



UNIVERSITÀ POLITECNICA DELLE MARCHE

DIPARTIMENTO DI SCIENZE AGRARIE, ALIMENTARI ED
AMBIENTALI

Corso di laurea Triennale in Scienze e Tecnologie Agrarie

**Valutazione di nuovi genotipi di fragola (*Fragaria x
ananassa* Duch.) per caratteri produttivi e qualitativi
in ambienti del medio-adriatico**

**Evaluation of new strawberry genotypes (*Fragaria x
ananassa* Duch.) for yield and quality parameters in
mid-adriatic area**

Tesi di Laurea di:

Alex Mazzoni

Relatore:

Prof. Franco Capocasa

Correlatore:

Dott. Davide Raffaelli

Anno Accademico 2022/2023

INDICE

1. Introduzione	1
1.1. Scenario attuale nella fragolicoltura.....	1
1.2 Origine della Fragola.....	2
1.3. Caratteristiche botaniche	3
1.3.1. Pianta.....	3
1.3.2. Fiore	5
1.3.3. Frutto.....	6
1.4. Classificazioni cultivar in relazione al fotoperiodo.....	8
1.4.1. Cultivar brevidiurne unifere	8
1.4.2. Cultivar rifioranti neutrodiurne	8
1.4.3. Cultivar rifioranti longidiurne	9
1.4.4 Esigenze pedoclimatiche	9
1.5. Tecniche vivaistiche e materiale di propagazione.....	10
1.5.1. Piante frigo-conservate.....	11
1.5.2. Piante fresche	12
1.5.3. Piante per produzioni programmate	13
1.5.4. Micropropagazione.....	14
1.6. Coltivazione Fragola e avversità	14
1.6.1. Impianti in suolo	15
1.6.2. Impianti fuori suolo.....	16
1.6.3. Avversità della fragola	17
1.7. Raccolta e qualità della fragola	18
1.7.1. Raccolta e Post-raccolta	18
1.7.2. Caratteristiche qualitative della fragola.....	20
1.8. Miglioramento genetico	21
1.8.1. Obiettivi del miglioramento genetico su fragola.....	21
1.8.2 Breeding tradizionale e Breeding innovativo.....	23
1.8.3. Breeding fragole in Italia.....	26
1.8.4. Costituzione e certificazione varietale	28

2. Obiettivo delle tesi	29
3. Materiali e metodi	30
3.1. Campo sperimentale.....	30
3.2. Materiale vegetale	31
3.3 Parametri produttivi.....	33
3.3.1. Produzione commerciale.....	33
3.3.2. Produzione totale per pianta.....	33
3.3.3. Peso medio ponderato del frutto.....	34
3.3.4. Epoca di maturazione	34
3.4 Parametri qualitativi	35
3.4.1. Colore.....	35
3.4.2. Consistenza	36
3.4.3. Solidi solubili	37
3.4.4. Acidità titolabile.....	38
4. Risultati e discussione	39
4.1. Parametri produttivi.....	39
4.1.1. Indice di precocità delle cultivar di riferimento e delle selezioni	39
4.1.2. Parametri produttivi delle cultivar di riferimento e delle selezioni.....	41
4.2. Parametri qualitativi	45
4.2.1. Colore.....	45
4.2.2. Consistenza	47
4.2.3 Solidi solubili e acidità titolabile.....	49
5. Conclusioni	53
6. Bibliografia	55
7. Ringraziamenti	57

