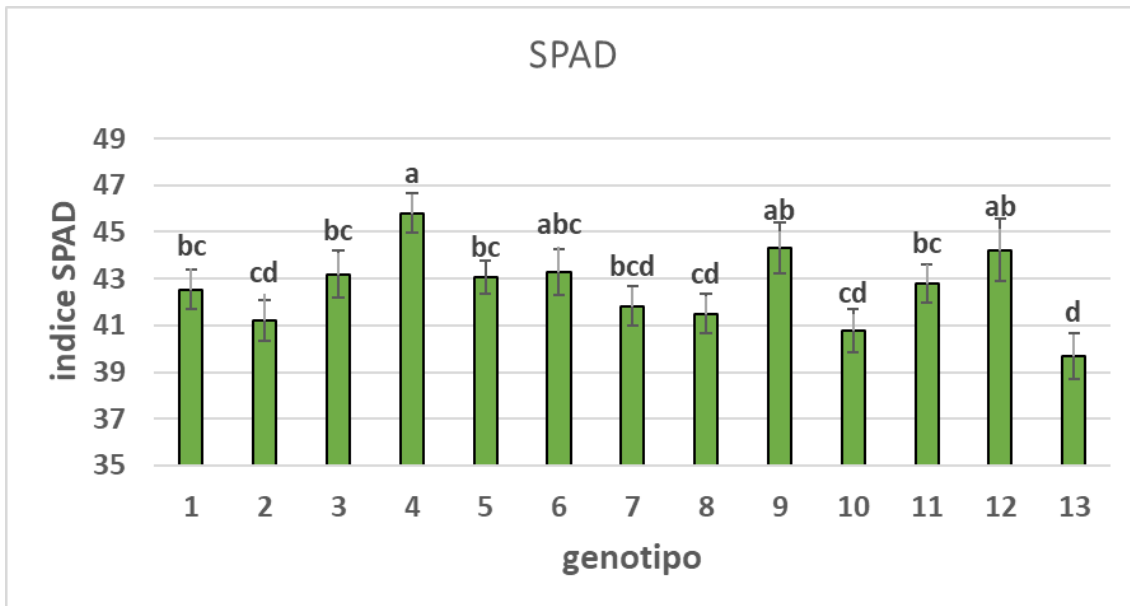


Figura 18. Contenuto medio di clorofilla fogliare dei 13 genotipi osservati. Lettere diverse indicano differenze statisticamente significative con il test di Tukey ($p < 0.05$), la barra dell'errore è stata calcolata come errore standard in base ai dati.

4.3.2 Produzione primaverile

Per quanto riguarda la produzione media ottenuta durante il ciclo primaverile (Fig. 19), si identifica una situazione piuttosto regolare in termini di grammi di frutta prodotti per ciascuna pianta nei 13 genotipi.

Il genotipo 13 ha mostrato una produzione maggiore con 1163 grammi per pianta; seguito dal genotipo 1 (942 grammi per pianta), 2 (933 grammi per pianta), 3 (927 grammi per pianta), 5 (1007 grammi per pianta), 6 (910 grammi per pianta), 7 (922 grammi per pianta), e 10 (887 grammi per pianta).

I restanti genotipi 4, 8, 9, 11 e 12 hanno avuto in media una produzione di 708 grammi per pianta.

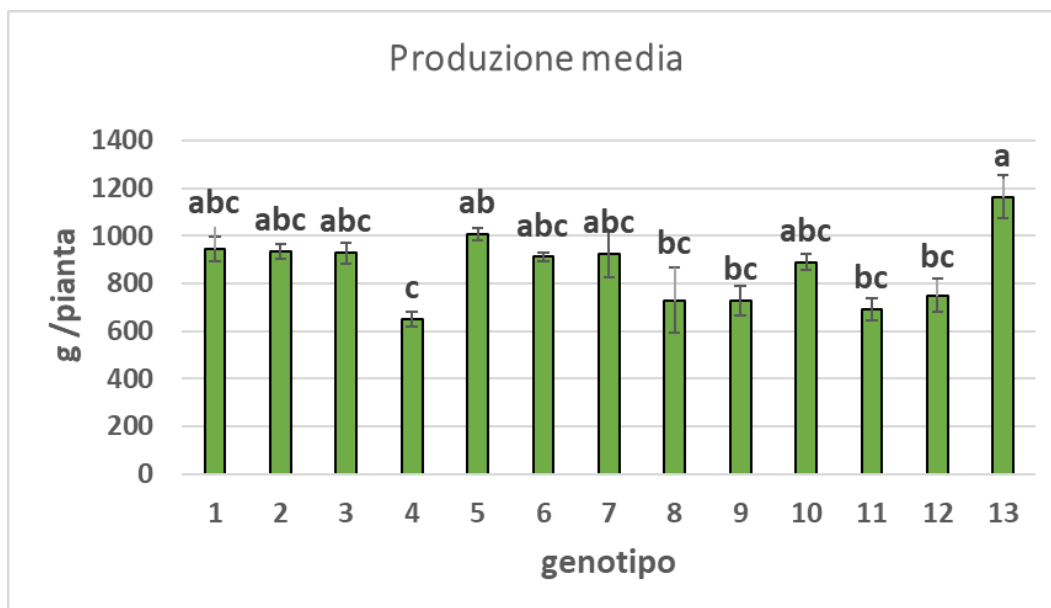


Figura 19. Produzione media (g) di ogni pianta per ogni genotipo di fragola durante il ciclo primaverile, da marzo a giugno 2022. Lettere diverse indicano differenze statisticamente significative con il test di Tukey ($p < 0.05$), la barra dell'errore è stata calcolata come errore standard in base ai dati.

La figura 20 rappresenta l'andamento di produzione cumulata in termini di grammi per pianta per ciascun genotipo rispetto al giorno del trapianto (agosto 2021). Dal grafico si può evincere che l'andamento di produzione delle diverse cultivar ha presentato difformità. I genotipi 8 e 9 presentano una produzione conforme; sono i genotipi più precoci tra i 13 presi in considerazione. In entrambi, le piante iniziano a produrre esponenzialmente, ma poi la resa tende a stabilizzarsi.

I genotipi 3, 5, 6, 7 e 10 cominciano a produrre leggermente dopo, rispetto alle due cultivar più precoci e la loro produzione è in crescita esponenziale dall'inizio fino a poco prima della fine del ciclo produttivo, dove il rendimento si stabilizza.

Il genotipo 13 presenta un andamento particolare, si classifica come genotipo tardivo, rispetto alle altre cultivar di questa prova. Dopo il periodo di stabilità, la sua produzione attraversa una fase di produzione che cresce in maniera spiccata e che conferisce una resa concentrata.

I genotipi 4, 11 e 12 forniscono una produzione con una crescita meno marcata o evidente o notevole.

I genotipi 1 e 2 sono gli ultimi ad iniziare a produrre e il loro rendimento è esponenziale.

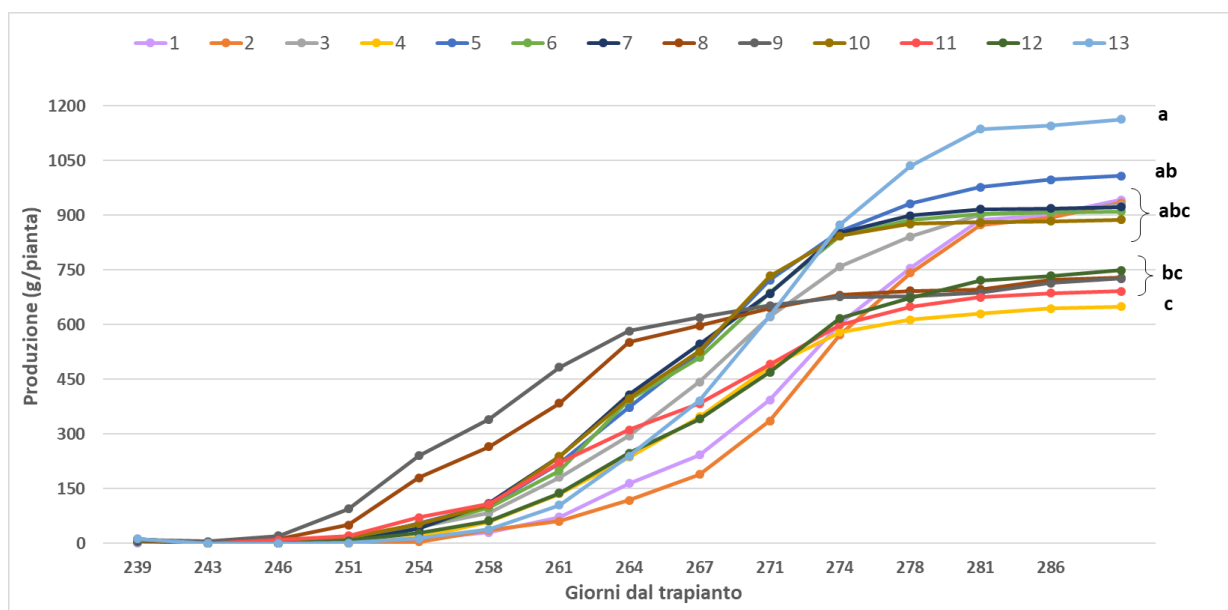


Figura 20. Andamento della produzione cumulata espressa in grammi/pianta dei 13 genotipi studiati. Lettere diverse indicano differenze statisticamente significative con il test di Tukey ($p < 0.05$).

4.3.3 Rilievi morfo-ponderali

I 13 genotipi oggetto di studio hanno presentato differenze significative in termini di pezzatura del frutto. La tabella 4, descrive diametro, altezza e peso medio dei frutti e riportato a destra di ogni colonna è espresso l'errore standard.

Prendendo in considerazione il diametro medio dei frutti, dalla tabella x si desume che i genotipi 4, 5, 6 e 13 mostrano tra loro valori simili, con una media del diametro dei frutti pari a 34,94 millimetri. A seguire i genotipi 2, 3, 7, 12 con una media del diametro dei frutti pari a 33,07 millimetri ed infine i genotipi 1, 8, 9, 10 e 11 con una media del diametro dei frutti pari a 31,9 millimetri.

