

UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI PADOVA



DIPARTIMENTO DI BIOLOGIA

Corso di Laurea in Scienze Naturali

ELABORATO DI LAUREA

**INNOVAZIONE VARIETALE DELLA FRAGOLA PER
IL NORD ITALIA: ASPETTI PRODUTTIVI E
QUALITATIVI A CONFRONTO**

Tutor: Prof. Carlo Nicoletto

Dipartimento di Agronomia Animali Alimentari Risorse naturali e
Ambiente

Co-tutor: Dott.ssa Silvia Locatelli

Dipartimento di Agronomia Animali Alimentari Risorse naturali e
Ambiente

Laureanda: Donata Maria Vita
matricola 1204675

ANNO ACCADEMICO 2022/2023

Indice

Riassunto.....	5
Abstract.....	7
1.Introduzione.....	9
1.1 La fragola coltivata: origine e evoluzione	9
1.2 Caratteristiche botaniche.....	9
1.3 Ciclo produttivo <i>Fragaria x ananassa</i>	11
1.4 Esigenze pedologiche, idriche e nutritive	12
1.5 La fragola nel mondo	13
1.6 La fragola nel contesto Italiano.....	14
1.7 Caratteristiche nutrizionali	15
1.8 Principali fattori che influenzano la qualità	16
2. Scopo del lavoro.....	19
3. Materiali e metodi	21
3.1 Impianto sperimentale.....	21
3.2 Dati climatici ambientali	22
3.3 Sviluppo vegetativo.....	23
3.4 Analisi morfo-ponderali	25
3.5 Resa produttiva	27
3.7 Analisi statistica.....	29
4. Risultati	31
5. Discussione.....	41
6. Conclusioni.....	43
Bibliografia	45

Riassunto

Fragaria x ananassa ha avuto origine da un'ibridazione casuale tra *F. chiloensis* e *Fragaria virginiana* e da lì si produssero tutte le varietà ad oggi esistenti. La produzione fragolicola è assai diffusa e il mercato ha assistito negli ultimi anni ad un *trend* positivo con l'Italia al quarto posto tra i produttori in Europa. Le regioni del Sud, in particolare Basilicata e Campania, sono quelle che presentano più ettari coltivati (2.600 ettari), ma anche il Nord Italia ha rafforzato la produzione ed in Veneto sono stati superati i 300 ettari. Il mercato della fragola è in crescita e la richiesta tende ad essere sempre più frequente anche nei mesi autunnali per questo i coltivatori hanno spostato la loro attenzione a cultivar produttive anche nei mesi più freddi ed il miglioramento genetico è sempre più essenziale per la ricerca di varietà che presentino buone caratteristiche di qualità e produttività. Tra i genotipi più diffusi dell'areale Veronese troviamo Aprica, Lycia e Sibilla che sono state oggetto della prova sperimentale e messe a confronto a 9 ulteriori nuove selezioni varietali. Nel ciclo autunnale, i genotipi Aprica e Sibilla hanno presentato i valori di produzione più elevati con, rispettivamente, 162,64 g e 131,60 g per pianta mostrando anche buoni valori di pezzatura del frutto (12 g). Per quanto riguarda i dati qualitativi il genotipo 7 ha evidenziato frutti con un livello di solidi solubili pari a 9,0 °Brix e con un pH di 3,8. I genotipi 3 e 1 hanno riportato invece i valori colorimetrici più intensi (in media 45) e maggiormente tendenti al rosso (in media 32,55).

Abstract

The casual hybridization between *F. chiloensis* and *Fragaria virginiana* gave birth to *Fragaria x ananassa* and, from there on, all the other varieties existing today were produced. Nowadays, The Strawberry production is very widespread and is showing a positive trend. As a matter of fact, Italy ranks at the fourth place among producers in Europe. Regions of southern Italy, like Basilicata and Campania, are those with the most cultivated hectares (2,600 hectares) but Northern Italy is trying to keep up as well and more than 300 hectares have been exceeded from Veneto. Since the strawberry market is rising, the demands of production also in Fall season is very frequent. For this reason, cool season crops and genetic improvement are essential for searching new varieties that are better in quality and productivity. In our study we decided to compare the most spread genotypes in Verona area, Aprica, Lycia and Sibilla , with 9 new varietal selections. During Fall, the Genotypes Aprica and Sibilla have shown the highest production scores, respectively 162.64 g and 131.60 g, with a remarkable fruit size (12g). However, analyzing the qualitative data, genotype 7 has shown fruits with a soluble solids level of 9.0 °Brix and a pH of 3.8, while genotypes 3 and 1 has brightest colorimetric scores (average 45) and more reddish color (average 32.55).

1.Introduzione

1.1 La fragola coltivata: origine e evoluzione

La fragola, appartenente al gruppo delle *Rosaceae*, è una specie vegetale complessa caratterizzata da diversi livelli di ploidia. Fino al XVII secolo in Europa erano presenti tre specie selvatiche autoctone (*Fragaria vesca*, *Fragaria viridis*, *Fragaria moschata*); *F. vesca*, comunemente chiamata “fragolina di bosco”, era la più comune e presentava un corredo diploide ($2n=2x=14$). La fragola come specie coltivata nasce circa 300 anni fa grazie all’introduzione in Europa da parte dell’ufficiale francese Amédée François Frézier della specie ottoploide ($2n=8x=56$) *Fragaria chiloensis* proveniente dal Cile che, a differenza delle specie spontanee in Europa, presentava frutti di grande dimensioni (Angelini et al., 2010). Nel 1677 Antoine Nicolas Duchesne, botanico francese, si dedicò allo studio di *Fragaria chiloensis* e scoprì che potevano portare sia fiori ermafroditi che unisessuali; i suoi studi compresero anche quali fossero le stagioni di fioritura, le stagioni di fruttificazione e gli effetti degli agenti meteorologici. La specie ottoploide *Fragaria x ananassa*, a cui appartengono le varietà attualmente coltivate, nacque nel 1677 da un’ibridazione casuale tra *F. chiloensis* e *Fragaria virginiana* (proveniente dagli Stati Uniti Orientali) e presentava frutti di elevate dimensioni i cui acheni erano perfettamente germinabili dando così origine a piante con fiore perfetto e facili da impollinare (Angelini et al., 2010). La grande variabilità genetica di *Fragaria x ananassa* ha permesso di produrre numerose varietà di fragole coltivate che differiscono per forma, colore, consistenza, sapore e adattabilità ambientale.

1.2 Caratteristiche botaniche

Fragaria x ananassa (Weston) Decne e Naudin, appartiene alla famiglia delle Rosacee, alla sottofamiglia delle *Rosoideae* e al genere *Fragaria* (Rosati, 1980) ed è una pianta perenne costituita da un fusto (rizoma o corona), da un apparato radicale e da un apparato fogliare (Fig. 1). Il fusto è trasformato in un corto rizoma, chiamato corona, da cui dipartano le foglie, i peduncoli fiorali e le radici primarie; ha funzione di riserva e contiene i tessuti vascolari. L’apparato radicale ha aspetto

fibroso fascicolato e ha funzione sia di assorbimento degli alimenti che di immagazzinamento delle sostanze di riserva. Le radici primarie sorgono dalla corona, posta vicino alla superficie del terreno, e poi approfondano per circa 30 cm (la profondità varia a seconda del terreno). Le radici secondarie si originano dalle radici primarie.

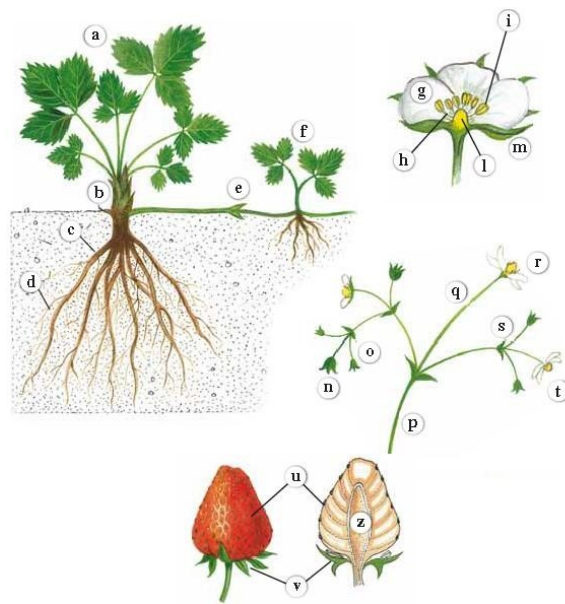


Figura 1. Caratteristiche botaniche della fragola.

L'apparato fogliare è costituito da foglie di colore verde più o meno intenso, sono composte palmate o pinnate, ovato-oblunghe, dentato-seghettate divise in 3 o più foglioline inserite in piccioli di variabile lunghezza. La grande quantità di stomi presente sulle foglie permette un'intensa traspirazione tanto che in estate una pianta con 10 foglie può traspirare mezzo litro di acqua al giorno. Gemme si formano all'ascella della foglia che a seconda della temperatura e del fotoperiodo saranno vegetative, producendo nuovi germogli o stoloni, o produttive perciò si differenzieranno in infiorescenze. La riproduzione vegetativa avviene grazie allo stolone che è un lungo e sottile fusto strisciante sul terreno che cresce con orientamento plagiotropo (orizzontale); esso presenta nodi provvisti di foglioline a forma di rosetta che, a contatto col terreno, emettono radici dando vita ad una piantina geneticamente uguale alla pianta madre. Il fiore, portato su di un'infiorescenza, può essere ermafrodita (perfetto) o, raramente, unisessuale. Il

fiore ermafrodita presenta sia gli organi femminili (pistilli), che quelli maschili (stami) ed è composto da una corolla di 5 petali bianchi, da arrotondati ad ovali, e da 5 sepali, aderenti o liberi. Gli stami sono posti su 3 verticelli inseriti nel ricettacolo e hanno numero multiplo di 5 (fino a 40). I pistilli sono inseriti all'estremità del ricettacolo disposti a spirale ed ognuno di essi contiene un ovulo che, se fecondato, forma un achenio (seme). Il frutto è un "falso frutto", infatti, è costituito dall'ingrossamento del ricettacolo sul quale sono inseriti i veri frutti ovvero gli acheni (di numero variabile a seconda del numero di pistilli) che possono essere più o meno sporgenti. Gli acheni stimolano l'ingrossamento del ricettacolo che diviene carnoso e il cuore del frutto può essere vuoto (scatolato - carattere negativo dal punto di vista commerciale) o pieno. Il frutto presenta diverse forme che vanno da reniformi a ovoidali.