1. Introduzione

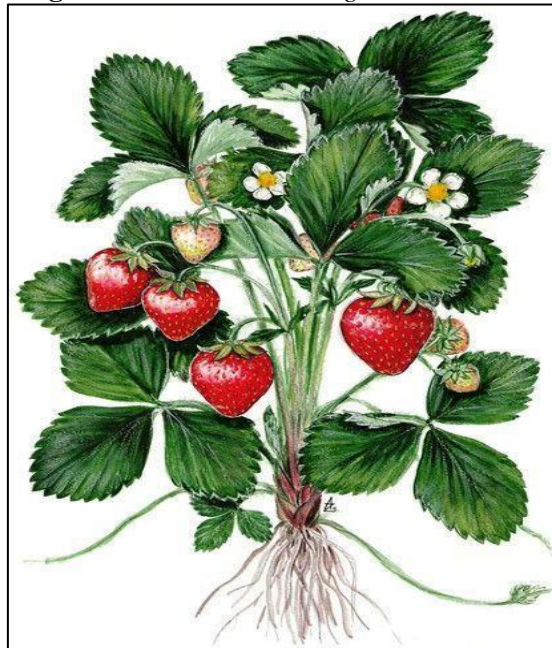
1.1. Scenario attuale nella fragolicoltura

La fragola, ad oggi, rappresenta uno dei frutti di maggiore importanza sia in termini di consumo ma anche di studio per ottenimento di cultivar migliori in termini sia qualitativi che quantitativi. La produzione mondiale della fragola nel 2021 ha superato i 9 milioni di tonnellate (FAOstat 2021), il più grande produttore al mondo è la Cina, con più di 3 milioni di tonnellate all'anno, occupando più di un terzo della produzione totale. Gli Stati Uniti d'America occupano la seconda posizione in termini produttivi arrivando a circa 1.5 milioni di tonnellate annue detenendo circa il 28% della produzione mondiale. L'Italia si classifica tredicesima con una produzione di circa 130 mila tonnellate annue. Le prime regioni produttrici localizzate nel sud Italia sono la Basilicata e la Campania, raggiungendo i 2.600 ettari, mentre nel nord Italia le produzioni si concentrano in Emilia-Romagna e Piemonte, occupando circa 1.000 ettari. La produzione non elevata di fragole in Italia è legata alla bassa disponibilità di manodopera, necessaria nel settore della fragolicoltura, sia in termini di gestione che di raccolta, ma è anche legata alla capacità di altri paesi europei ed extraeuropei di ottenere costi di produzioni più bassi rispetto all'Italia, ciò porta ad avere nel mercato globale un maggior numero di prodotti di altri paesi a prezzi minori rispetto a quelli italiani. Questo limita molto la produzione di fragole in Italia, rendendo il mercato interno l'unico modo per salvaguardare tale settore, non potendo competere con i prezzi di altri paesi. L'aumento della domanda di fragola ha generato una forte richiesta di nuove varietà al fine di soddisfare i consumatori, rendendo fondamentale l'adozione di programmi di miglioramento genetico vegetale, conosciuto anche come breeding. Migliorare le performance produttive, la qualità e la resistenza ai patogeni, in condizioni ambientali sempre più incerte ed estreme, il tutto seguendo un'ottica sostenibile, rappresentano l'insieme di sfide da affrontare per l'ottenimento di nuove cultivar (Mezzetti et al., 2018). Il miglioramento delle cultivar di fragole seguono diversi parametri, quali: contenuto di zuccheri, acidità, ma anche aspetti esteriori come la colorazione del frutto in post-raccolta, la consistenza della polpa e l'aroma. Le caratteristiche sopracitate, oltre a dipendere strettamente dalla varietà, sono influenzate anche dal sistema e dall'ambiente di coltivazione (Di Vittori et al., 2018).