Per quanto riguarda invece l'altezza media dei frutti, dalla tabella si evince che la situazione non presenta sostanziali differenze, al contrario, il quadro è omogeneo e l'altezza media complessiva di tutti i genotipi si attesta pari a 42,33 millimetri.

Il quadro generale del peso dei frutti, invece, risulta essere variabile; i genotipi 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10 e 13 non mostrano sostanziali differenze tra loro e il peso medio dei frutti è pari a 24,15 grammi. A seguire i genotipi 1, 2, 3, 11 e 12 con un peso medio dei frutti pari a 19,26 grammi.

Tabella 4. Descrizione della pezzatura media del frutto per ogni genotipo, descritta in diametro (mm), altezza (mm) e peso (g). Lettere diverse indicano differenze statisticamente significative con il test di Tukey ($p < 0.05$).

Genotipo	Diametro (mm)		Altezza (mm)		Peso (g)	
1	32.4 cd	± 0.49	48.6 ab	± 0.78	20.2 cde	± 0.71
2	33.1 bc	± 0.55	45.4 a	± 0.70	18.5 de	± 0.25
3	33.0 bc	± 0.39	44.1 ab	± 0.63	21.6 bcd	± 0.10
4	35.0 ab	± 0.46	44.2 ab	± 0.59	25.3 ab	± 0.56
5	34.2 abc	± 0.48	46.2 ab	± 0.63	23.6 abc	± 0.19
6	36.3 a	± 0.54	43.2 ab	± 0.64	26.9 a	± 0.22
7	32.8 bc	± 0.46	43.8 ab	± 0.65	22.5 abcd	± 1.19
8	32.4 cd	± 0.40	36.1 b	± 0.51	24.1 abc	± 2.73
9	32.1 cd	± 0.38	42.5 ab	± 0.59	22.3 abcd	± 0.73
10	32.1 cd	± 0.51	42.1 ab	± 0.63	26.5 ab	± 0.87
11	30.5 d	± 0.41	36.4 b	± 0.46	15.7 e	± 0.22
12	33.4 bc	± 0.56	40.0 b	± 0.67	20.3 cde	± 0.29
13	34.2 abc	± 0.61	37.7 b	± 0.82	22.0 abcd	± 0.82

La figura 21 mostra l'evoluzione del diametro medio del frutto durante il ciclo primaverile.

Come si può evincere da questo tracciato l'andamento medio del diametro dei frutti nel ciclo produttivo raggiunge il suo massimo tra l'inizio e il picco di produzione per poi calare dal momento del massimo della produzione, fino alla fine del ciclo di produzione.

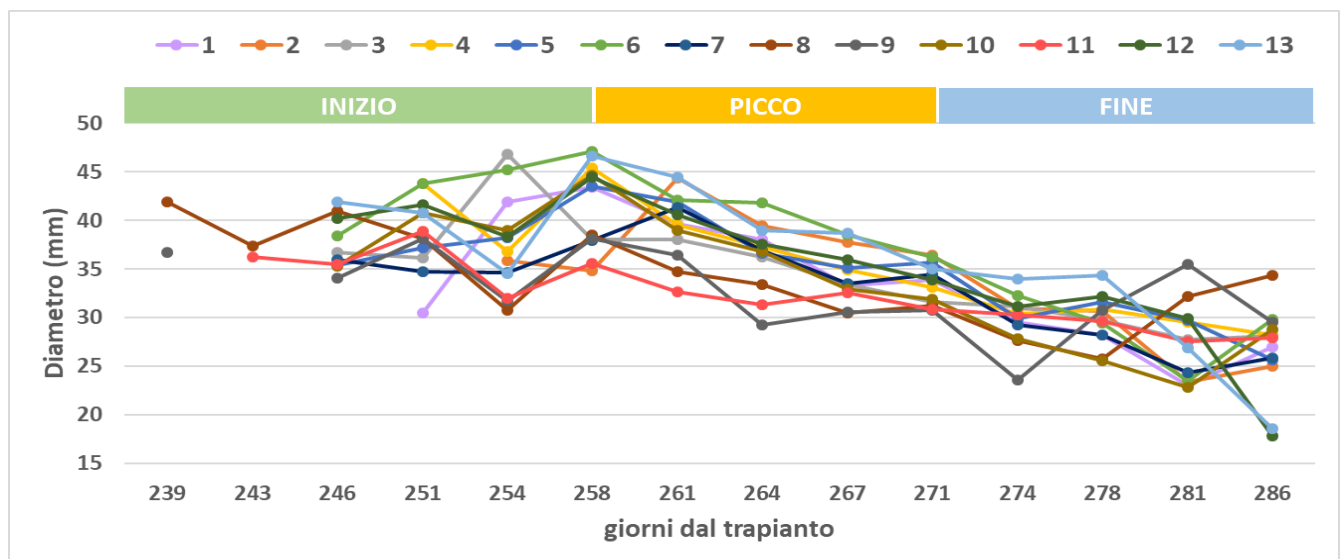


Figura 21. Variazione del diametro medio dei frutti durante il ciclo produttivo primaverile. Non sono state riportate le differenze statistiche per questioni di chiarezza del grafico. L'analisi statistica è stata fatta solamente su diametro medio di tutto il ciclo.

4.3.4 Caratteri qualitativi del frutto

• Contenuto di Sostanza Secca

Come si evince dal grafico sotto riportato (Fig. 22), la sostanza secca (%) ottenuta da ciascun genotipo mostra delle differenze. I genotipi 11(9,63), 12 (9,34) e 4 (9,12) risultano essere simili tra loro e non mostrano sostanziali differenze con i genotipi 1 (7,94), 2 (8,56), 7 (7,92), 8 (8,85), 9 (7,74) e 10 (8,20). A seguire i genotipi 5 (7,06), 6 (7,28) e 13 (6,47).

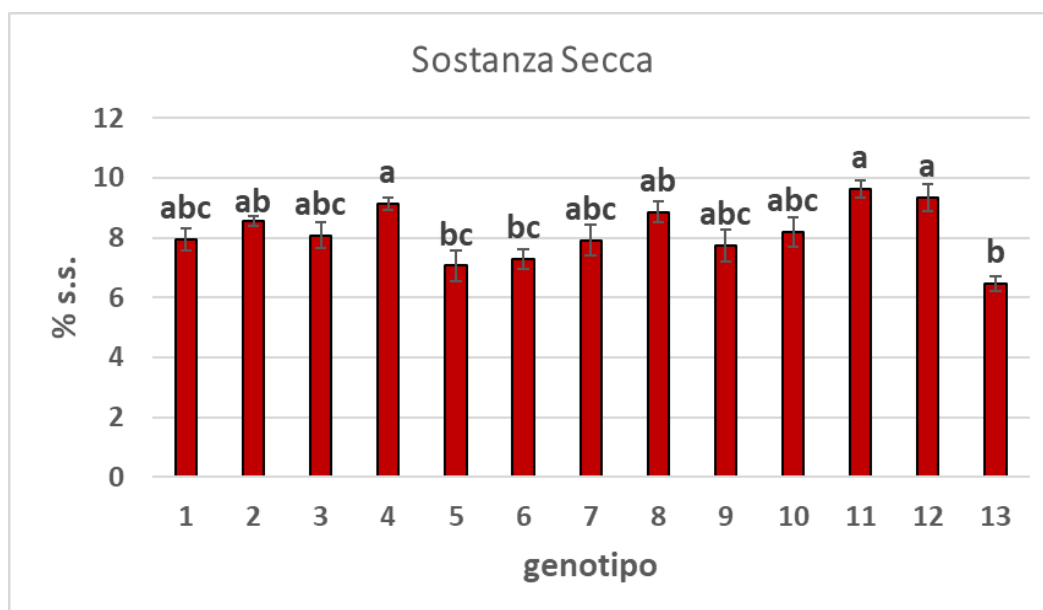


Figura 22. Sostanza secca in % misurata nei frutti dei 13 genotipi studiati. Lettere diverse indicano differenze statisticamente significative secondo il test di Tukey ($p < 0.05$).

• Contenuto di Solidi Solubili

Dai risultati ottenuti a seguito dell'analisi del residuo secco rifrattometrico (Fig. 23), si osserva come il genotipo 12 ha presentato una media di solidi solubili, misurati in gradi °Brix pari a 9,1; leggermente superiore al genotipo 2 (7,4 ° Brix), 4 (7,9 ° Brix), 6 (7,5 ° Brix), 9 (7,5 ° Brix), 11 (7,5 ° Brix), e 13 (7,4 ° Brix).

A seguire i restanti genotipi, 1, 3, 5, 7, 8 e 10 con una media di solidi solubili pari a 6,61 °Brix.

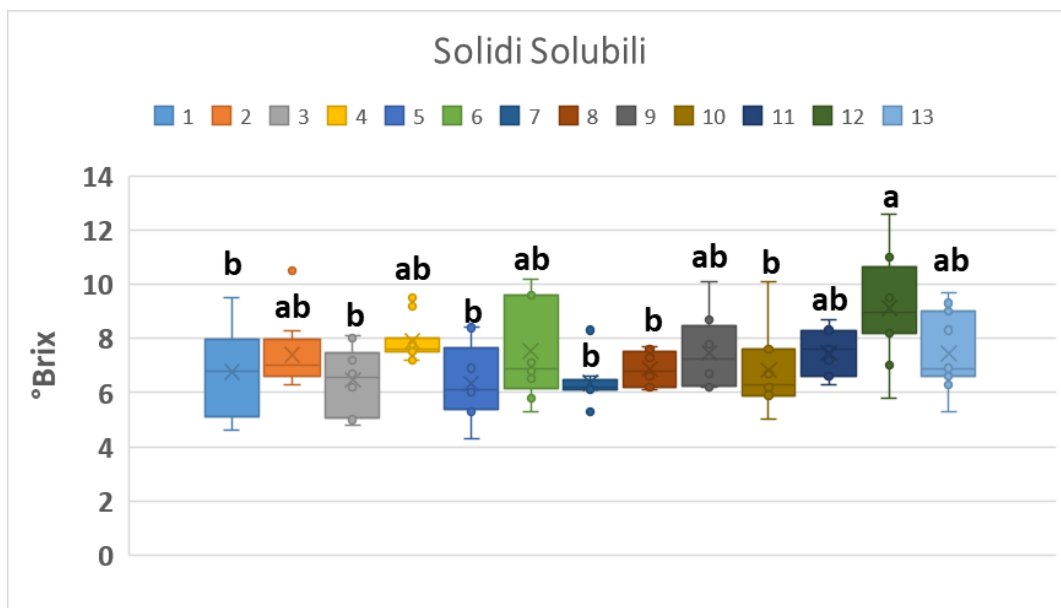


Figura 23. Contenuto di solidi solubili (°Brix) del succo estratto dai frutti dei 13 genotipi studiati. Lettere diverse indicano differenze statisticamente significative secondo il test di Tukey ($p < 0.05$).