1.3 Ciclo produttivo *Fragaria x ananassa*

Le cultivar di fragola presentano comportamenti differenti in termini di fruttificazione e stolonizzazione. In base al fotoperiodo vengono in genere classificate in:

- brevidiurne (Short Day o June bearers) - cultivar Unifere;
- neutrodiurne (Day Neutral) – rifiorenti;
- longidiurne (Long Day) – rifiorenti (non coltivate).

Le brevidiurne presentano la differenziazione delle gemme a fiore in autunno durante il periodo di giorno breve (durata inferiore alle 12 ore) e richiedono una temperatura compresa tra i 17°C ed i 19°C. Le piante fioriscono poi una volta all'anno in primavera. 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. In primavera, quando le giornate sono ancora brevi e la temperatura inizia ad aumentare, le cultivar unifere possono diventare bifere e ciò significa che riescono a rifiorire e fornire una seconda fruttificazione.

Le neutrodiurne sono in grado di produrre gemme a fiore durante tutto l'anno, sono quindi indifferenti al fotoperiodo. Il fattore limitante di queste cultivar è la

temperatura, infatti sotto i 5°C esse vanno in dormienza invernale. A questa categoria appartengono le principali varietà rifioranti più coltivate nel mondo tra cui *Fragaria virginiana* introdotta nel genoma di *Fragaria x ananassa*. Questo carattere “*day neutral*” è il motivo principale per cui si è stato in grado di estendere, nei periodi di fuori stagione, la produzione della fragola.

Le longidiurne differenziano le gemme a fiore in primavera-estate, ovvero quando le ore di luce sono superiori a 14, e fruttificano in primavera-autunno. A livello industriale queste cultivar non hanno trovato una grande diffusione a causa delle alte temperature che nel periodo estivo vengono a prodursi infatti questo riduce la vitalità del polline e con esso la percentuale dei frutti prodotti.

1.4 Esigenze pedologiche, idriche e nutritive

Per ottenere una buona produzione e qualità del prodotto, è fondamentale un apporto equilibrato di acqua e nutrienti (Stefanelli et al., 2010). Le fragole non hanno esigenze specifiche in termini di tipo di terreno e presentano una notevole adattabilità ai diversi ambienti pedoclimatici, tanto che la produttività della pianta è principalmente influenzata dalla tipologia della cultivar piuttosto che dalla natura del substrato di coltivazione (Palencia et al., 2016), tuttavia prediligono quelli di medio impasto, con buon contenuto in sostanza organica, tendenzialmente acidi o subacidi (pH compreso tra 5,5 e 7), con un contenuto in calcare attivo non superiore al 4%-5% e concentrazione salina inferiore a 2 mS cm⁻¹. La fragola è molto sensibile alle variazioni di salinità (Barroso and Alvarez, 1997) ed i sintomi più comuni sono foglie fragili con margini marroni e secchi, ridotta crescita di fusto e radici, perdita di resa e, nei casi più estremi, morte. La fragola è una pianta che necessita grandi quantità di acqua e stress idrici, anche di breve durata, non sono ben tollerati infatti la sua mancanza provoca avvizzimento fogliare, perdita di resa e di qualità del frutto e, se lo stress è prolungato, a morte. Gli elementi nutritivi che la fragola maggiormente richiede sono azoto (N), fosforo (P), potassio (K), calcio (Ca), magnesio (Mg), ferro (Fe), zinco (Zn) e boro (B). La loro quantità è influenzata dal pH del suolo per cui al di sotto di pH 5,5 la disponibilità di Mg, Ca e P diminuisce mentre al di sopra di pH 7,0 Zn e Fe diventano carenti. Potassio e azoto sono i macronutrienti con la maggiore influenza sulla resa e sulla qualità dei

frutti (Preciado-Rangel et al., 2020) in quanto K aumenta la capacità antiossidante e la composizione fenolica mentre N è essenziale per lo sviluppo vegetativo della pianta perché promuove una crescita rigogliosa della pianta. Il calcio è un elemento essenziale per l'ingrossamento del frutto in quanto porta ad avere pareti cellulari più spesse. Il Ca contribuisce quindi alla compattezza del frutto e questo è strettamente legato alla conservabilità della fragola.

1.5 La fragola nel mondo

La coltura della fragola è diffusa in molti paesi e rappresenta una fonte di reddito dal punto di vista mondiale per questo è stata oggetto di miglioramento sia nella tecnica colturale che dell'innovazione varietale. Dal 1980 al 2000 la produzione mondiale di fragole è aumentata dell'83% e dal 2000 al 2008 si è registrato un ulteriore aumento del 24%. Negli ultimi anni il *trend* è stato positivo ma con valori meno significativi infatti l'Europa, pur rimanendo il principale continente che produce fragole (35% della produzione mondiale e 64% della superficie), ha visto un +3% di produzione nell'ultima decade. In base ai dati FAOSTAT del 2020, nel mondo, sono state prodotte 9.125.913 tonnellate di fragole su una superficie di circa 400 mila ha. Nei primi 5 paesi produttori troviamo la Cina (3.801.865 tonnellate su una superficie di 140 mila ha), l'Usa (1.420.280 tonnellate su una superficie di 21.327 ha), il Messico (658.436 tonnellate su 13.850 ha), l'Egitto e la Turchia (Figura 2). Nello scenario europeo la Spagna è il maggior produttore con circa 366.161 tonnellate esportate nel 2021, seguono poi la Polonia, Germania, Italia (131.436 tonnellate su 4.881 ha) e Regno Unito. Negli ultimi decenni la coltivazione della fragola ha subito una meridionalizzazione, verso le zone a inverno più mite e verso le aree del mondo in cui la manodopera influisce meno sui costi di produzione.

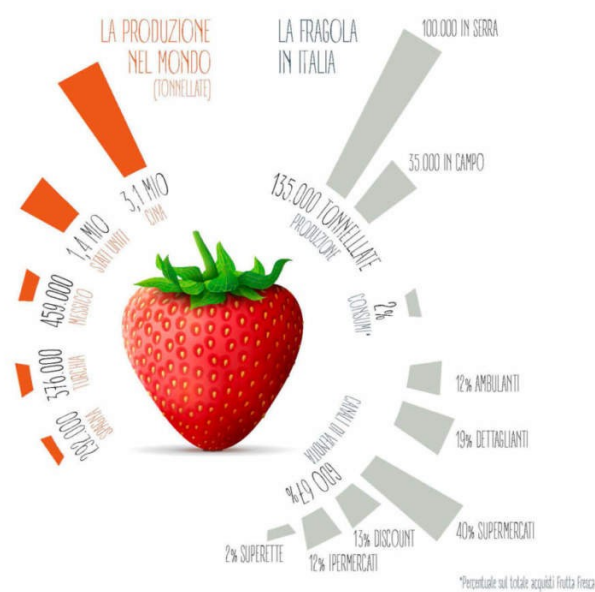


Figura 2. Produzione della fragola (tonnellate) nel mondo.

1.6 La fragola nel contesto Italiano

L'Italia è il 4° paese produttore di fragole dell'Unione Europea e un elemento determinante del suo successo è il miglioramento genetico volto a migliorare le caratteristiche qualitative del frutto. La fragola è uno dei frutti più amati dagli italiani e per questo il suo consumo è sempre in aumento. Questo *trend* positivo, dal punto di vista dei consumi e dei prezzi, vede un incremento delle terre coltivate a fragole che hanno registrato un +4%, rispetto al 2021, con circa 4.100 ettari di coltura specializzata (fonte CSO Italy, su dati catastali dei propri soci) di cui l'83% in serra e il 17% in pieno campo (Cricca, 2022). La produzione di fragola è un'importante referenza frutticola del *Made in Italy* e la sua produzione è distribuita in tutto il territorio italiano grazie alle differenti varietà, diverse tecnico-produttive, diversificati 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). Oggi il Sud concentra oltre 2.600 ettari, il Nord quasi 1.000, mentre nelle regioni del Centro si collocano oltre 500 ettari. Il meridione, ed in particolare Basilicata e Campania, sono le regioni che più producono fragole con più di 1000 ettari ciascuna coprendo il 50% degli ettari totali (Figura 3). Nel 2022 si è registrato un incremento della coltivazione nelle regioni più a nord (+9%). Al Nord si rafforza

la coltivazione in Emilia-Romagna (+11%) e così pure in Veneto superando i 300 ettari (CSO Italy, 2022). Dal punto di vista varietale la Basilicata preferisce Sabrosa Candonga (oltre il 50% della superficie regionale), la Campania opta per Melissa, Marimbella e Sabrina, l'Emilia-Romagna vede Sibilla come varietà più coltivata e per il Veneto Aprica è la più apprezzata.



Figura 3. I dati della produzione di fragole in Italia suddivisa per regioni (Fonte Istat- Cso Italy, 2016).

1.7 Caratteristiche nutrizionali

La fragola è un frutto di consumo comune, apprezzato per il suo colore e per il suo aroma. È composto soprattutto da acqua, carboidrati solubili, fibre, minerali e da vitamine. Il colore rosso è dovuta dalla pelargonidina - 3 - monoglucoside e dalla 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). La fragola è un frutto facilmente deteriorabile (shelf-life di pochi giorni a temperatura ambiente) e questo è dovuto dalla mancanza di una parete esterna protettiva e dalla grande quantità di acqua di cui è composta. Dal punto di vista nutrizionale la fragola è povera di calorie (32 kcal/100g) e contiene fibre vegetali (2,4 g/100g) che contribuiscono a dare un effetto saziante perché rallentano la velocità di digestione permettendo la regolazione dell'indice glicemico. Fruttosio (>50% degli zuccheri totali), saccarosio e glucosio sono gli zuccheri maggiormente presenti ma, in quantità minore, troviamo anche xilosio, galattosio, maltosio e arabinosio (Akuta et al., 1955). In misura minore, le fragole sono una fonte naturale di acidi grassi essenziali, ed in particolare gli acheni sono ricchi di acidi grassi insaturi (dei quali oltre il 95% è rappresentato dai monoinsaturi o MUFA) (U.S. Department of Agriculture, 2010). La fragola è ricca di vitamina C

(58,8 mg/100g) e altri folati che sono essenziali per una serie di processi biologici, come la sintesi degli acidi nucleici, e svolgono un ruolo cruciale nella promozione della salute e nella prevenzione delle malattie associate alla loro carenza (Mazzoni et al., 2013). Nella fragola sono presenti, seppur in misura minore, altre vitamine, come la tiamina (B1), la riboflavina (B2), la niacina (B3), la vitamina B6, la vitamina K, la vitamina A e la vitamina E. La fragola contiene sostanze quali oli essenziali, tannini e flavoni che conferiscono al frutto colore e profumo caratteristici ed hanno un elevato potere antiossidante (Angelini, 2010). Questi composti fitochimici sono definiti “non essenziali” e la loro quantità varia a seconda del tipo di cultivar, delle condizioni di crescita, del grado di maturazione e della modalità di conservazione dopo la raccolta. I composti fenolici più abbondanti sono le antocianine seguite poi dai ellagitannini (tannini idrolizzabili che, in seguito a idrolisi, rilasciano acido ellagico permettendo la produzione di diversi metaboliti) (Mazzoni et al., 2013).