1.2 Origine della Fragola

Il processo d'origine della fragola risale alla fine del XVI secolo. In Europa a quel tempo la fragola non aveva una discreta rilevanza orticola, le specie coltivate erano unicamente piante di specie selvatiche autoctone che crescevano spontaneamente ai margini di boschi e l'utilizzo principale era quello decorativo per i suoi fiori, non considerando i suoi frutti relativamente piccoli (Angelini, 2010). La più comune era *Fragaria vesca*, dalle apprezzate caratteristiche organolettiche, a discapito della produttività. Il passaggio che ha portato il cambiamento sostanziale nel considerare la fragola una pianta decorativa e di scarso interesse, al frutto che noi oggi conosciamo, segue due avvenimenti molto importanti nel corso della storia. Il primo passo nel XVII secolo fu quello di adattare la fragola ottoploide cilena, *Fragaria chiloensis*, scoperta da un ufficiale francese esperto in botanica (Hummer and Hancock, 2009), ad un'esigenza agronomica, voluta dal mercato europeo. Il carattere chiave che distingue tale specie, dalle autoctone europee era la dimensione maggiore dei frutti, ma aveva un difetto, risultava meno gustosa delle fragoline di bosco. Il secondo avvenimento, invece, è legato alla scoperta di una seconda specie selvatica ottoploide *Fragaria virginiana*, scoperta in Nord America e distinta per la sua brillantezza e qualità. Queste due specie, infatti, hanno permesso attraverso un incrocio interspecifico di ottenere la fragola che noi oggi conosciamo, ciò infatti, è stato reso possibile dalla capacità di *F. chiloensis* di produrre sia fiori ermafroditi che unisessuali. Nel 1766 accadde che le due specie sopracitate, vennero in contatto casualmente, ottenendo così un ibrido interspecifico denominato *Fragaria x ananassa* (Figura1), mostrando frutti di noto calibro. I semi ottenuti erano perfettamente germinabili e diedero origine a piante con fiore perfetto e di facile impollinazione (Edger et. al,2019). Alla semina seguì la selezione dei semenzali ritenuti più interessanti, consentendo l'individuazione di varietà con elevate levate caratteristiche qualitative e produttive. Tutte le varietà di fragola coltivate, ad oggi, appartengono a questo binomio, molto adattabile a diversi ambienti e con numerosi caratteri positivi, come la pezzatura elevata, il colore brillante, l'aromaticità e l'invidiabile contenuto di molecole antiossidanti per quanto concerne il frutto, mentre la tolleranza a patogeni, l'elevata fioritura e la resistenza al freddo per quanto riguarda la pianta (Angelini, 2010)

Figura 1: Illustrazione *Fragaria x ananassa*



1.3. Caratteristiche botaniche

1.3.1. Pianta

La fragola è una pianta appartenente alla famiglia delle *Rosaceae*, genere *Fragaria*. Comprende diverse varietà importanti (Angelini, 2010), tra cui:

- *Fragaria vesca* (diploide): fragola di bosco, erbacea e perenne. altezza compresa tra i 10-20 cm, radici rizomatose e stoloni lunghi, striscianti. Predilige il sottobosco, presenta fiori bianchi, ermafroditi, unifera ma anche rifiorante (*F. vesca semperflorens*) i frutti sono piccoli di forma rotondeggiante, colore rosso intenso, molto aromatici.
- *Fragaria moschata* (esaploide): diffusa nel nord e centro Europa. pianta vigorose con fusto tra i 20-40 cm. Le infiorescenze portano fiori grandi: unisessuali nelle varietà spontanee, ermafrodite in quelle coltivate. I frutti presentano un tipico aroma moscato.

- *Fragaria chiloensis* (ottoploide): originaria del Cile, con un carattere distintivo, l'elevata pezzatura. le piante sono molto vigorose, di taglia bassa. I fiori sono grandi e facilmente impollinabili, sono unisessuali o occasionalmente ermafroditi. Frutto grande di colore rosso scuro con polpa bianca, poco aromatico, di forma rotondeggiante e cuoriforme.

- *Fragaria virginiana* (ottoploide): diffusa nel nord America. le piante sono alte e sottili con tendenza a produrre stoloni. raramente rifiorenti, neutrodiurna. I fiori sono unisessuali e originano frutti con colore rosso brillante e qualità organolettiche elevate.