• pH

Una situazione simile a quella verificata nell'analisi sopra riportata si riscontra anche nella figura 24 a seguito dell'analisi in laboratorio del pH.

Il pH più alto è stato riscontrato nel succo del genotipo 3 (3,7), ma il risultato non si caratterizza significativamente differente rispetto ai genotipi 1 (3,6), 2 (3,6), 4 (3,6), 5 (3,4), 7 (3,6), 8 (3,5), 9 (3,6), 10 (3,5), 11 (3,5), 12 (3,4), e 13 (3,4). In media il pH è stato 3,58.

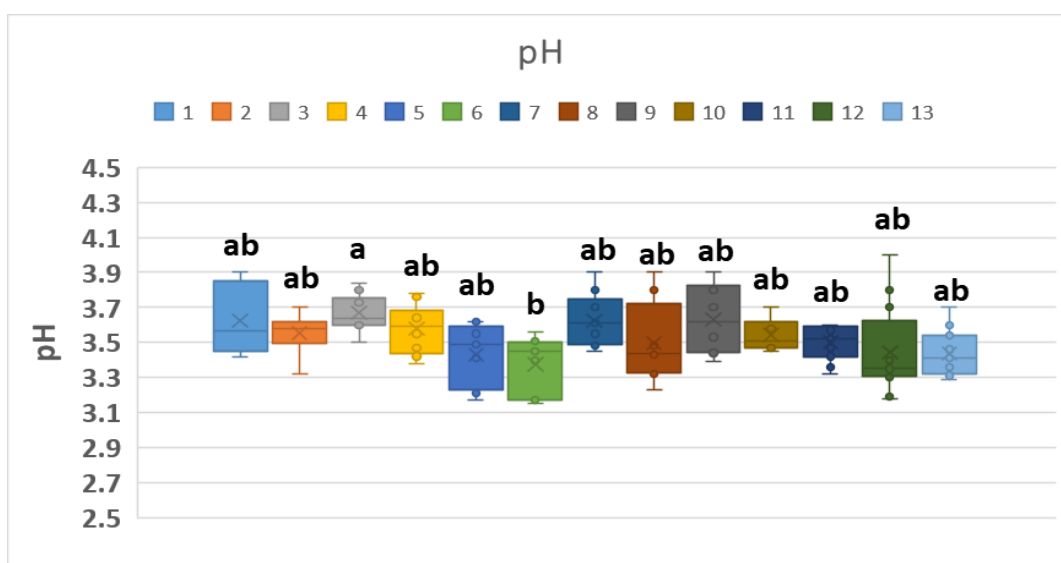


Figura 24. Valore di pH del succo estratto dai frutti dei 13 genotipi studiati. Lettere diverse indicano differenze statisticamente significative secondo il test di Tukey ($p < 0.05$).

• Conducibilità elettrica

I valori medi della conducibilità elettrica del succo dei 13 genotipi di fragola sono stati riportati in figura 25. Complessivamente, il quadro generale non mostra differenze significative. I valori maggiori sono stati riscontrati nei succhi dei genotipi 12 (2,56 mS/cm), 8 (2,55 mS/cm) e 7 (2,45 mS/cm). In media, gli altri genotipi presentano un valore pari a 2,21 mS/cm).

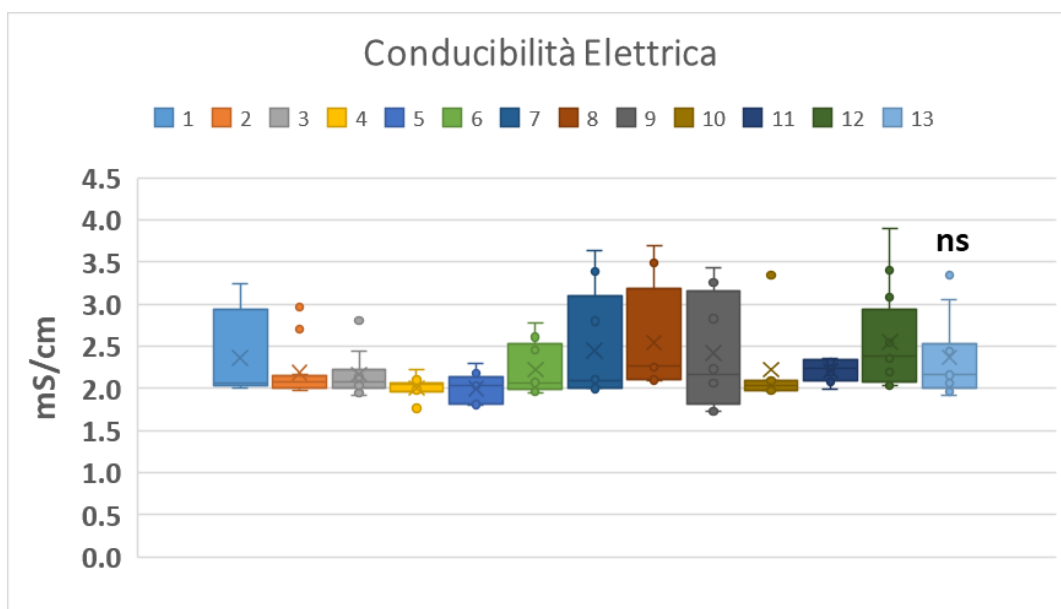


Figura 25. Valore di conducibilità elettrica (mS/cm) del succo estratto dai frutti dei 13 genotipi studiati. Lettere diverse indicano differenze statisticamente significative secondo il test di Tukey ($p < 0.05$). *Ns* indica l'assenza di differenze significative tra le medie.

• Acidità titolabile

Dalla Figura (26) si evince che il genotipo 12 presenta un'acidità titolabile media pari a 14,10 mg di acido citrico/100ml, in linea con i genotipi 1 (11,67), 2 (11,78), 5 (11,24), 6 (13,69), 8 (13,31), 9 (10,47), 10 (10,40), 11 (11,75) e 13 (12,97).

Il genotipo 7 (9,86) non presenta sostanziali differenze con i genotipi 3 (9,62) e 4 (9,37).

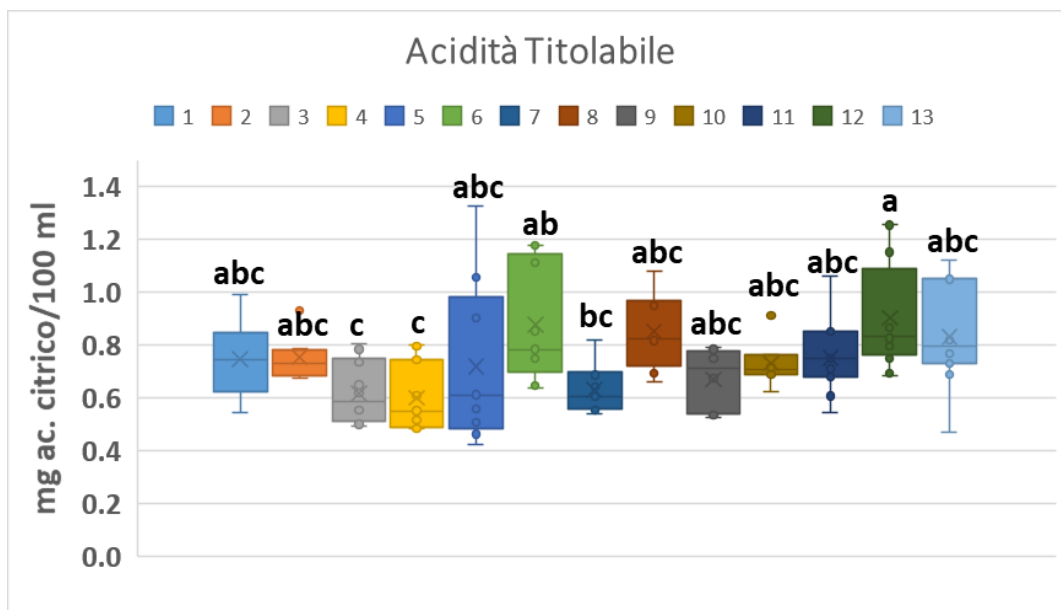


Figura 26. Valore di acidità titolabile in mg di acido citrico/100 ml del succo estratto dai frutti dei 13 genotipi studiati. Lettere diverse indicano differenze statisticamente significative secondo il test di Tukey ($p < 0.05$).

Il colorimetro preso in considerazione fornisce le coordinate colorimetriche secondo lo standard internazionale CIE Lab L^* , a^* , b^* .

Il primo parametro, descritto dalla figura 27, rappresenta la lucentezza. I genotipi 1, 2, 4, 5, 8 e 10 presentano una lucentezza L pari a 43, sono dunque cultivar caratterizzate da un frutto più luminoso; a seguire i genotipi 3, 6, 7, 9 e 13 con L pari a 42; il genotipo 11 con L pari a 41 e il genotipo 12 con L pari a 40.