1.8 Principali fattori che influenzano la qualità

Per il consumatore il concetto di qualità comprende molti fattori, ma i più importanti derivano da stimoli olfattivi, visivi, organolettici (sapore) e da aspetti salutistici. Il colore più apprezzato del frutto è il rosso brillante che deve avere elevata stabilità e costanza nell'arco della commercializzazione. I valori colorimetrici utilizzati come indici di riferimento sono $L^* > 37$, $a^* > 32$ e $b^* > 24$. Per quanto riguarda la forma vengono preferite le varietà di forma conica, regolare, leggermente allungata e con pezzatura medio-grossa dei frutti (25-30 g) (Caracciolo et al., 2021). Altro parametro preso in considerazione è la freschezza che può essere valutata attraverso il mantenimento di un calice verde e turgido. Il fattore che più il consumatore interessa è il gusto, che si basa su un equilibrato rapporto acidi/zuccheri, e la consistenza, che viene preferita elevata per la facilità di maneggevolezza sia nella raccolta che del consumatore.

Negli ultimi secoli l'attività di breeding (miglioramento genico), basata sull'identificazione e sulla selezione di genotipi adatti a trasmettere in modo stabile le proprietà selezionate alla progenie, ha ottenuto miglioramenti delle

caratteristiche qualitative della fragola, anche se alcune di queste sono in funzione dei fattori climatico-ambientali e agronomici. Il tipo di pianta, la data di impianto, il tempo di raccolta e la tecnica colturale utilizzata hanno influito sugli aspetti qualitativi del frutto e si è visto che un lungo periodo di raccolta comporta minor stress per le piante e un maggior contenuto di zucchero e acido ascorbico (vitamina C), mentre colture gestite con doppio ciclo colturale producono un contenuto minore di zucchero, ma un'elevata quantità di composti correlati alla salute (Cocco et al., 2015) quali vitamina C e composti fenolici (in particolare le antocianine). Inoltre, l'utilizzo di piante fresche, sia a radice nuda che a radice radicata, porta alla produzione di fragole qualitativamente migliori soprattutto in termini di valori di residuo secco rifrattometrico e di consistenza della polpa, come confermato dallo studio di Cacchi et al. (2015).

2. Scopo del lavoro

La fragola è uno dei piccoli frutti più apprezzati dai consumatori ma, negli ultimi anni, il suo mercato sta attraversando un cambiamento in quanto vi è un continuo aumento della domanda che si è spostata anche nei mesi di fine estate/inizio autunno. Le caratteristiche qualitative del frutto sono sempre più importanti per il produttore, mettendo da parte la vecchia ideologia della produzione in termini quantitativi perché il consumatore richiede frutti con una buona pezzatura, di un colore rosso acceso e con un buon contenuto zuccherino. L'avanzare dei cambiamenti climatici, ed in particolare l'aumento della temperatura, fa sì che le piante tendono ad essere maggiormente esposte a situazioni di stress facendo così crollare la produzione. Le aziende dell'areale Veronese hanno da sempre puntato ad una produzione primaverile in cui si trapianta ad agosto, non si spinge la coltura per la produzione autunnale (eliminazione dei fiori) al fine di irrobustire le piante e poter produrre frutti di maggiore qualità durante il periodo primaverile. Negli ultimi anni il ciclo di produzione autunnale sta diventando sempre più importante per le aziende del Veronese in quanto si sono resi conto che è possibile ottenere buoni ricavi e qualità di fragola anche in tale periodo. Per questo motivo, la presente sperimentazione ha avuto l'obiettivo di valutare la produzione e i caratteri qualitativi di 3 diverse accessioni varietali (Lycia, Sibilla e Aprica) e 9 nuove selezioni di fragole al fine di individuare la varietà più performante e che si appropria meglio al mercato del nord Italia. I risultati di seguito descritti riguardano il ciclo autunnale 2022.

3. Materiali e metodi

3.1 Impianto sperimentale

La prova sperimentale è stata condotta all'interno del complesso serricolo multispan presso l'azienda Bruno S.r.l., situata a Vallese di Oppeano (45°18'N 11°11'E, 26 m s.l.m.). Prima del trapianto, all'interno della serra sono state realizzate tre baule ciascuna lunga 50 m, alta 0,35 m e larga 0,5 m poste in una serra tunnel di 250 m² (50 m di lunghezza x 5 m di larghezza 2,90 altezza al colmo) con orientamento Sud-Ovest. Ogni baulatura è stata ricoperta da film pacciamante di polietilene bianco. La serra presentava delle aperture manuali laterali e frontali, le quali hanno garantito la ventilazione dell'apprestamento protettivo e hanno permesso la comunicazione con le ulteriori campate adiacenti (Figura 4).



Figura 4. Campata della serra oggetto della prova.

Le 12 varietà di fragole, di cui tre tipiche del veronese (Sibilla, Lycia e Aprica), sono state trapiantate il 31/08/2022 in doppia fila su ogni baula. Ogni varietà è stata identificata da un cartellino numerato inserito nella baula stessa (Figura 5) per facilitare la distinzione delle parcelle di prova. La sperimentazione ha previsto

l'impiego di uno schema sperimentale a blocchi randomizzati con tre ripetizioni. Ciascun blocco è stato rappresentato da una baulata e la superficie di ciascuna parcella è stata pari a 2 m² con, in media, 25,6 piante.

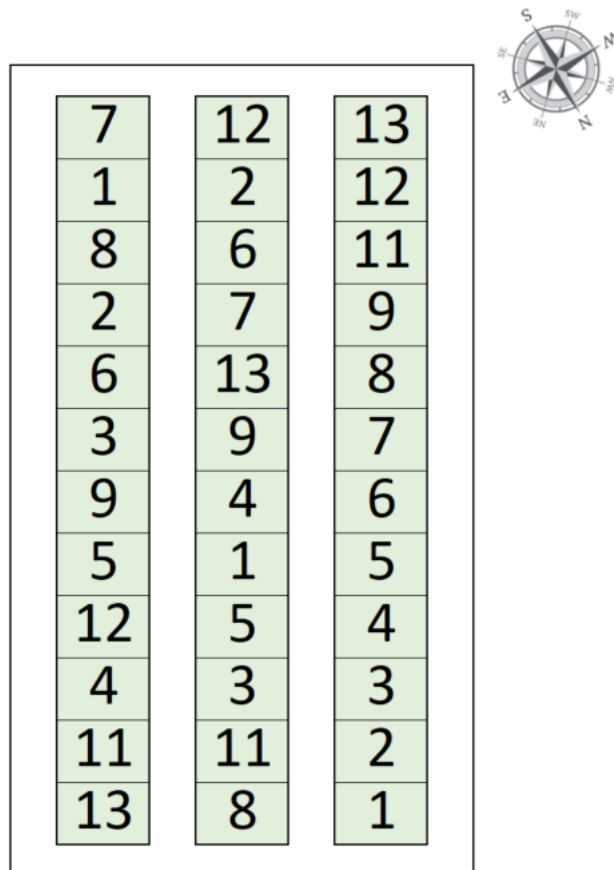


Figura 5. Schema sperimentale della prova e disposizione delle parcelle in serra.

3.2 Dati climatici ambientali

Il monitoraggio dei parametri climatici all'interno della serra è stato effettuato tramite sensori data logger Hobo (HOBO®, Onset Computer Corporation, Bourne, Massachusetts, USA) che hanno rilevato i dati di temperatura e umidità dell'aria. I punti di monitoraggio sono stati posizionati a 2 metri da terra sopra le piante come mostrato nella figura 6. L'obiettivo del monitoraggio è stato quello di individuare differenze microclimatiche all'interno della struttura che potrebbero differenziare la crescita e la produzione delle piante. I sensori sono stati impostati per effettuare un rilievo di temperatura e umidità ogni dieci minuti, così da valutare eventuali cambiamenti correlati al clima esterno. Per l'acquisizione dei dati meteorologici

esterni invece, è stata utilizzata la stazione meteorologica DAVIS (Vantage Pro 2 – Davis Instruments ©).

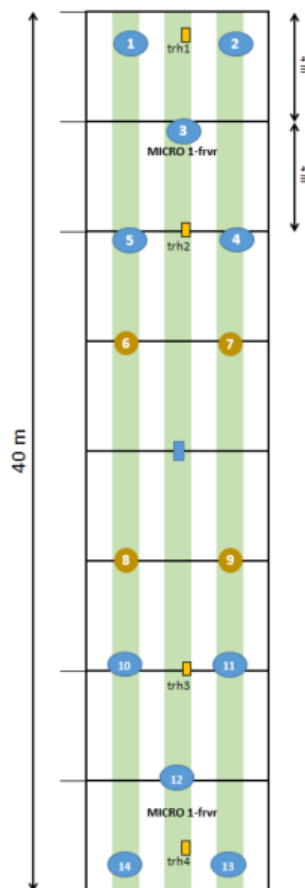


Figura 6. Schema e collocazione dei sensori in serra per il monitoraggio ambientale.