La pianta di fragola è una dicotiledone perenne, considerata erroneamente di tipo erbaceo, presenta un fusto accorciato, è un rizoma più o meno lungo (da pochi cm a 10 cm), contiene tessuti vascolari e ha una funzione di riserva di sostanze. L'apparato radicale si sviluppa nei primi 25-30 cm di suolo (nei sabbiosi può arrivare anche a 50 cm), sono fascicolate e svolgono una duplice funzione, di assorbimento e accumulo di sostanze di riserva. le radici si distinguono in primarie, ovvero che si originano dalla corona, e secondarie, generalmente ramificazioni delle radici primarie.

Le foglie sono inserite su lunghi piccioli. le foglie sono composte da 3 foglioline di forma ovale più o meno allungata, dentate e riunite a rosetta. l'intensità di verde può variare a seconda della specie e dello stato nutrizionale. queste sono ricche di stomi e permettono alla pianta di svolgere un'intensa traspirazione. All'ascella delle foglie, si formano gemme che, a seconda delle ore di luce giornaliera e delle temperature, potranno diventare produttive, dando origine a infiorescenze oppure possono originare stoloni (fusti striscianti sul terreno) dai quali ad ogni nodo si origina una piantina da cui può ripartire un altro stolone. L'insieme delle nuove piantine collegate viene detta catena stolonifera. per questo motivo la fragola si propaga principalmente per via vegetativa. Lo stolone è un lungo germoglio che striscia sul suolo, è costituito da due nodi e internodi, il primo nodo porta una gemma dormiente, mentre il secondo è dotato di una gemma con cellule meristematiche che si differenziano generando una nuova pianta-clone, il tutto reso possibile da condizioni ambientali favorevoli, se così non fosse c'è la creazione di un nuovo stolone. L'emissione di stoloni avviene in estate durante la fase vegetativa dopo la fruttificazione. Per questo motivo la propagazione vegetativa permette di ottenere piante-

cloni dalla pianta madre. L' habitus vegetativo della pianta può essere definito assurgente o espanso a seconda del portamento, eretto o prostrato, del fogliame che a sua volta potrà essere definito rado o folto, in base alla densità delle foglie (Hummer and Hancock, 2009).

1.3.2. Fiore

Il fiore della fragola, definito perfetto, è ermafrodita, pur essendo presenti ancora oggi in natura, piante con fiori unisessuali. I fiori perfetti (Figura 2), sono costituiti da un calice composto, con 5 o più sepali, da una corolla composta da 5 o più petali di vario colore, più comunemente bianchi, costituiti da molti stami (organi maschili), questi ultimi sono formati da un filamento di lunghezza variabile al cui apice presentano le antere che contengono il polline. al centro del fiore delimitato dagli stami è presente il ricettacolo che presenta i pistilli disposti a spirale (organi femminili), ognuno composto da un ovario che contiene un ovulo che una volta fecondato darà origine all'achenio, chiamato erroneamente seme. Al fine di avere un buon frutto, senza deformità, è necessario che tutti gli ovari vengano fecondati, perciò nel tempo, si sono selezionate varietà autofertili.

Figura 2: Fiore



I fiori sono riuniti in infiorescenze a corimbo e si sviluppano dalla gemma da punti di inserzione differenti formando i racemi (anche detti grappoli fiorali), costituiti da un numero variabile di fiori, da 3 a 8, collocati su assi con lunghezze differenti. In base al periodo di formazione i fiori sono poi categorizzati come primari, secondari, terziari e quaternari. Il numero e lo sviluppo di assi fiorali sono strettamente correlati al genotipo e al fotoperiodo. Ogni asse presenta un numero variabile di fiori. Sull'asse primario si

forma il fiore primario che darà origine al frutto primario caratterizzato da una pezzatura maggiore. Sullo stesso asse si possono formare 2 assi secondari che a loro volta andranno a generare fiori secondari, ed in seguito frutti secondari (pezzatura minore rispetto ai primari), formando anche 2 assi terziari e così via. La presenza di diversi fiori determina anche una scalare maturazione dei frutti: maggiori ordini comportano maggiori produzioni, a discapito dell'uniformità e della pezzatura. L'impollinazione può essere di tipo entomofilo o anemofilo.