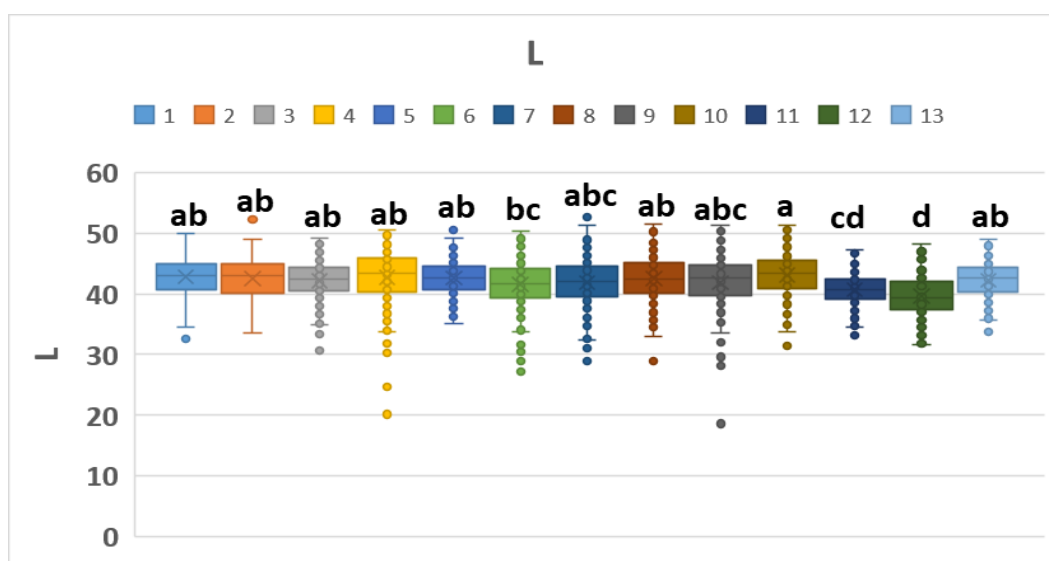


Figura 27. Parametro L del colorimetro tristimolo. Lettere diverse indicano differenze statisticamente significative secondo il test di Tukey ($p < 0.05$).

Il secondo parametro, descritto dalla figura 28 rappresenta la variazione del colore dal rosso al verde, se positivo il colore tenderà verso il rosso, se negativo verso il verde.

I genotipi 4, 8 e 10 presentano un valore medio a pari a 30, i genotipi 1, 2, 3, 5, 7 e 9 pari a 29, i genotipi 6 e 11 pari a 28, il genotipo 13 pari a 27 e il 12 pari a 25. Chiaramente i valori sono positivi in quanto le fragole prese in considerazione sono mature e quindi rosse.

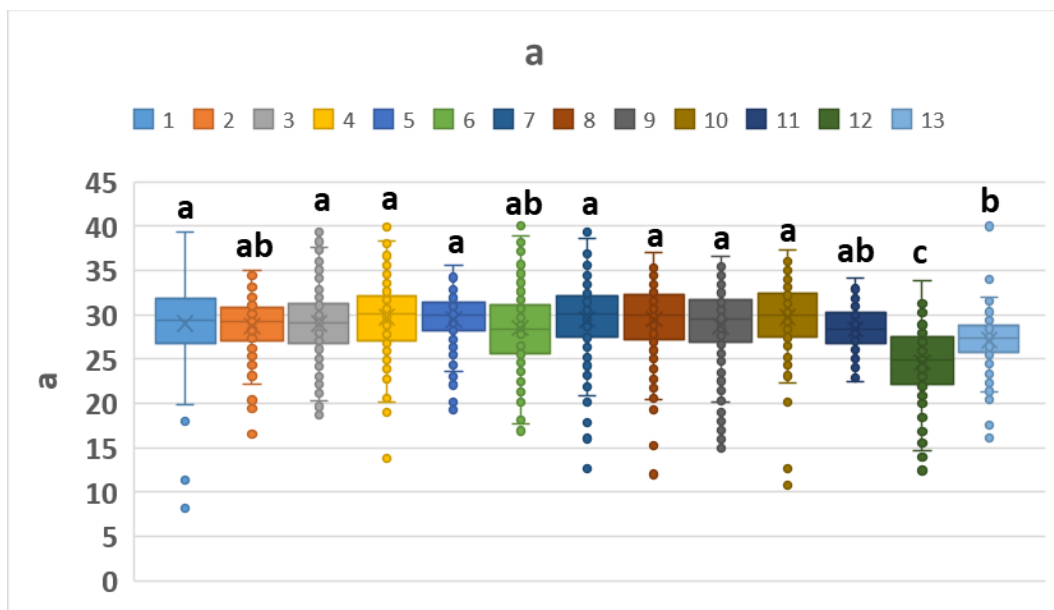


Figura 28. Parametro a del colorimetro tristimolo Lettere diverse indicano differenze statisticamente significative secondo il test di Tukey ($p < 0.05$).

Il terzo parametro, descritto dalla figura 29 rappresenta la variazione del colore dal giallo al blu, se positivo il colore tenderà verso il giallo, se negativo verso il blu.

In questo caso le diverse cultivar risultano avere sostanziali differenze tra loro e l'andamento del parametro è più variabile.

Il valore più elevato lo presenta la cultivar 10 (b=16), seguito dalla 4 e dalla 8 (b=15), 1 (b=14), 3, 5, 6, 7 (b=13); 2, 9, 11 e 13 (b=12) e infine la cultivar 12 con b pari 7,9.

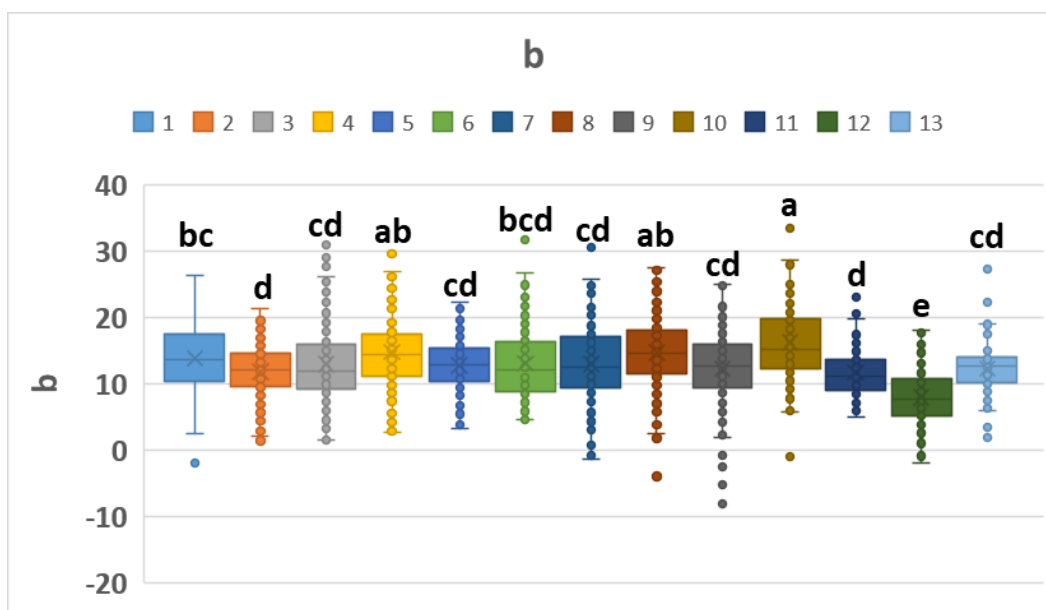


Figura 29. Parametro *b* del colorimetro tristimolo. Lettere diverse indicano differenze statisticamente significative secondo il test di Tukey ($p < 0.05$).

• Durezza

La tabella 5 descrive la durezza media del frutto per ogni genotipo preso in analisi. Le tre colonne identificano i tre momenti del ciclo produttivo in cui è stata effettuata l'analisi.

All'inizio del ciclo produttivo in media i genotipi presentano un valore della durezza del frutto pari a 3300,1 grammi. I genotipi 1, 3, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11 e 13 presentano frutti caratterizzati da una durezza maggiore, significativamente differenti rispetto al genotipo 12. Valori di durezza dei frutti intermedi sono stati presentati dai genotipi 2 e 4.

Nel picco della produzione, in media i genotipi presentano un valore della durezza del frutto pari a 2151,1 grammi. In questa fase del ciclo produttivo i frutti dei diversi genotipi presentano valori di durezza del frutto meno variabili e meno significativamente differenti. I genotipi 1, 2, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11 e 13 presentano frutti caratterizzati da una durezza maggiore. I restanti genotipi (3, 4 e 12) presentano frutti con durezza minore.

Alla fine della produzione, in media i genotipi presentano un valore della durezza del frutto pari a 2158,3 grammi. In questa fase del ciclo produttivo i genotipi 4, 5, 7, 8, 9, 11, 12 e 13 presentano frutti con durezza maggiore rispetto ai genotipi 1, 2, 3, 6 e 10.

Tabella 5. Descrizione della durezza media del frutto per ogni genotipo, descritta in grammi (g). Le diverse colonne rappresentano i tre momenti del ciclo produttivo in cui è stata effettuata l'analisi.

Genotipo	Durezza (g)					
	Inizio		Picco		Fine	
1	3658.7	abc	2108.8	abc	1658.5	bc
2	2443.9	bcd	2853.7	a	1250.1	c
3	3131.9	abc	1661.5	bc	1391.0	c
4	2326.1	cd	1306.7	c	2160.0	abc
5	3170.8	abc	2104.6	abc	2154.8	abc
6	4074.3	a	2827.2	a	1426.4	bc
7	3919.5	a	2833.7	a	3146.2	ab
8	4040.7	a	3079.2	a	2891.6	abc
9	3319.2	abc	2175.3	abc	3704.3	a
10	3668.4	ab	2756.9	a	1742.1	bc
11	3693.8	abc	2149.1	abc	1964.6	abc
12	1762.0	d	1582.5	c	2127.6	abc
13	3692.1	abc	2629.6	ab	2441.6	abc

La figura 30 descrive l'andamento della durezza media dei frutti di ciascun genotipo durante il ciclo produttivo primaverile. Come mostrato nella tabella sopra riportata la durezza dei frutti, in generale, risulta essere maggiore nella fase iniziale del ciclo produttivo e tende a decrescere nelle fasi successive, con eccezione della durezza dei frutti di alcuni genotipi che presentano uno sviluppo differente. Sono in particolare i genotipi 4, 9, 11, e 12 a presentare solidità del frutto inizialmente elevata, che decresce nel picco di produzione e torna ad aumentare nella fase finale del ciclo produttivo.