3.3 Sviluppo vegetativo

Per valutare lo sviluppo vegetativo e per effettuare i rilievi morfo-ponderali sono state scelte e monitorate 5 piante rappresentative per parcella, contrassegnate da una paletta. Lo stato nutrizionale della coltura è stato monitorato tramite lo strumento SPAD 502 (*Chlorophyll Meter* SPAD502Plus) (Figura 7). Questo strumento infatti permette di valutare il contenuto di clorofilla all'interno della foglia in maniera rapida e non invasiva, il valore corrispondente, espresso in unità SPAD, viene successivamente visualizzato sul display. Tali rilievi sono stati condotti a cadenza settimanale, preferendo effettuare l'analisi SPAD nelle ore centrali della giornata.



Figura 7. SPAD 502- Minolta

Inoltre ogni settimana si è proceduto al conteggio del numero di foglie e di fiori per pianta e all'osservazione e assegnazione dello stadio fenologico delle piante. Per lo stadio fenologico si è ricorso alla scala BBCH (*Biologische Bundesanstalt, Bundessortenamt und Chemische Industrie*) che suddivide l'intero ciclo biologico in 10 stadi principali (da 0 a 9) così da assegnare lo stesso codice a stadi di crescita simili per ciascuna specie vegetale. Gli stadi principali della scala BBCH per la fragola sono:

0. Sviluppo del germoglio
1. Sviluppo fogliare
4. Sviluppo di stoloni e giovani piante
5. Comparsa dell'infiorescenza
6. Fioritura
7. Sviluppo del frutto
8. Maturità del frutto
9. Senescenza, inizio della dormienza

Per specificare il grado di avanzamento degli stadi principali sono presenti degli stadi secondari, anch'essi indicati con numero da 0 a 9. Abbinando il numero dello

stadio principale con quello secondario ne risulta un codice a due cifre. Combinando i parametri di temperatura e i dati fenologici è stato possibile individuare l'accumulo di gradi giorno (GDD- *Growing Degrees Days*). Questo viene individuato sommando le differenze tra la temperatura media giornaliera (T_m) e lo zero di vegetazione (T_z) della specie considerata, 3°C per fragola (Krüger et al., 2012) per l'intero ciclo colturale.

3.4 Analisi morfo-ponderali

Alla maturazione commerciale dei frutti, si è proceduto alla fase di raccolta (Figura 8), in seguito alla quale sono stati effettuati i rilievi morfo-ponderali. Di ogni parcella sono stati raccolti tutti i frutti maturi, distinti per la colorazione rossa omogenea, suddividendo la produzione delle 5 piante campione dalla produzione delle restanti piante. Per ogni parcella sono stati contati il numero di frutti ed il loro peso totale.



Figura 8. Raccolta settimanale della prova durante il ciclo autunnale

Per ogni parcella, dalle 5 piante in analisi sono state scelte 10 fragole rappresentative sottoposte ai rilievi morfo-ponderali che consistono in:

- analisi colorimetrica mediante colorimetro tristimolo Minolta CR200 che rileva i valori secondo lo standard internazionale CIELab (Figura 9) ovvero “L”

dal bianco ($L= 100$) al nero ($L= 0$), “a” dal rosso ($a= + 60$) al verde ($a= -60$) e “b” dal giallo ($b= + 60$) al blu ($b= -60$).

- misurazione dello spessore (in mm) mediante calibro elettrico (Figura 10).

- misurazione dell’altezza (in mm) mediante calibro elettrico.

- posizione degli acheni, rispetto la superficie esterna del frutto, mediante una scala da 1 a 9 (1=immersi nella superficie; 5=a livello della superficie e 9=sporgenti dalla superficie).

- rilievo fotografico per ciascuna varietà (Figura 11)

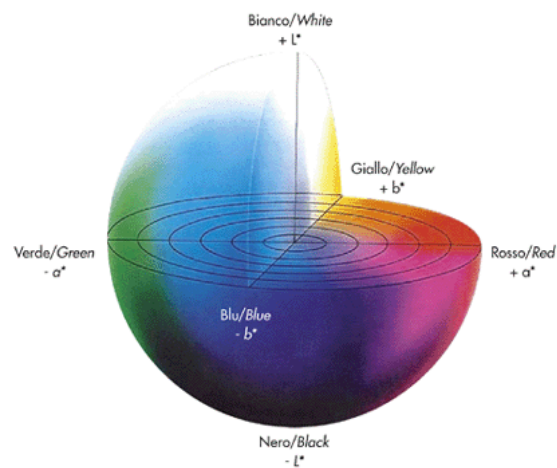


Figura 9. Coordinate colorimetriche CIE Lab.



Figura 10. Campioni di fragole rappresentative delle parcelle, utilizzate per la misurazione dimensionale (altezza e spessore) tramite il calibro digitale.

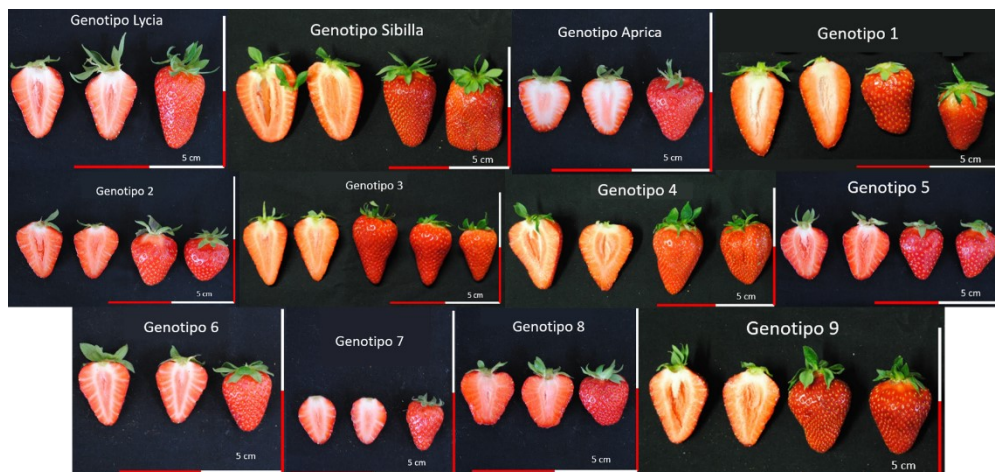


Figura 11. Panoramica dei frutti relativi ai genotipi in prova.

3.5 Resa produttiva

I frutti raccolti per ogni parcella, suddivisi per produzione delle 5 piante campione e produzione delle restanti piante, sono stati contati e pesati al fine di ottenere:

- la produzione totale
- il peso medio dei frutti

3.6 Aspetti qualitativi

Per condurre le analisi qualitative, sono stati prelevati dei campioni di prodotto per ogni parcella di ogni varietà con lo scopo di individuare i seguenti parametri:

- sostanza secca (in %);
- residuo secco rifrattometrico (°Brix);
- pH;
- conducibilità elettrica (EC);
- acidità titolabile.

Un'aliquota è stata pesata e posta ad essiccare in stufa a 65°C per 48 ore (figura 12). Il campione essiccato è stato nuovamente pesato e, facendo la differenza tra il

peso secco e quello iniziale e moltiplicando per 100, si è ottenuta la quantità di sostanza secca presente nel frutto.

I restanti campioni sono stati congelati. Un'aliquota è stata scongelata per ottenere il succo cellulare presente all'interno dei frutti utilizzato per le analisi di pH e conducibilità elettrica (EC) tramite un pH-metro/conduktivimetro portatile, modello H19811. Parte del succo è stato utilizzato per determinare il contenuto di solidi solubili, espresso in °Brix, grazie al rifrattometro portatile digitale HI 96801 Hanna Instruments, uno strumento che determina il contenuto zuccherino grazie alla misura dell'indice di rifrazione.

L'acidità titolabile è stata determinata grazie al titolatore automatico Titrex Act STEROGLOSS s.r.l secondo il metodo standard ISO 750:1998 (E); tale metodo prevede il prelievo di un volume noto di succo cellulare (10 mL) ai quali vengono aggiunti 40 mL di acqua demineralizzata. Il titolatore aggiunge soda 0.1N alla soluzione fino a che questa non raggiunge il valore soglia di pH (8.2); i mL di soda 0.1N sono stati annotati e, tramite la formula: $Z = [(V * N * mEqwt) / Y] * 100$ (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), è stato possibile ricavare l'acidità titolabile espressa in grammi di acido citrico per 100 g di prodotto fresco. Inoltre, una parte dei campioni congelati sono stati posti in liofilizzatore per l'eliminazione di tutta l'acqua presente e ottenere un prodotto conservabile per effettuare le analisi di polifenoli e antiossidanti.



Figura 12. Campioni di fragola in liofilizzatore per la disidratazione del prodotto

3.7 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 (SE- Standard Error).

4. Risultati

Il grafico sotto riportato (Figura 13) mostra l'andamento della temperatura e dell'umidità media dell'aria a livello pianta. Come si evince dal grafico, il valore di temperatura più basso raggiunto arriva a 12°C. Il grafico mette in evidenza che le migliori condizioni di umidità atmosferica per lo sviluppo della fragola, nel periodo in cui la pianta è in produzione (mesi di settembre e ottobre per il ciclo autunnale) sono intorno a 17 %.

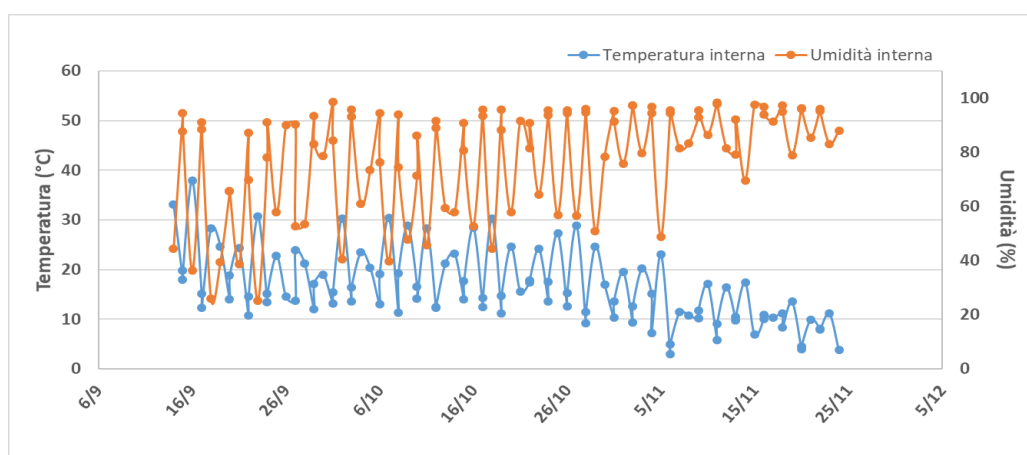


Figura 13. Andamento della temperatura e dell'umidità dell'aria all'interno della serra

In figura 14 è riportato l'indice SPAD per ognuno dei 12 genotipi. I valori più elevati sono stati raggiunti dai genotipi 3 (40,37) e 2 (39,52). Lycia e 4 hanno valori SPAD rispettivamente di 38,42 e 38,19. Sibilla, 1, 7, 8 e 9 hanno espresso dati simili che variano da 37,02 a 36,50. I valori più bassi sono stati raggiunti dai genotipi 5, 6 e Aprica con una media di 35,72. Tali dati ci indicano che le nuove varietà sono state più performanti rispetto quelle utilizzate normalmente dai produttori dell'area del Veronese.