1.3.3. Frutto

Il frutto della fragola è in realtà un'infruttescenza (Figura 3). La parte edule del frutto, infatti, è rappresentata dal falso frutto che deriva dallo sviluppo del ricettacolo fecondato in precedenza. I veri frutti della fragola sono gli acheni (Figura 4), che si presentano come indeiscenti, in numero variabile da 100 a 300. Per avere un frutto che risponda alle esigenze del mercato, è importante che tutti i pistilli vengano fecondati. Casi di mal fecondazione, comportano frutti deformi.



Figura 3: Infruttescenza



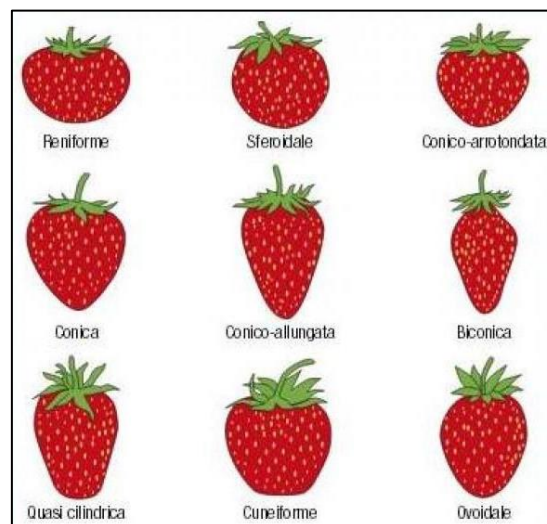
Figura 4: Acheni

La forma dei frutti (Figura 5) è molto variabile: rotondeggiante (meno ricercato per motivi di logistica), globosa, conico-globosa, ovoidale, cuneiforme corta e allungata, biconica e infine conico allungata (maggiormente richiesto nel mercato nazionale). Le dimensioni dei frutti sono legate alla cultivar e tende a decrescere dai fiori primari ai secondari e così via. La pezzatura del frutto è inoltre determinata dal numero di ovuli fecondati e dal grado di ingrossamento del ricettacolo. Negli ultimi anni le pezzature delle fragole sono aumentate, passando da 15 grammi a 25 grammi.

Il colore è un buon indice di maturazione e può variare dall'aranciato chiaro al rosso intenso. La brillantezza del colore e l'uniformità possono essere classificate come: molto scarsa, media, elevata. La consistenza del frutto si misura con il penetrometro, determinando varietà con consistenza elevatissima rispetto a quelle con epidermide facilmente danneggiabile.

Gli acheni si possono posizionare in modi diversi: acheni immersi nella superficie: tale conformazione espone il frutto a maggiore rischio di essere danneggiato; acheni che fuoriescono dalla superficie: arreca danni ai frutti vicini e risulta non gradito esteticamente; acheni in linea con la superficie: risulta essere la conformazione ottimale, conferisce una maggiore resistenza alle manipolazioni.

Figura 5: Forme del frutto: parametro fondamentale, generalmente nel mercato la forma conica allungata risulta maggiormente richiesta, sia dal punto di vista pratico che dal punto di vista estetico.



1.4. Classificazioni cultivar in relazione al fotoperiodo

La fragola è una pianta perenne a ciclo annuale, la cui differenziazione delle gemme e successiva fioritura risultano fortemente influenzate dal fotoperiodo e dalla temperatura. Il fotoperiodo rappresenta la durata dell'illuminazione diurna e l'intensità delle radiazioni. Le numerose cultivar di fragola, in base alla loro reazione al fotoperiodo, vengono in genere classificate in:

- Cultivar brevidiurne (short day) o unifere
- Cultivar neutrodiurne (day neutral) o rifiorenti
- Cultivar longidiurne (long day) o rifiorenti