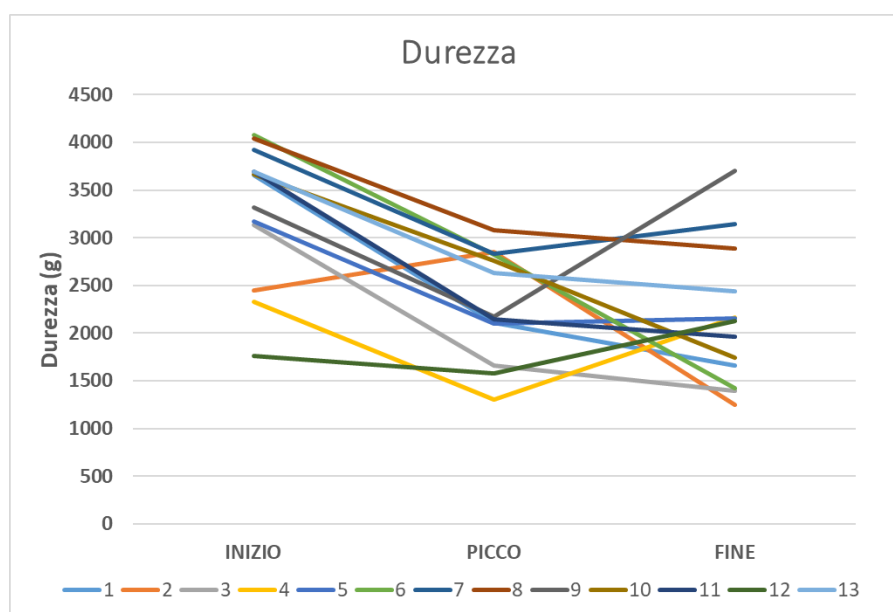


Figura 30 Variazione della durezza media dei frutti durante il ciclo produttivo primaverile. Non sono state riportate le differenze statistiche per questioni di chiarezza del grafico.

• Coesività

La tabella 6 descrive la coesività media del frutto per ogni genotipo preso in analisi. Le tre colonne identificano i tre momenti del ciclo produttivo in cui è stata effettuata l'analisi.

All'inizio del ciclo produttivo in media i genotipi presentano un valore della coesività del frutto pari a 0,162. Il quadro generale iniziale non mostra particolari differenze, il genotipo caratterizzato da una coesività del frutto maggiore in questa fase del ciclo produttivo è stato il 13 con un valore medio pari a 0,231, cifra non significativamente diversa rispetto a quello dei genotipi 1, 2, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12 che a loro volta hanno coesività conforme a quella del genotipo 3.

Nel picco della produzione, in media i genotipi presentano un valore della coesività del frutto pari a 0,129. In questa fase del ciclo produttivo i genotipi caratterizzati da coesività maggiore sono stati il 3, 5, 6, 7, 9, 10, 11 e 13, con valori discretamente differenti rispetto al genotipo 4. Valori intermedi sono stati riscontrati nei frutti dei genotipi 1, 2, 8 e 12.

Alla fine della produzione, in media i genotipi presentano un valore della coesività del frutto pari a 0,056. In questa fase del ciclo produttivo non ci sono state differenze significative nei valori di coesività dei frutti nei 13 genotipi presi in analisi.

Tabella 6. Descrizione della coesività (parametro adimensionale) media del frutto per ogni genotipo. Le diverse colonne rappresentano i tre momenti del ciclo produttivo in cui è stata effettuata l'analisi.

Genotipo	Coesività					
	Inizio		Picco		Fine	
1	0.159	ab	0.102	bc	0.042	ns
2	0.210	ab	0.102	bc	0.038	
3	0.128	b	0.138	ab	0.046	
4	0.156	ab	0.074	c	0.045	
5	0.145	ab	0.138	ab	0.051	
6	0.142	ab	0.190	a	0.047	
7	0.137	ab	0.134	abc	0.083	
8	0.165	ab	0.106	bc	0.070	
9	0.172	ab	0.147	ab	0.070	
10	0.157	ab	0.144	ab	0.057	
11	0.131	ab	0.131	abc	0.060	
12	0.168	ab	0.105	bc	0.046	
13	0.231	a	0.160	ab	0.066	

La figura 31 descrive l'andamento della coesività media dei frutti di ciascun genotipo durante il ciclo produttivo primaverile. L'andamento generale della coesività dei frutti dei 13 genotipi è differente. Un comportamento particolare dello sviluppo della coesività dei frutti nel ciclo produttivo lo presenta il genotipo 6, il quale mostra una rapida crescita esponenziale dall'inizio al picco produttivo e una

rapida decrescita del valore della coesività dei frutti da quel punto alla fine del corso di produzione. I genotipi 3, 5, 7, 9, 10 e 11 presentano uno sviluppo simile: il valore di coesività dei frutti tende a decrescere lentamente nella fase iniziale del ciclo produttivo fino al picco di produzione, a partire dal quale la decrescita del valore risulta essere più dinamica. I genotipi 1, 12 e 13 presentano una decrescita del valore di coesività media dei frutti costante. I genotipi 2, 4, e 8 presentano una coesività dei frutti che tende a ridursi molto rapidamente dall'inizio del ciclo produttivo fino al picco di produzione e poi la decrescita è più attenuata.

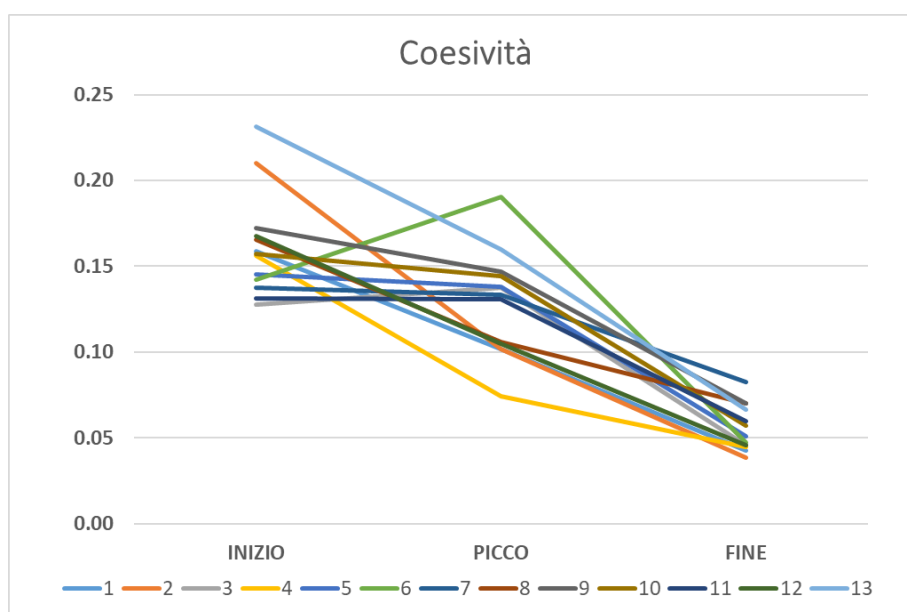


Figura 31. Variazione della coesività media dei frutti durante il ciclo produttivo primaverile. Non sono state riportate le differenze statistiche per questioni di chiarezza del grafico.

• Gommosità

La tabella 7 descrive la gommosità media del frutto per ogni genotipo preso in analisi. Le tre colonne identificano i tre momenti del ciclo produttivo in cui è stata effettuata l'analisi.

All'inizio del ciclo produttivo, in media i genotipi presentano un valore della gommosità del frutto pari a 498,78. All'inizio del ciclo di produzione il quadro dei valori di produzione è sostanzialmente omogeneo. I valori di gommosità minori caratterizzano i genotipi 3, 4 e 12. Tutti gli altri genotipi (1, 2, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11 e 13) presentano gommosità più elevata (267,28).

Nel picco della produzione, in media i genotipi presentano un valore della gommosità del frutto pari a 304,88. I valori incontrati presentano sostanziali differenze tra loro. I valori di gommosità maggiori nel picco produttivo sono stati riscontrati nei genotipi 6, 10 e 13 con una gommosità media pari a 459,23, non sostanzialmente differente rispetto a quella dei genotipi 2, 7, 8, 9 e 11 (media = 319,204)

ma sostanzialmente differente rispetto alla gommosità dei genotipi 4 (97,1) e 12 (166,7). Valori intermedi sono stati presentati dai genotipi 1, 3, 5,

Alla fine della produzione, in media i genotipi presentano un valore della gommosità del frutto pari a 155,72. Il quadro dei valori di gommosità alla fine del ciclo produttivo è omogeneo. Il valore maggiore lo presenta il genotipo 7 (371,5), cifra significativamente differente rispetto ai valori dei genotipi 2 e 3 ma non sostanzialmente differente rispetto ai valori dei genotipi 1, 4, 5, 6, 8, 9, 10, 11, 12 e 13.

Tabella 7. Descrizione della gommosità media del frutto per ogni genotipo. Le diverse colonne rappresentano i tre momenti del ciclo produttivo in cui è stata effettuata l'analisi.