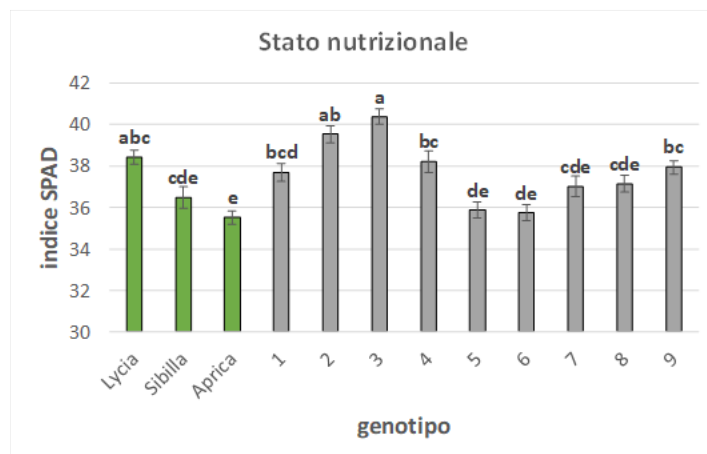


Figura 14. Effetto del genotipo sull'indice SPAD. I valori senza alcuna lettera in comune differiscono significativamente per $p < 0.05$ secondo il Test HSD di Tukey; per ogni colonna la barra indica l'errore standard.

La tabella 1 descrive, per ognuno dei 12 genotipi, diametro, altezza e posizione degli acheni e, riportato a destra di ogni colonna, è espresso l'errore standard. Per quanto riguarda il diametro dei frutti, non vi sono sostanziali differenze tra le 12 cultivar, ma i valori maggiori sono quelli dei genotipi 8 (28,4 mm x 27,7 mm) e Aprica (28,4 mm x 27,1 mm). I dati più modesti sono stati riportati dal genotipo 6 (25,8 mm x 25,3 mm). In media il diametro è di 27,43 mm x 26,61 mm. Per quanto riguarda l'altezza il valore medio è pari a 34,86 mm, ma i genotipi con altezze maggiori sono stati Lycia, Sibilla e 1.

La figura 15 evidenzia un progressivo cambiamento della posizione degli acheni nel tempo; nel primo periodo tutte e 12 le cultivar presentavano acheni profondamente inseriti nella superficie ma, con la maturazione, gli acheni si sono spostati sempre più esternamente. In generale la maggior parte delle cultivar ha mostrato periodi con acheni interni (1), altri con acheni sulla superficie (5) ed altri con acheni esterni (9) con una media di 3,9. Come si evince dalla tabella 1 il genotipo 6 ha avuto i valori più elevati pari a 5,2 mentre il genotipo 2 ha riportato i valori più bassi (3.0).

Tabella 1. Descrizione della pezzatura media del frutto per ogni genotipo, descritta in diametro (mm), altezza (mm) e posizione degli acheni. Lettere diverse indicano differenze statisticamente significative con il test di Tukey ($p < 0.05$).

Genotipo	diametro I (mm)			diametro II (mm)			altezza (mm)			acheni		
Lycia	27.5	±0.961	abcd	26.6	±0.905	abc	38.8	±1.409	a	3.8	0.503	cd
Sibilla	27.7	±1.046	abc	26.6	±0.857	abc	38.0	±1.200	a	3.6	0.441	cd
Aprica	28.4	±0.864	a	27.1	±0.794	ab	33.0	±1.036	bc	4.0	0.511	bcd
1	27.8	±0.892	abc	26.9	±0.755	abc	39.1	±1.142	a	3.8	0.505	cd
2	27.8	±0.884	abc	26.9	±0.890	abc	34.0	±1.227	bc	3.0	0.467	d
3	27.3	±0.835	abcd	26.7	±0.683	abc	34.0	±1.130	bc	3.1	0.404	d
4	28.2	±0.894	ab	27.2	±0.725	abc	34.3	±1.161	b	3.2	0.397	d
5	26.1	±0.919	cd	25.8	±0.864	abc	33.7	±1.203	bc	4.5	0.526	abc
6	25.8	±0.855	d	25.3	±0.772	c	33.6	±1.108	bc	5.2	0.503	abc
7	26.7	±0.826	bcd	26	±0.756	bc	34.7	±1.021	b	5.1	0.535	abc
8	28.4	±1.047	a	27.7	±0.856	abc	33.0	±1.082	bc	3.7	0.474	cd
9	27.5	±0.877	abcd	26.5	±0.716	abc	32.1	±1.033	c	4.0	0.508	cd

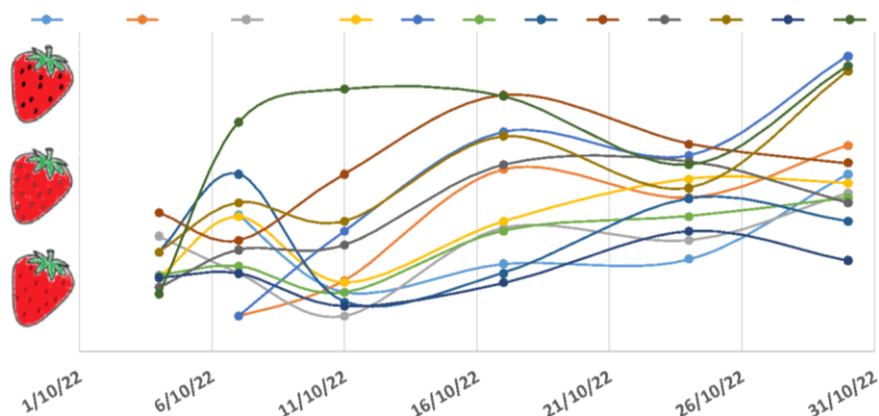


Figura 15. Effetto del genotipo nell'andamento della posizione degli acheni.

La produzione media del ciclo autunnale (Figura 16) vede grandi differenze tra le 12 varietà in termini di grammi di frutta prodotti per ciascuna pianta. La produzione maggiore è stata fatta dal genotipo Aprica (162 grammi per pianta) seguito dal genotipo Sibilla (131 grammi per pianta) e dal genotipo 3 (87,3 grammi per pianta). La cultivar 5 vede una produzione nettamente inferiore rispetto a tutte le altre, infatti, ha prodotto 27,1 grammi per pianta. I genotipi Lycia, 1 e 2 hanno valori simili che mediamente sono pari a 61,4 g/pianta ed infine le restanti cultivar sono conformi al genotipo 7 (47,3 g/pianta).

Come si evince dalla figura 17 il genotipo 3 ha manifestato una produzione maggiore con peso medio dei frutti pari a 13,8 g. I genotipi Lycia, Sibilla, 2 e 4 hanno avuto peso medio dei frutti simile (in media 12,3 g); seguono poi i genotipi

1 e 6 (in media 10,3 g) ed i genotipi 5, 7, 8 e Aprica (in media 9,22 g). Il genotipo 9 vede il valore minore con una produzione di 7,21 g.

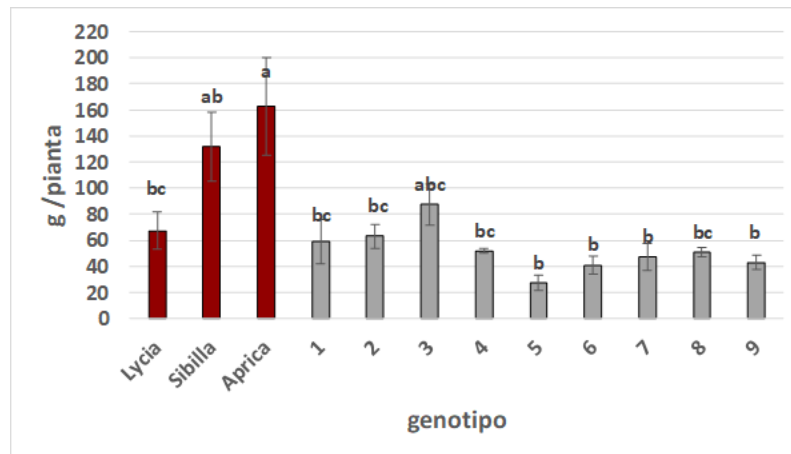


Figura 16. Effetto del genotipo sulla produzione media (g) per pianta durante il ciclo autunnale (ottobre-novembre 2022). Lettere diverse indicano differenze statisticamente significative con il test di Tukey ($p < 0.05$); per ogni colonna la barra indica l'errore standard.

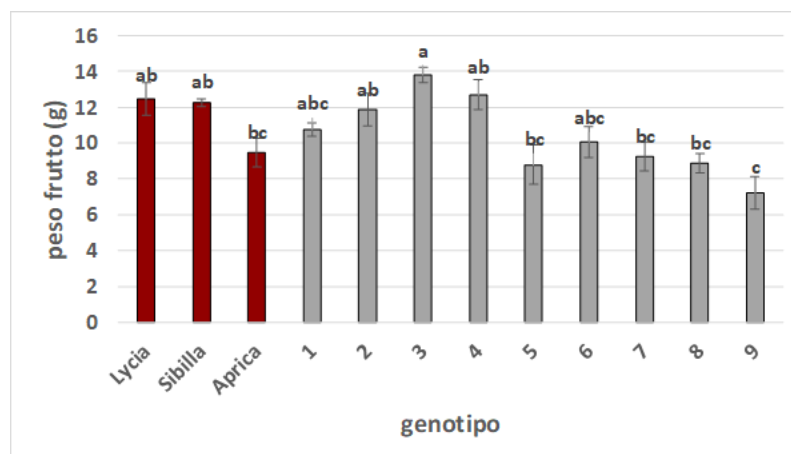


Figura 17. Effetto del genotipo sul peso medio frutti (g) per pianta durante il ciclo autunnale (ottobre-novembre 2022). Lettere diverse indicano differenze statisticamente significative con il test di Tukey ($p < 0.05$); per ogni colonna la barra indica l'errore standard.