1.4.1. Cultivar brevidiurne unifere

Le cultivar brevidiurne unifere comprendono un insieme di cultivar che necessitano per la fase di induzione-differenziazione a fiore delle gemme, di un fotoperiodo con ore di luce inferiore a 12 in una giornata e temperature inferiori a 15-16°C. La differenziazione a fiore delle gemme avviene in autunno, più precisamente dalla fine di settembre fino a quando le temperature lo consentono. Nel periodo invernale, la pianta entra in una tipica fase di quiescenza, dove le attività vegetative sono ridotte al minimo. In primavera, con l'aumento delle temperature, si ha il risveglio vegetativo della pianta, seguita dalla fioritura, con durata che va da alcune settimane nei climi nordici fino a qualche mese nelle zone meridionali. I frutti, hanno una maturazione scalare che inizia da maggio a giugno.

1.4.2. Cultivar rifiorenti neutrodiurne

Le cultivar rifiorenti neutrodiurne sono cultivar indifferenti al fotoperiodo, ma condizionate solo dalla temperatura. La differenziazione delle gemme avviene in tutti i periodi dell'anno, con temperature che permettono l'attività vegetativa della pianta. Sono cultivar rifiorenti e questo è un carattere che permette alla fragola di avere produzioni in diverse stagioni.

1.4.3. Cultivar riflorenti longidiurne

Le cultivar longidiurne hanno una differenziazione delle gemme in primavera-estate quando le ore di luce superano le 12 ore, fruttificando più volte all'anno, dalla primavera all'autunno. La diffusione di tali cultivar risulta limitata poiché la fioritura rilegata al periodo estivo con temperature elevate non permette al polline di germinare e di conseguenza non si ha una buona allegagione dei frutti. Sono un insieme di cultivar antiche che non vengono più coltivate.

1.4.4 Esigenze pedoclimatiche

Per quanto riguarda le esigenze pedoclimatiche la fragola privilegia suoli sciolti, ricchi di sostanza organica, soffici, neutri o leggermente acidi (pH tra 5,5 e 7,5), profondi (>50 cm), tali da permettere lo sviluppo dell'esile apparato radicale. La fragola necessita di terreni con buona disponibilità idrica, rapida capacità di smaltire le acque in eccesso e una buona aerazione che evita asfissia radicale e sviluppo di patogeni. Risultano inadatti suoli pesanti, con ristagni ed elevato contenuto di calcare o sali alcalini. Resta comunque possibile ottenere buoni risultati nella maggior parte dei terreni, purché essi siano ben lavorati e preparati. Se si prendono in relazione le temperature, la fragola ha una notevole capacità di adattarsi ai diversi ambienti, ma essendo una pianta microterma non ama particolarmente i climi caldi-aridi e cresce bene con temperature non molto elevate. La crescita è ottimale con temperature medie, con 18-22°C di giorno e 10-13°C di notte. La temperatura minima biologica è di 6°C, mentre valori di temperatura superiori a 30°C causano riduzioni delle produzioni e formazione di frutti deformi. Temperature al di sotto di -12°C (minima letale) possono portare alla morte della pianta, se si prende in considerazione la fioritura, questa viene danneggiata in maniera irreversibile con temperature al di sotto dello zero, infatti i fiori sono molto sensibili alle basse temperature e alle gelate tardive primaverili, che possono danneggiarli parzialmente o totalmente. In Italia la coltivazione di fragola comprende l'intera penisola, da nord a sud, partendo dal livello del mare fino ad altitudini superiore ai 1.500 metri. La temperatura ha un ruolo importante nella differenziazione a fiore delle gemme¹. Di fatto, per passare dalla fase

¹ La differenziazione a fiore: permette la formazione degli organi fiorali, con sviluppo degli organi riproduttivi, seguendo vari stadi di sviluppo che portano a cambiamenti morfologici, che partono dall'apice ancora vegetativo, concludendo con la completa formazione del fiore, pronto per la fioritura.

vegetativa alla fase riproduttiva, la fragola necessita di soddisfare il fabbisogno in freddo, e questo varia a seconda della cultivar. Il fabbisogno in freddo corrisponde ad un'esposizione delle gemme, nel periodo invernale, a temperature al di sotto di 7°C. negli ambienti centro-settentrionali il fabbisogno in ore di freddo varia da 800 a 1.000 ore, mentre negli ambienti meridionali si predilige cultivar con scarso o nullo fabbisogno in freddo.