<i>Genotipo</i>	<i>Gommosità</i>					
	<i>Inizio</i>		<i>Picco</i>		<i>Fine</i>	
1	594.1	ab	214.1	bcd	70.6	ab
2	506.3	abc	291.4	abcd	49.4	b
3	402.6	bc	225.1	bcd	67.8	b
4	354.6	bc	97.1	d	105.2	ab
5	464.4	abc	287.6	bcd	137.1	ab
6	556.9	ab	521.5	a	72.5	ab
7	529.0	ab	382.3	abc	371.5	a
8	593.6	ab	337.2	abcd	268.0	ab
9	518.5	abc	307.5	abcd	337.2	ab
10	508.7	abc	434.9	ab	128.3	ab
11	484.3	abc	276.8	abcd	120.7	ab
12	293.3	c	166.7	cd	102.3	ab
13	677.8	a	421.3	ab	193.8	ab

Il grafico (Fig. 32) descrive l'andamento della gommosità media dei frutti di ciascun genotipo durante il ciclo produttivo primaverile. L'andamento dei valori di gommosità dei diversi genotipi è vario, soprattutto nella fase centrale del ciclo produttivo (come mostra la tabella sopra riportata). Tutti i genotipi presentano, alla fine del ciclo produttivo, valori di gommosità dei frutti minore rispetto a quelli riscontrati all'inizio della produzione. Rispetto agli altri, il genotipo 6 presenta uno sviluppo particolare, in una prima fase (dall'inizio al picco della produzione) mantiene un livello di gommosità indicativamente costante, ma a partire dal picco di produzione fino alla fine del ciclo produttivo la decrescita del livello di gommosità è rapida.

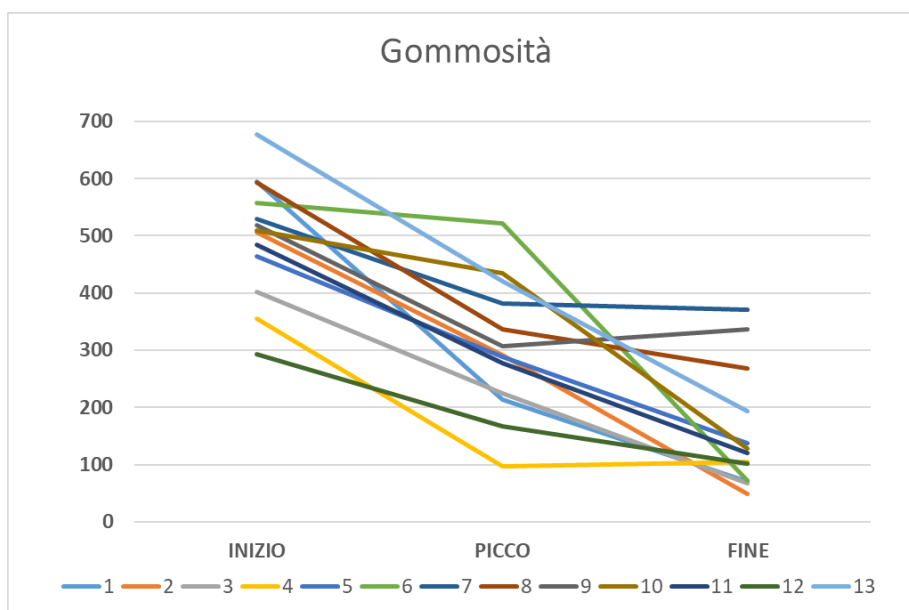


Figura 32. *Variazione della gommosità media dei frutti durante il ciclo produttivo primaverile. Non sono state riportate le differenze statistiche per questioni di chiarezza del grafico.*

• Resilienza

La tabella 8 descrive la resilienza media del frutto per ogni genotipo preso in analisi. Le tre colonne identificano i tre momenti del ciclo produttivo in cui è stata effettuata l'analisi.

All'inizio del ciclo produttivo, in media i genotipi presentano un valore della resilienza del frutto pari a 0,03. In questa fase del ciclo di produzione il genotipo 9 mostra resilienza maggiore (pari a 0,205) valore nettamente differente rispetto a quello dei genotipi 1, 2, 3, 4, 8, 10, 11, 12, e 13 che presentano in media un valore pari a 0,001. Valori intermedi sono stati riscontrati nei genotipi 5, 6 e 7.

Nel picco della produzione, in media i genotipi presentano un valore della resilienza del frutto pari a 0,17. In questa fase del ciclo di produzione il valore di resilienza maggiore lo presenta il genotipo 8 (1,304), valore sostanzialmente differente rispetto a tutti gli altri genotipi.

Alla fine della produzione, in media i genotipi presentano un valore della resilienza del frutto pari a 1,3. Il grafico 33 descrive l'andamento della resilienza media dei frutti di ciascun genotipo durante il ciclo produttivo primaverile. Il genotipo 8 presenta un andamento del valore di resilienza medio di tutto il ciclo produttivo, differente rispetto a tutti gli altri genotipi presi in analisi. Mentre i genotipi 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 9, 10, 11, 12 e 13 hanno una resilienza che aumenta lentamente dall'inizio al picco produttivo, il genotipo 8 parte con un valore di resilienza che aumenta esponenzialmente e poi si mantiene stabile.

Tabella 8. Descrizione della resilienza media del frutto per ogni genotipo. Le diverse colonne rappresentano i tre momenti del ciclo produttivo in cui è stata effettuata l'analisi.

Genotipo	Resilienza					
	Inizio		Picco		Fine	
1	0.001	b	0.001	b	1.226	ab
2	0.002	b	0.001	b	2.004	a
3	0.001	b	0.002	b	1.571	ab
4	0.001	b	0.001	b	1.061	ab
5	0.088	ab	0.001	b	1.191	ab
6	0.049	ab	0.001	b	1.583	ab
7	0.067	ab	0.001	b	1.359	ab
8	0.001	b	1.304	a	1.341	ab
9	0.205	a	0.069	b	0.709	b
10	0.001	b	0.402	b	1.546	ab
11	0.001	b	0.359	b	1.087	ab
12	0.002	b	0.001	b	1.147	ab
13	0.001	b	0.001	b	1.108	ab

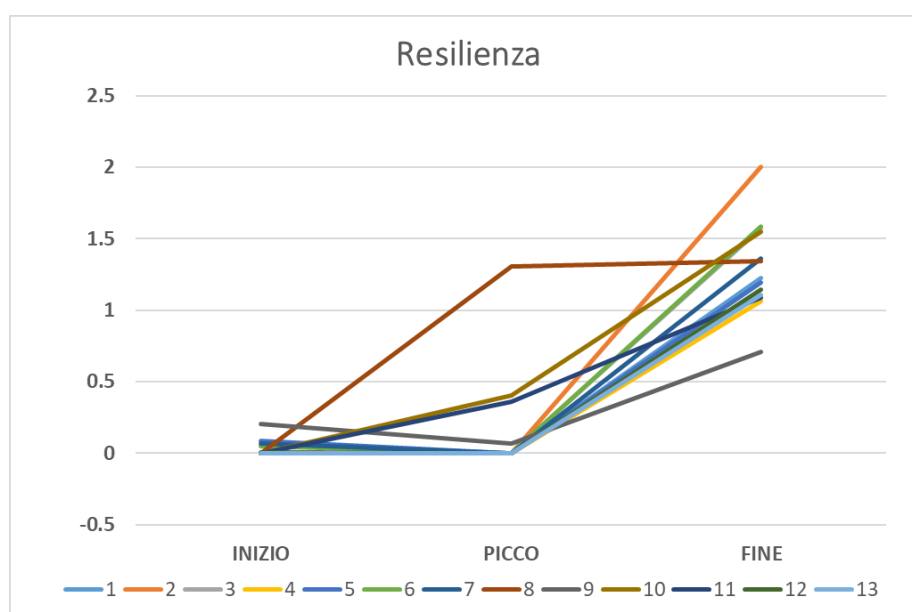


Figura 33. Variazione della resilienza media dei frutti durante il ciclo produttivo primaverile. Non sono state riportate le differenze statistiche per questioni di chiarezza del grafico.

5. DISCUSSIONE

Lo scopo di questo lavoro di tesi è stato il confronto e la caratterizzazione di 3 cultivar di fragola ampiamente coltivate nell'areale veronese (Lycia, Sibilla e Aprica) con 10 nuove accessioni varietali. La ricerca ha avuto come obiettivo finale l'identificazione di genotipi che presentino un buon connubio tra produttività, qualità organolettica e aspetti nutrizionali. Nel ciclo produttivo autunnale, il genotipo 2 ha evidenziato una produzione media di 303 grammi per pianta, superiore rispetto a tutti gli altri genotipi presi in analisi. Questo valore si presenta in linea con i risultati ottenuti in una prova sperimentale analoga nella quale Funaro et al. (2013) ha ottenuto un valore massimo di produttività pari a 400 g/pianta. Per quanto riguarda il ciclo produttivo primaverile, invece, la cultivar Aprica (genotipo 13) ha ottenuto una produzione media superiore rispetto agli altri genotipi con una resa di 1163 grammi per pianta, seguita dal genotipo 5 con 1007 grammi per pianta e dai genotipi 1, 2, 3 e 7 con una resa di 931 grammi per pianta. I risultati delle rese produttive ottenute si mostrano affini con le linee di resa teoriche, le quali suggeriscono 1114 g/pianta per un intero ciclo produttivo come produzione totale della cultivar Aprica (fonte: scheda varietale del consorzio italiano vivaisti).

L'attività fotosintetica misurata come contenuto di clorofilla fogliare, indice SPAD, dei 13 genotipi è stata maggiore nei genotipi 4, 6, 9 e 12, con rispettivamente valori pari a 45,8; 43,3; 44,3 e 44,2. In media, il contenuto di clorofilla fogliare dei 13 genotipi è risultata pari a 42,64; valore leggermente inferiore rispetto alla prova condotta da Mustafa et al. (2021) i quali hanno ottenuto valori compresi tra 47,10 e 52,53.