Guardando il grafico in figura 18 possiamo evidenziare tre gruppi di risposte, il primo dato dal genotipo Sibilla, che ha prodotto il numero maggiore di frutti per pianta (9,11), il secondo è formato dai genotipi 1, 2, 3, 9 e 6, che hanno prodotto in media 5,96 frutti per pianta, e il terzo che comprende i genotipi Lycia, 4, 5, 6, 7 e 8, che hanno prodotto mediamente 4,3 frutti per pianta.

Ci soffermiamo ora a valutare la produzione in kg su m² di terreno e, grazie al grafico in figura 19, possiamo notare che il genotipo Sibilla presenta il valore più elevato (0,42 kg m⁻²) seguito dal genotipo 3 (0,33 kg m⁻²). Le cultivar Lycia, 1, 2, 4 e Aprica hanno valori simili conformi al genotipo 1 (0,25 kg m⁻²) mentre le cultivar 5, 6, 7, 8 e 9 presentano i valori più bassi con media 0,15 kg m⁻².

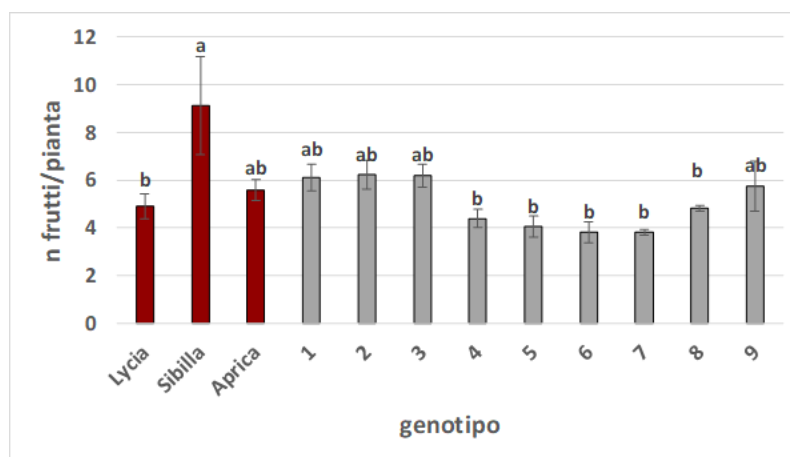


Figura 18. Effetto del genotipo sul numero frutti per pianta durante il ciclo autunnale (ottobre-novembre 2022). Lettere diverse indicano differenze statisticamente significative con il test di Tukey ($p < 0.05$); la barra d'errore rappresenta l'errore standard.

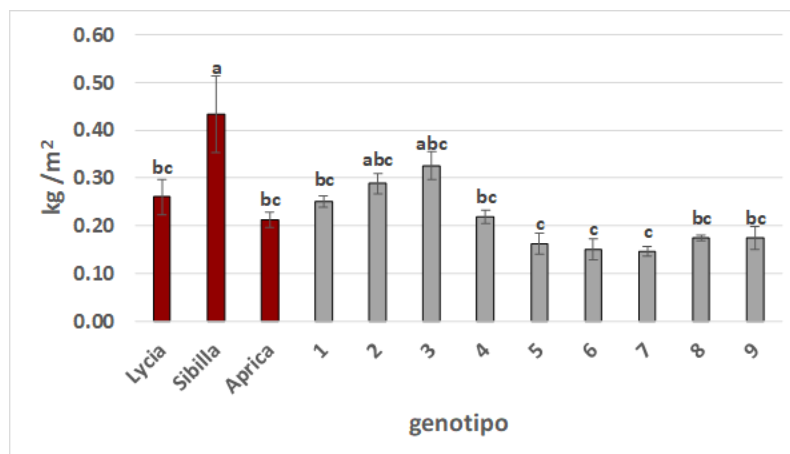


Figura 19. Effetto del genotipo sulla produzione (kg m⁻²) in m² di terreno durante il ciclo autunnale (ottobre-novembre 2022). Lettere diverse indicano differenze statisticamente significative con il test di Tukey ($p < 0.05$); la barra d'errore rappresenta l'errore standard.

Il colorimetro ha permesso di fornire le coordinate colorimetriche secondo lo standard internazionale CIE Lab L*, a*, b*. Per quanto riguarda L*, la figura 20 ci mostra che i genotipi 1 e hanno raggiunto il valore medio più elevato pari a 45,

perciò sono le cultivar con frutto più luminoso, seguiti dal genotipo 2 con valore 44. I genotipi 4, 6, 7 e Aprica hanno valore medio pari a 43 mentre Lycia e Sibilla di 42. Le cultivar che sono risultate meno luminose sono la 8 e la 9 con valore di 41. In figura 21 è riportato il parametro a^* che descrive la variazione del colore da rosso a verde (se positivo tenderà verso il rosso, se negativo verso il verde). Come atteso, i valori sono tutti positivi in quanto le fragole utilizzate per tale analisi erano mature perciò rosse. I 12 genotipi hanno riportato valori che vanno da un range di 32,63 (genotipo 3) a 28,40 (genotipo 6). I dati più elevati sono stati raggiunti dai genotipi 3, 1 (32,46) e Sibilla (32,41) seguiti dalle cultivar Lycia, 4, 7, 8 e Aprica con media 30,88. I genotipi 2 e 5 hanno avuto valori rispettivamente di 29,71 e 29,99. Infine, i valori più bassi sono stati quelli dei genotipi 9 (28,42) e 6.

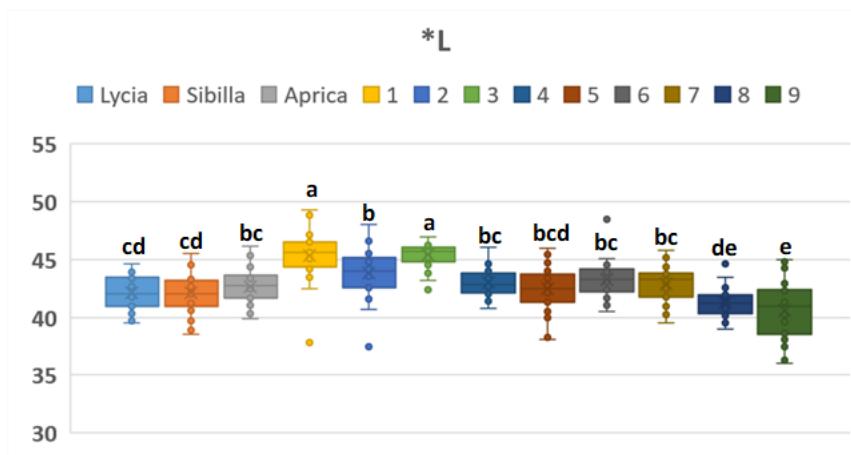


Figura 20. Effetto del genotipo sul parametro L del colorimetro tristimolo. Lettere diverse indicano differenze statisticamente significative secondo il test di Tukey ($p < 0.05$).

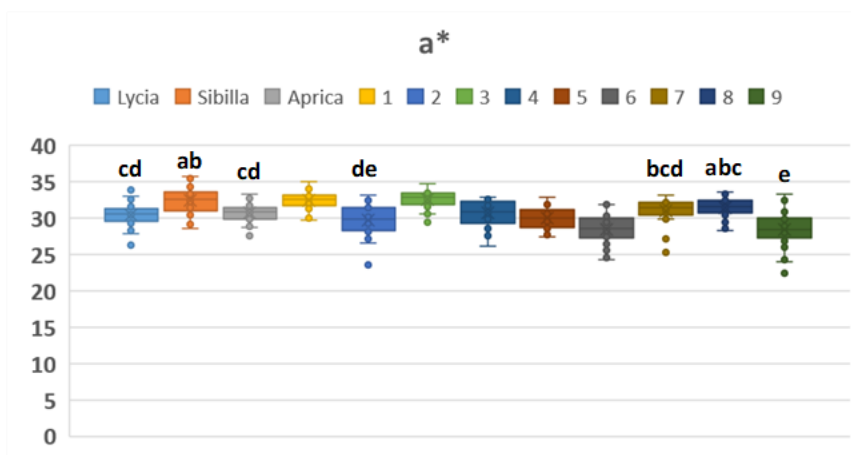


Figura 21. Effetto del genotipo sul parametro a^* del colorimetro tristimolo. Lettere diverse indicano differenze statisticamente significative secondo il test di Tukey ($p < 0.05$).

Il parametro b^* , cui valori sono descritti nel grafico in figura 22, descrive la variazione di colore dal giallo al blu (valori positivi tenderanno al giallo e negativi verso il blu). Anche in questo caso non vi sono valori negativi ma la situazione è molto diversificata. I valori maggiori sono stati raggiunti dal genotipo 1 (17,04) e 3 (16,81) seguiti dalle cultivar Lycia, Sibilla, 2 e 8 che hanno valore medio di b^* pari a 15,07. I valori più bassi sono stati quelle dei genotipi 9 (10,23), 5 (10,98) e 6 (11,58). I genotipi 7, Aprica e 4 hanno avuto un valore medio di 12,90.

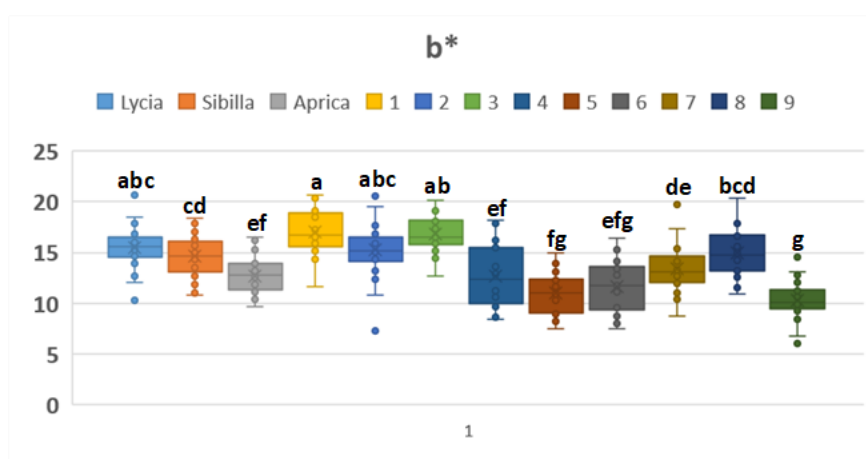


Figura 22. Effetto del genotipo sul parametro b^* del colorimetro tristimolo. Lettere diverse indicano differenze statisticamente significative secondo il test di Tukey ($p < 0.05$).