Prendendo in considerazione i rilievi morfo-ponderali effettuati sul frutto dopo ogni raccolta, si sono riscontrate differenze significative tra le tesi oggetto di studio in termini di pezzatura del frutto. La pezzatura dei frutti è una delle caratteristiche più importanti delle cultivar di fragola ad alta produttività ed è controllata dalla dimensione del ricettacolo e dal numero degli acheni (Hortýnský et al., 1991). Nel presente studio i genotipi 4, 5, 6 e la cultivar Aprica (genotipo 13) hanno presentato un diametro del frutto maggiore rispetto agli altri (34,94 mm), mentre l'altezza dei frutti in tutti i genotipi non presenta evidenti differenze, ma è per tutti intorno ad un valore di 43 millimetri. I genotipi citati, aventi diametro e altezza maggiori, sono quelli aventi pezzatura maggiori, parametro sempre più ricercato dal consumatore.

Il peso medio dei frutti si riscontra maggiore nei genotipi 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10 e nella cultivar Aprica (genotipo 13) che hanno presentato in media 24,15 grammi per ciascun frutto. In linea con le schede varietali delle cultivar diffuse nel Nord Italia è anche il peso medio dei frutti (23,1g/frutto). Infatti, i genotipi 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10 e la cultivar Aprica (genotipo 13) hanno presentato in media 24,15 g/frutto. (fonte: scheda varietale del consorzio italiano vivaisti). Inoltre, i valori sono conformi a quelli ottenuti

in un analogo studio riguardante gli aspetti produttivi e qualitativi di nuove selezioni di fragola ottenuti con studi di miglioramento genetico a confronto con le principali varietà presenti sul mercato. Lo studio, condotto dall'università di Pisa, ha considerato nuove cultivar di fragola in riferimento ad uno standard varietale calabrese (Sabrina) e il valore minimo di pezzatura del frutto ottenuto si è rivelato pari a 20 g/frutto mentre quello massimo pari a 24 g/frutto, valori che non si differenziano da quelli del presente studio e delle varietà di riferimento (Colosimo, 2021. Mustafa, 2021).

Il frutto, sempre in riferimento alla sua pezzatura, ha mostrato sostanziali differenze in tutto il suo ciclo produttivo: nella fase iniziale (dall'inizio o avvio della produzione al picco produttivo) sono state riscontrate dimensioni maggiori rispetto alle fasi successive, in cui la pezzatura è drasticamente ridotta. Questo potrebbe essere imputabile alla temperatura, come nello studio condotto da Menzel (2021) infatti, si è riscontrata una forte relazione negativa tra la pezzatura media dei frutti e l'aumento della temperatura media giornaliera durante lo sviluppo dei frutti. Considerando, invece, i caratteri qualitativi del frutto e prendendo in analisi il quantitativo di sostanza secca nel frutto, i genotipi che hanno presentato valori più elevati sono stati 11, 12 e 4, con rispettivamente valori pari a 9,63%; 9,34% e 9,12% di sostanza secca. I valori ottenuti sono in linea con i risultati ottenuti da Voća et al. (2008), sull'analisi di 7 diverse cultivar di fragola coltivate in Croazia, in cui il contenuto di sostanza secca (in %) è stato in un range di valori compresi tra 7,11% e 10,76% (con una media di 9,98%), e i valori di Cozzino et al., (2019) con valori di 8,45% e 9,05% di sostanza secca nelle cultivar Sabrina e Candonga.

A seguito delle analisi effettuate in laboratorio del residuo secco rifrattometrico, il genotipo 12 ha presentato una media di solidi solubili, pari a 9,1 °Brix; valore superiore rispetto ai genotipi 4, 6, 9, 11, alla cultivar Aprica (genotipo 13) e Sibilla (genotipo 2) con una media di 7,5 °Brix. I valori ottenuti sono superiori rispetto al contenuto zuccherino presente nelle varietà calabresi considerate da Funaro (2013), Colosimo (2021), e Cozzolino (2019), aventi in media 7,5 – 8 °Brix.

In relazione alle analisi del succo in laboratorio, il valore di pH maggiore è stato riscontrato nel succo del genotipo 3, pari a 3,7 e rispetto agli altri genotipi (3,58). Il valore di pH maggiore, relativo al genotipo 3 (3,7), è quello che Roudeillac e Trajkovski (2004) ritengono il pH minimo che dovrebbe avere un frutto di fragola, indipendentemente dalla cultivar (Estrada-Ortiz E., et al., 2013). I valori di pH maggiori sono nettamente più elevati rispetto al range di valori ottenuto nello studio condotto dall'Università del Piemonte Orientale in cui il pH dei campioni variava tra 3,5 e 4,0 (Todeschini V., et al, 2018). I valori di conducibilità elettrica dei succhi sono stati pari a 2,45 mS/cm, 2,55 mS/cm e 2,56 mS/cm nei genotipi 7, 8 e 12. Invece per quanto riguarda l'acidità titolabile, quest'ultimo genotipo (12) ha presentato valori maggiori rispetto agli altri genotipi (14,10 mg di acido citrico/100 ml di succo) rispetto agli altri genotipi con un valore di 11,92 mg di acido citrico/100ml di succo. I

risultati si sono presentati in linea con quelli ottenuti nello studio condotto presso l'Università di Pisa da Colosimo (2021).

Dal punto di vista qualitativo del colore dei frutti è stato osservato che:

- i frutti con luminosità L maggiore sono stati quelli prodotti dalle cultivar Sybilla (genotipo 2), Licia (genotipo 1) e dai genotipi 4, 5, 8 e 10 con una media pari a 43;
- i frutti caratterizzati da un colore rosso più intenso sono stati quelli prodotti dai genotipi 4, 8 e 10 con una media pari a 30;
- i frutti caratterizzati da un colore rosso tendente al giallo, sono stati quelli prodotti dai genotipi 4, 8 e 10 con una media pari a 15,5.

La media parametri a^* e b^* relativi al colore della superficie del frutto è in linea con i valori medi presenti nelle schede varietali, mentre il valore di lucentezza L^* pari a 43 si presenta come valore tendenzialmente elevato (Faedi et al., 2015).

Diversi studi riportano che il colore, insieme alla pezzatura dei frutti, sono i parametri che il consumatore valuta maggiormente. Ciò che più attrae il consumatore medio sono frutti caratterizzati da una grossa pezzatura e un colore rosso brillante (Voča et al., 2008).

Considerando le analisi strutturali del frutto, come la consistenza e la durezza della polpa dai risultati si evince che l'andamento di questo parametro varia in modo significativo nel ciclo produttivo. In particolare i valori di durezza sono maggiori nella fase iniziale della produzione (mese di aprile) e tendono a decrescere fino alla fine del ciclo produttivo. All'inizio della produzione i genotipi 6 e 8 sono caratterizzati da una durezza del frutto maggiore, nel picco della produzione si aggiunge ai genotipi precedentemente citati il genotipo 10 e la cultivar Sibilla (genotipo 2), mentre alla fine della produzione è il genotipo 9 a mostrare durezza maggiore.

In media, i valori di durezza (misurata in grammi) relativi ai 13 genotipi presi in considerazione a inizio, picco e fine della produzione sono relativamente: 3300,11 (32,37 N); 2151,09 (21,19 N) e 2158,37 (21,17 N).

Come si evince dai risultati il valore di durezza dei 13 genotipi presi in considerazione tende a diminuire nel ciclo produttivo, in maniera analoga ad uno studio condotto da Pădureț et al., (2017) che ha come oggetto di studio tre cultivar di fragola (Corallo, Darselect ed Elsanta) che possiedono come valori di durezza medi, ad inizio, picco e fine del ciclo produttivo valori pari a 22,37 N; 14,54 N e 10,74 N. I valori sono leggermente inferiori rispetto ai risultati ottenuti nel presente studio, ma l'andamento degli stessi nel ciclo produttivo è analogo.

Così come la durezza, anche il parametro di coesività del frutto, ha mostrato un decremento dall'inizio alla fine della produzione per tutti i genotipi studiati. Inizialmente è stata la cultivar Aprica (genotipo 13) a mostrare valori più elevati; nel picco della produzione il quadro è variato leggermente e il valore

di coesività maggiore si è attestato per il genotipo 6, mentre alla fine della produzione non ci sono differenze significative nei valori di coesività dei 13 genotipi.

In media, i valori di coesività relativi ai 13 genotipi presi in considerazione a inizio, picco e fine della produzione sono relativamente: 0,161; 0,129 e 0,055.

Sempre in riferimento allo studio condotto da Pădureț et al., (2017) che riporta valori di coesività medi ad inizio, picco e fine del ciclo produttivo valori pari a: 0,144; 0,086 e 0,076; l'andamento di questo parametro è affine.

Tenendo conto della gommosità dei frutti all'inizio della produzione è la cultivar Aprica (genotipo 13) a mostrare valori più elevati mentre nel picco della produzione gommosità maggiore la presenta il genotipo 6. Alla fine della produzione, invece, è il genotipo 7 a mostrare gommosità più elevata. Anche l'andamento della gommosità media dei frutti di ciascun genotipo nel ciclo produttivo primaverile tende a decrescere dall'inizio alla fine della produzione.

In media, i valori di gommosità relativi ai 13 genotipi presi in considerazione a inizio, picco e fine della produzione sono relativamente: 498,77; 304,88; 155,72.

Riguardo alla gommosità, nello studio condotto in Romania da Pădureț et al., (2017) i valori ottenuti corrispondono relativamente a 3,37 (inizio produzione); 1,18 (picco di produzione) e 0,82 (fine produzione). Sebbene i valori siano nettamente difforni, anche in questo caso è analogo l'andamento decrescente nel ciclo produttivo.

Considerando la resilienza dei frutti, è il genotipo 9 a presentare un valore maggiore all'inizio della produzione, mentre nel picco produttivo il valore si attesta al genotipo 8 e alla fine del ciclo al genotipo 2. L'andamento della resilienza media dei frutti di ciascun genotipo nel ciclo produttivo primaverile cresce dall'inizio alla fine della produzione. Il valore cresce in maniera graduata dall'inizio al picco produttivo, ma da questo punto alla fine del ciclo produttivo la crescita è spedita.

6. CONCLUSIONI

Questo lavoro di tesi si è basato sul confronto e la caratterizzazione di 10 nuove accessioni varietali di fragola con 3 cultivar ampiamente diffuse nell'areale veronese (Lycia, Sibilla e Aprica) con lo scopo di trovare la più performante.