La figura 23 riporta il grafico della sostanza secca (%) ottenuta da ciascun genotipo. I valori maggiori sono stati raggiunti dai genotipi 9 (12,49) e 4 (12,34) seguiti dai genotipi 1, 2 e 5 (rispettivamente 11,70, 11,23 e 11,22). Le restanti cultivar non mostrano sostanziali differenze e hanno valori conformi al genotipo 3 (9,92). Aprica ha mostrato il dato più modesto pari a 9,22.

Per quanto riguarda il pH le diverse cultivar non presentano sostanziali differenze con valore in media pari a 3,51. Come si evince dal grafico in figura 24 il genotipo 7 presenta il pH più elevato rispetto alle altre cultivar pari a 3,9 seguito poi dai genotipi 1, 5 e 8 (3,6), 2, 3 e 9 (3,5) ed infine i genotipi Lycia, Sibilla, 4, 6, e Aprica hanno pH pari a 3,4.

Come descrive la figura 25, la conducibilità elettrica (EC) delle diverse cultivar ha valori che vanno da un range di 3,4 mS cm^{-1} (genotipo 5 e Aprica) a 3,0 mS cm^{-1}

(genotipo 2). Le cultivar 4 e 8 hanno valore pari a 3,3 mS cm⁻¹ seguiti dai genotipi Lycia, 3, 6 e 9 (3,2 mS cm⁻¹) e dai genotipi Sibilla, 1 e 7 (3,1 mS cm⁻¹). Il valore medio è di 3,21 mS cm⁻¹.

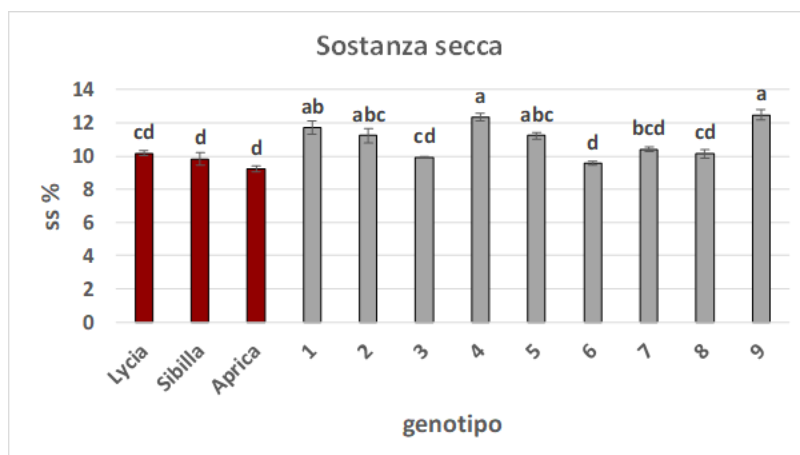


Figura 23. Effetto del genotipo sulla percentuale di sostanza secca misurata nei frutti. Lettere diverse indicano differenze statisticamente significative secondo il test di Tukey ($p < 0.05$); per ogni colonna la barra indica l'errore standard.

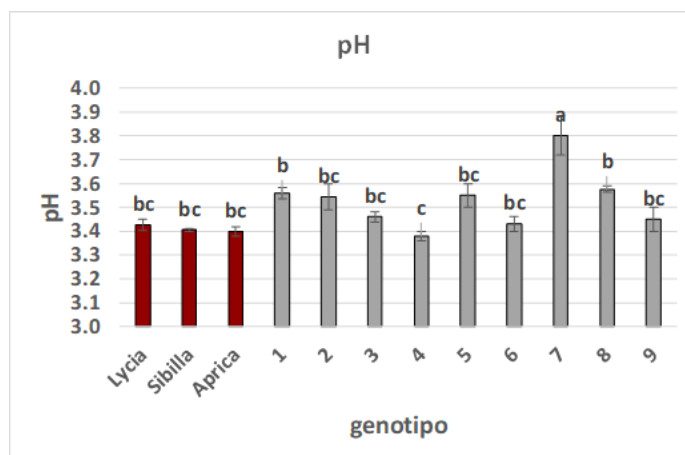


Figura 24. Effetto del genotipo sul valore di pH del succo estratto dai frutti. Lettere diverse indicano differenze statisticamente significative secondo il test di Tukey ($p < 0.05$); per ogni colonna la barra indica l'errore standard.

Come descrive la figura 25, la conducibilità elettrica (EC) delle diverse cultivar ha valori che vanno da un range di 3,4 mS cm⁻¹ (genotipo 5 e Aprica) a 3,0 mS cm⁻¹ (genotipo 2). Le cultivar 4 e 8 hanno valore pari a 3,3 mS/cm seguiti dai genotipi

Lycia, 3, 6 e 9 ($3,2 \text{ mS cm}^{-1}$) e dai genotipi Sibilla, 1 e 7 ($3,1 \text{ mS cm}^{-1}$). Il valore medio è di $3,21 \text{ mS cm}^{-1}$.

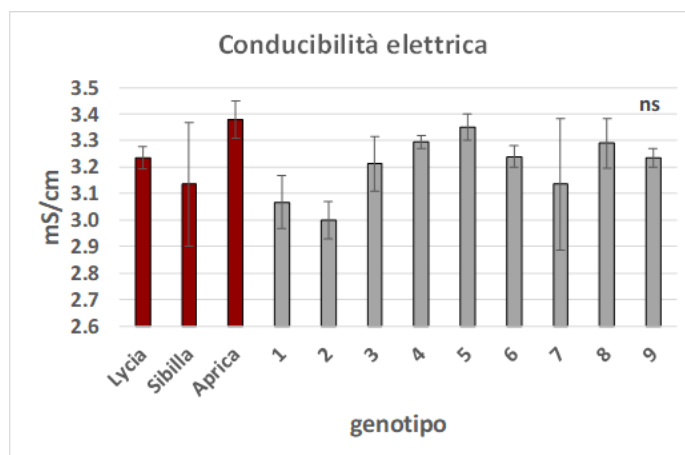


Figura 25. Effetto del genotipo sulla conducibilità elettrica (mS/cm) del succo estratto dai frutti. Lettere diverse indicano differenze statisticamente significative secondo il test di Tukey ($p < 0.05$); per ogni colonna la barra indica l'errore standard. *ns* indica l'assenza di differenze significative tra le medie.

L'acidità titolabile, definita come mg di acido citrico su 100 mL di succo, vede il genotipo 4 e Aprica con i valori maggiori (rispettivamente 1,046 e 0,989 % ac. citrico eq.). Come si evince dal grafico in figura 26, le restanti cultivar non presentano sostanziali differenze, ma i genotipi Sibilla, 5 e 9 hanno in media valore pari a 0,904 % ac. citrico eq., i genotipi Lycia, 3, 6, 7 e 8 in media 0,816 % ac. citrico eq., ed infine i genotipi 1 e 2 hanno valore medio pari a 0,754 % ac. citrico eq..

Il contenuto di solidi solubili, definito dal grado Brix ottenuto con l'analisi del residuo secco rifrattometrico (Figura 27) vede un andamento dei diversi genotipi che va dal valore 9,0, del genotipo 7, al valore 7,0, del genotipo Lycia. Valori leggermente più bassi rispetto a quello più elevato si ritrovano nelle cultivar 1 (8,5), 5 (8,7) e 9 (8,8). I restanti genotipi presentano grandezze simili alla cultivar 6 (7,4) ed in media misurano 7,46.

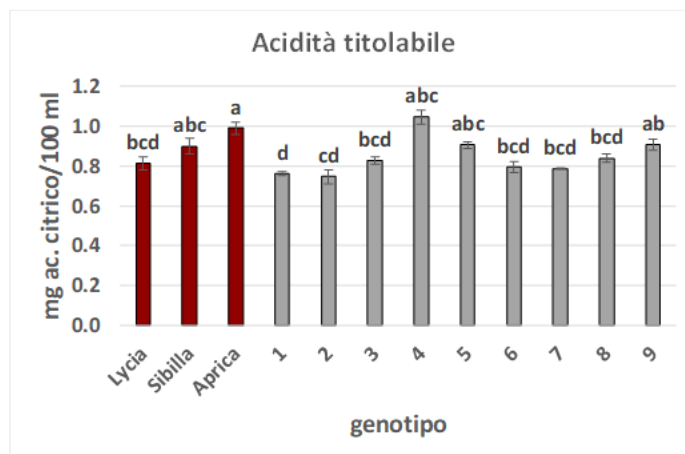


Figura 26. Effetto del genotipo sull'acidità titolabile in mg di acido citrico/100 ml del succo estratto dai frutti. Lettere diverse indicano differenze statisticamente significative secondo il test di Tukey ($p < 0.05$); per ogni colonna la barra indica l'errore standard.

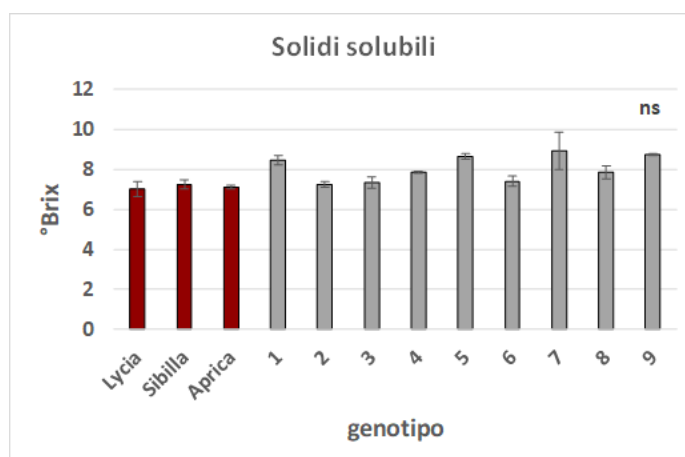


Figura 27. Effetto del genotipo sul contenuto di solidi solubili (°Brix) del succo estratto dai frutti. Lettere diverse indicano differenze statisticamente significative secondo il test di Tukey ($p < 0.05$); per ogni colonna la barra indica l'errore standard.