Come emerso dai risultati, se un genotipo presenta un carattere con valori eccellenti, al tempo stesso diverse sono le criticità legate alle altre caratteristiche prese in considerazione.

Se, come in passato, l'obiettivo più importante era attribuito alla resa quantitativa e le esigenze del consumatore finale passavano in secondo piano, il genotipo 2 nel ciclo autunnale e la cultivar Aprica seguita dal genotipo 5 nel ciclo primaverile, si classificherebbero come le migliori varietà. Tuttavia, l'attuale crescita d'interesse verso obiettivi specifici che considerano l'epoca di maturazione, la pezzatura, la consistenza del frutto, la qualità organolettica e la resistenza delle piante alle malattie, porta a prendere in considerazione anche parametri qualitativi e morfo-ponderali.

A tal proposito, se si prendono in considerazione i parametri più valutati dal consumatore (dolcezza e pezzatura) spiccano il genotipo 12, avente un contenuto di solidi solubili pari a 9,1 °Brix molto elevato rispetto alla media e i genotipi 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10 e la cultivar Aprica (genotipo 13) che presentano in media frutti di 24,15 g.

Nel complesso per la molteplicità degli elementi e degli aspetti che hanno caratterizzato il presente lavoro, si ritiene necessario lo studio dei risultati produttivi e qualitativi del prossimo ciclo di produzione per confermare gli esiti attualmente ottenuti.

Bibliografia

A.A.V.V., 2010. La fragola, coordinamento scientifico di Faedi W. Collana Coltura&Cultura, ideata e coordinata da R. Angelini, Bayer Cropscience, Ed.Script, Bologna, pp 548.

A.A. V.V., 2002. Monografia di cultivar di fragole coord. Faedi W., Baruzzi G., Lovati F., Sbrighi P., Lucchi P., Pogetto finalizzato MiPAAF “*Liste di orientamento varietale dei fruttiferi*”, pubbl. 201

Angelini R., Faedi W., Ponti I., Marmioli E., “*Collana Coltura & Cultura - La fragola.*” Cenate Sotto (BG), ART Servizi Editoriali S.p.A., 2010

Molinari P., Vinante P., “*La coltivazione della fragola e dei piccoli frutti in Trentino.*” Trento, notiziario tecnico economico dell’Ente per lo sviluppo dell’agricoltura trentina, 2010

Pachioli S., “*Guida alla coltivazione e difesa: Fragola – lampone – mirtillo.*” Roseto degli Abruzzi (TE), Tipografia Rosetana, 2021

Baldini E., Scaramuzzi F., “*Frutticoltura anni 80 – La fragola.*” Conegliano (TV), Stabilimento grafico di Reda, 1980

Bonomo G., Catalano G., 2003. “*Bene la solarizzazione per la fragola.*” Supplemento a L’Informatore Agrario, 24: 1-2.

Bonomo G., Catalano G., 2007. “*Più precoci, grandi e colorate le nuove fragole siciliane.*” Terra e vita, p. 13, 59-60.

Baldini E., Branzati C., “*Principali cultivar di fragola – Istituto di coltivazioni arboree dell’Università di Bologna.*” Bologna, produzioni grafiche moderne Giovacchini, 1964

Brunello B. “*Trend produttivi e commerciali dell’ultimo decennio in Italia.*” Rivista di Frutticoltura e di Orticoltura, LXXXIV (3), aprile 2020

Sbrighi P., Turci P., Baruzzi G., Birolli M., Ballini L., “*Contrazione produttiva, ma spazio a innovazione e tipicità in Valle Padana.*” Rivista di Frutticoltura e di Orticoltura, LXXXIV (3), aprile 2020

Baruzzi G., Sbrighi P., Turci P. “*Innovazione varietale sempre più attiva a livello internazionale.*” Rivista di Frutticoltura e di Orticoltura, LXXXV (3), aprile 2021

Mezzetti B., et al. “*Dalle varietà selvatiche i caratteri per migliorare resilienza e qualità.*” Rivista di Frutticoltura e di Orticoltura, LXXXV (3), aprile 2021

Macchi E. “*A livello internazionale, nel 2021, si stimano quasi 4mila ettari di impianti, registrando pertanto una crescita del 9% rispetto all’anno precedente.*” Rivista di Frutticoltura e di Orticoltura, LXXXV (3), aprile 2021

Funaro M., Ambrosio M., Grotteria M., Longo L., Matozzo G., Spagnolo G. F., Baruzzi G., Lucchi P., Magnani S., Maltoni M. L., Migani M., Faedi W., “*Primi risultati del programma di breeding della fragola in Calabria.*” Rivista frutticoltura speciale fragola n° 6, 2013

Baruzzi G., Macchi E., “*La nuova fragolicoltura italiana produce tutto l’anno*” Rivista di Frutticoltura e di Orticoltura, 14 giugno 2019

Darrow G. M., “*The strawberry. History, Breeding and Physiology*”. The new England Institute for medical research, Holt, Rinehart and Winston, New York, Chicago, San Francisco 1966

Faedi W., Baruzzi G., Lucchi S., Magnani S., Sbrighi P., Turci P., (coordinatori) et al. “*Monografia fragola*”, 2015

Faedi W., Baruzzi G., Lucchi P., Maltoni M.L., Migani S., Sbrivhi P., Turci P., (2006) “*Nuove varietà e selezioni emergenti per la fragolicoltura del Nord Italia.*” Frutticoltura, 12-16

Colosimo I., Scarpato R., Funaro M., “*Studio degli aspetti produttivi e qualitativi di nuove selezioni di fragola ottenuti con studi di miglioramento genetico a confronto con le principali varietà presenti sul mercato*”, 2021

Mustafa A. M. Hameed, Mahmoud F. Lattif, “*The effect of two organic fertilizers addition on vegetative growth and yield of strawberry (Fragaria ananassa Duch) plant variety (Ruby Gem).*” Tikrit Journal for Agricultural Sciences Vol. (18) No. (4) ISSN-1813-1646, 2018

Mustafa A. M., Abdul Rahman H. B., “*A comparison of vertical and conventional cultivation, planting distances and growing medium in the growth and yield of three varieties of strawberry.*” IOP Conference Series: Earth and Environmental Science, 2021

Estrada-Ortiz E., Trejo-Téllez L.I., Gómez-Merino F. C., Nùñez-Escobar R., Sandoval-Villa M., “*The effects of phosphite on strawberry yield and fruit quality.*” Journal of soil science and plant nutrition vol. 13 No. 3, 27 Agosto 2013

Todeschini V., Gosetti F., Robotti E., Massa N., Bona E., et al., “*Impact of beneficial microorganism on strawberry growth, nutritional quality, and volatilome.*” Front. Plant Sci., 16 November 2018

Cozzolino E., Barbieri G., Colonna E., Roupheal Y., “*Epoca di raccolta e qualità di due cultivar di fragola.*” L’informatore Agrario 37/2019 pp. 51

Hortyńsky J. A., Żebrowska J., Gawński J., Hulewicz T., “*Factors influencing fruit size in the strawberry (Fragaria ananassa Duch.)*”, 1991

Menzel C., “*Higher temperatures decrease fruit size in strawberry growing in the subtropics*”, Horticulturae 2021

Fernandez G. E., Butler L. M., Louws F. J., “*Strawberry growth and development in an annual plasticulture system.*” Hort Science 36(7): 1219-1223. 2001

Voća S., Dobričević N., et al., “*Fruit quality of new early ripening strawberry cultivars in Croatia.*”, Food Technol. Biotechnol. 46 (3) 292-298, 2008

An X., Li Z., Zude-Sasse M., Tchuenbou-Magaia F., Yang Y., “*Characterization of texture failure mechanics of strawberry fruit.*”, Journal of food engineering 282, 2020

Pădureț S., Oroian M., Gutt G., Amariei S., “*Evaluation of strawberry texture in close relation with their anisotropy.*” International journal of food properties, 2017

Giuggioli N. R., Briano R., Alvariza P., Peano C., “*Preliminary evaluation of day-neutral strawberry cultivars cultivated in Italy using a qualitative integrated approach.*” Hort. Sci. (prague) Vol. 45 (1): 29-36, 2018

Ringraziamenti

È stato grazie a questo lavoro di tesi e, in particolar modo, alle persone che mi hanno accompagnata in questi mesi di sperimentazione che ho maturato e realizzato completamente il percorso di studi che voglio intraprendere, nonché la realtà futura che voglio vivere.

Pertanto, a conclusione di questa sperimentazione, voglio ringraziare in primo luogo la dottoressa Silvia Locatelli per avermi sempre incoraggiata e aiutata a scrivere con impegno e dedizione questa tesi, per avermi trasmesso passione per questo argomento e per avermi donato gran parte del suo tempo con infinita pazienza e disponibilità.

Un immenso ringraziamento va al relatore di questa tesi, il professor Carlo Nicoletto, per avermi consigliato questo argomento e per avermi inserita in questo progetto, trasmettendomi interesse e restando sempre a disposizione.

Senza la passione e l'amore trasmessi dal mio idolo e punto di riferimento non sarei arrivata a questo traguardo. Ringrazio mio papà Alessandro per avermi trasmesso incondizionato interesse per questa materia, ma in generale, per avermi fatto capire chi sono e per avermi aiutata a riconfermare le più importanti scelte del mio percorso.

Ciò non sarebbe stato possibile senza il supporto e la pazienza di mia mamma Elena e delle mie sorelle, Martina e Laura, che insieme a mio padre, sono le colonne portanti della mia vita.

Un sincero ringraziamento va poi a Matilde Righetti e Laura Gallina per avermi supportata e sostenuta in questi mesi dandomi man forte nei momenti più difficili.

Ringrazio anche Emanuela Trevisan, Marina de Bonis e Donata Vita per l'aiuto offerto durante i rilievi in campo e le prove in laboratorio, per aver alleggerito le ore di lavoro e per averle rese divertimento.