5. Discussione

Tale studio ha messo a confronto 12 diversi genotipi di *Fragaria X ananassa* (3 già ampiamente coltivate nell'areale veronese e 9 nuove accessioni varietali) andando a determinare quale presentasse il miglior connubio tra pezzatura del frutto, produttività, aspetti nutrizionali e qualità organolettiche. Tutti questi parametri sono essenziali al produttore per fare una scelta economicamente vantaggiosa e che si approcci nella maniera migliore alla richiesta del mercato del nord Italia.

Durante il ciclo autunnale, i genotipi Aprica e Sibilla hanno evidenziato una produzione media superiore rispetto a tutti gli altri genotipi (162 g e 131 g) ed i loro frutti hanno presentato una pezzatura più elevata (Aprica per quanto riguarda il diametro e Sibilla per l'altezza). I dati appena descritti risultano essere nettamente inferiori rispetto quelli ottenuti da Funaro et al. (2013) in una prova sperimentale analoga che aveva riportato valori pari a 400 g/pianta. Sibilla è anche il genotipo che ha riportato valori superiori per quanto riguarda il numero di frutti per pianta (9,11) e la produttività per unità di superficie (0,43 kg/m²). Interessante però notare che Aprica ha riportato i dati più modesti per quanto riguarda lo stato nutrizionale (35,53), calcolato tramite indice SPAD, mentre Sibilla ha registrato valori medi (36,50). Tali considerazioni ci portano a valutare Sibilla come il genotipo che, dal punto di vista produttivo, è maggiormente remunerativo nel ciclo autunnale. Questi dati sono conformi ai valori ricavati nel ciclo autunnale dell'anno precedente che aveva visto Sibilla come il genotipo con produzione media più elevata (303 grammi per pianta) (Lucchini, 2022). Tra le nuove accessioni varietali, il genotipo 3 ha riportato buoni valori in termini di produttività (87,30g) e ottimi dati SPAD (40,37). Lycia ha riportato buon indice SPAD ma i restanti valori di produttività non spiccano rispetto ad altri genotipi. Le cultivar 5 e 6 sono state le meno performanti per quanto riguarda indice SPAD e produzione media. I valori nutrizionali conseguiti risultano essere inferiori rispetto a quelli della prova condotta da Mustafa et al. (2021) i quali hanno ottenuto valori compresi tra 47,10 e 52,53.

I dati colorimetrici mostrano che i genotipi 1 e 3 presentano un colore più rosso e brillante, in linea con la domanda del consumatore, con valori di L*= 45 e a* in

media pari a 32,55. I valori di a^* osservati vanno da 32,63 a 28,40, simili a quelli descritti da Bianchi et al. (2021) che hanno ottenuto valori pari a 31,5.

Andando poi a soffermarci sui dati delle analisi qualitative del succo, il genotipo con contenuto zuccherino ($^{\circ}$ Brix) più elevato, dato sempre più essenziale per il consumatore, è stato il 7 (9.0), il quale ha riportato anche il valore di pH più basico (3,8). Lycia invece ha presentato il valore più basso di contenuto zuccherino (7,0). Il range di solidi solubili ottenuto è risultato in linea con i dati descritti da Funaro et al. (2013) e Cozzolino et al. (2019), aventi in media 7,5 – 8 $^{\circ}$ Brix. Il genotipo 4 ha evidenziato i valori più cospicui di acidità titolabile (1,046) conformi ai dati del pH che risulta essere il più acido (3,4). I valori di pH da noi ottenuti (da 3,8 a 3,4) sono risultati conformi a quelli ottenuti nello studio condotto dall' Università del Piemonte Orientale in cui il pH dei campioni variava tra 3,5 e 4,0 (Todeschini et al., 2018). Aprica ha mostrato sia l'acidità titolabile alta (0,989 % ac. citrico eq.) che la conducibilità elettrica elevata (3,4) mentre il genotipo 2 ha riportato i valori più bassi per entrambi questi parametri. Per quanto riguarda il residuo secco (%) i genotipi che hanno avuto valori più importanti sono il 9 (12,34) ed il 4 (12,49) mentre Aprica ed il genotipo 6 hanno riscontrato i valori più modesti (9,22 e 9,95). Nello studio di Cozzino et al. (2019) la sostanza secca nelle cultivar Sabrina e Candonga era pari a 8,45% e 9,05%, valori estremamente più modesti rispetto quelli osservati in tale ricerca.

6. Conclusioni

Questo lavoro di tesi aveva lo scopo di andare a determinare le varietà più performanti tra 9 nuove accessioni varietali e 3 già ampiamente diffuse nella provincia di Verona (Lycia, Sibilla e Aprica). Le diverse varietà hanno riportato ottimi valori per alcuni parametri, ma al tempo stesso dati mediocri su altre misure. Per definire quelle che sono le conclusioni bisogna ricordare che il mercato fragolicolo attuale non punta soltanto nella quantità di produzione, ma anche nelle caratteristiche qualitative e morfo-ponderali del prodotto quali pezzatura, gusto, qualità organolettiche, resistenza alle malattie e colore rosso brillante. Altra considerazione da fare è che il produttore ha come scopo il guadagno, perciò, le sue scelte seguono una strategia aziendale che si basa sul rapporto tra ricavi e costi (tra cui il prezzo della manodopera). Valutando i parametri qualitativi il genotipo più dolce è il 7, avente contenuto di solidi solubili pari a 9,0 °Brix, ed il genotipo 3 presenta valori elevati di pezzatura del frutto (13,81 g) e dati colorimetrici buoni ($L^*=45$, $a^*=32,63$, $b^*=16,81$). Per quanto riguarda la produttività Aprica rimane il genotipo con miglior resa produttiva (131 g/pianta). Saranno necessari altri rilievi su cicli autunnali futuri per confermare i risultati ottenuti da codesto studio.

Bibliografia

- Angelini R., Faedi W., Ponti I., Marmioli E., “*Collana Coltura & Cultura - La fragola.*” Cenate Sotto (BG), ART Servizi Editoriali S.p.A., 2010
- Baldini E., Scaramuzzi F., “*Frutticoltura anni 80 – La fragola.*” Conegliano (TV), Stabilimento grafico di Reda, 1980
- Balducci, F., Battino, M. and Mezzetti, B., 2013. “*Il profilo nutrizionale della fragola ed il suo impatto sulla salute dell’uomo.*” *Italus Hortus*, 20(1), pp.1–14.
- Barroso, M.C.M. and Alvarez, C.E., 1997. “*Toxicity symptoms and tolerance of strawberry to salinity in the irrigation water.*” *Scientia Horticulturae*, 71(3), pp.177–188.
- BianchiFlavia,RomanoGiuseppe, SoppelsaSebastianet.al. (2021). “*Quality of processed strawberries derived from different varieties.*” *Laimburg Journal*03/2021
- Cacchi M. et al. “*Piante fresche cime radicate e frigoconservate a confronto in Romagna.*” *Rivista di Frutticoltura e di Orticoltura*, giugno 2015.
- Caracciolo G., Prinziwalli C., D’Anna F. CREA Centro di ricerca Olivicoltura, Frutticoltura e Agrumicoltura, sede di Forlì 2 Università degli Studi di Palermo, Dipartimento di Scienze Agrarie, Alimentari e Forestali (SAAF). “*La qualità della fragola: quanto contano aspetto, sapore e aspettative salutistiche.*” *Agriscilia*, 1-2/2021, pp 35-38.
- Cocco, Carine et al. “*Effetti del sito e del genotipo sui tratti di qualità dei frutti di fragola e sui composti bioattivi.*” *Gennaio 2015*: 145 – 155.
- Cozzolino E., Barbieri G., Colonna E., Rouphael Y., “*Epoca di raccolta e qualità di due cultivar di fragola.*” *L’informatore Agrario* 37/2019 pp. 51
- Cricca L. “*Dove sta andando la fragola in Italia?*”. *AgroNotizie*, maggio 2022.
- Cricca L. “*Fragola, le varietà più coltivate.*” *Plantgest*, maggio 2020.
- Edger, P.P., Poorten, T.J., VanBuren, R. *et al.* “*Origin and evolution of the octoploid strawberry genome.*”. *Nat Genet* 51, 541–547 (2019).
- 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.
- Krüger, E., Josuttis, M., Nestby, R., Toldam-Andersen, T. B., Carlen, C., & Mezzetti, B. (2012). “*Influence of growing conditions at different latitudes of Europe on strawberry growth performance, yield and quality.*”. *Journal of Berry Research*, 2(3), 143-157.

- Luis Morales-Quintana, Patricio Ramos. ” *Chilean strawberry (Fragaria chiloensis): An integrative and comprehensive review.*” Food Research International, Volume 119, Pages 119, Pages 769-776, (2019).
- Mazzoni, L., Giampieri, F., Diamanti, J., Capocasa, F., Miguel, J., AlvarezSuarez, M.G., 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.
- Palencia, P., Bordonaba, J.G., Martínez, F. and Terry, L.A., 2016. ”Investigating the effect of different soilless substrates on strawberry productivity and fruit composition.” *Scientia Horticulturae*, 203, pp.12–19.
- Palmieri A., 2020. “*Il quadro produttivo della fragola.*”. L’Informatore agrario n 31/2020.
- Preciado-Rangel P, Troyo-Diéguez E, Valdez-Aguilar LA, García-Hernández JL, Luna-Ortega JG. “*Interactive Effects of the Potassium and Nitrogen Relationship on Yield and Quality of Strawberry Grown Under Soilless Conditions.*” *Plants (Basel)*. 2020 Apr 2;9(4):441.
- Stefanelli, D., Goodwin, I. and Jones, R., 2010. ”*Minimal nitrogen and water use in horticulture: Effects on quality and content of selected nutrients.*” Food Research International, 43(7), pp.1833–1843.
- 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.
- U.S. DEPARTMENT OF AGRICULTURE, AGRICULTURE RESEARCH SERVICE. USDA National Nutrient for Standard References, Release 23. Fruits and Fruit Juices. In Nutrient Data Laboratory Home Page. Page reports: 785-787. 2010.