1.5. Tecniche vivaistiche e materiale di propagazione

Le varietà di fragola coltivate, si propagano quasi esclusivamente per via agamica (vegetativa) nei vivai. La propagazione in Italia ebbe inizio dalla fine degli anni 60, più precisamente nel nord Italia. L'efficienza della propagazione agamica² nelle fragole, è legata strettamente alla capacità di produrre stoloni durante la fase vegetativa in estate (maggiormente nelle cultivar unifere), prima della fruttificazione. nei vivai una tecnica relativamente utilizzata è quella dell'asportazione dei fiori. La rimozione della parte riproduttiva evita la fruttificazione e questo aumenta notevolmente lo sviluppo di stoloni. la produzione nei vivai del materiale da propagazione inizia nel periodo primaverile. Le piante in suolo, definite *piante madri*, in condizioni di giorno lungo, non differenziano a fiore ma sviluppano stoloni, creando una vera e propria catena stolonifera. Da ogni nodo dello stolone, che tocca il terreno, darà origine ad una nuova pianta radicata. una pianta madre può produrre 60/70 fino addirittura a 100 piantine figlie. Tale processo di stolonizzazione può essere accentuato, spingendo la pianta madre nell'attività vegetativa, attraverso: rimozione di fiori e all'esposizione della pianta a ore di luce e temperature inadatte alla differenziazione. questo concetto espresso è valido unicamente a cultivar di fragole unifere brevidiurne, mentre varia per le cultivar longidiurne, quest'ultime infatti, nel periodo primaverile con giorno lungo, differenziano a fiore, producendo una ridotta quantità di stoloni, con maggiore interesse della pianta alla fioritura e alla produzione. Ottenuti campi di piante madri con le rispettive catene stolonifere di una data cultivar di fragola, si procede alla raccolta. tale procedimento è effettuato con una macchina con

² La riproduzione agamica: è utilizzata esclusivamente in vivaio tradizionale in cui vengono coltivate piante madri per la produzione di stoloni. La riproduzione gamica viene utilizzata per il miglioramento genetico.

apposita lama, che taglia le varie radici e permette la raccolta di queste ultime che devono essere relativamente sviluppate e avere un germoglio. Il materiale ottenuto può essere diviso in due tipologie: piante frigo-conservate e piante fresche.

1.5.1. Piante frigo-conservate

Tali piante risultano ottenute dalla coltivazione delle fragole che in seguito vengono conservate a basse temperature con opportuni controlli, tra -1° e -2°C. L'obiettivo delle piante frigo-conservate è la possibilità di poter utilizzare il materiale vegetale in qualsiasi momento dell'anno. Una volta ottenuta la pianta, essa viene selezionata da un operatore in relazione al diametro del germoglio. Questo parametro ci permette di determinare quali piante hanno una maggiore sostanza di riserva e che riesca a sviluppare in minor tempo. Le piante vengono classificate in varie categorie:

- Piante frigo tipo A++ (o extra): comprendono varietà di fragola relativamente costose, con diametri del colletto superiori ai 15 mm. Prodotte solo da alcuni vivai.
- Piante frigo tipo A+: sono piante con i diametri minori rispetto alle A++, compresi tra 12-14.9 mm. L'ottenimento di tali piante necessita di accortezza nel campo di piante madri, in quanto queste ultime devono avere una densità minore. Inoltre si procede con una rimozione delle piante madri nel periodo estivo per permettere una crescita migliore con minor competizione delle piantine figlie. Sono conservate con una rosetta di foglie, in confezioni da 250-300 piante per cassa.
- Piante frigo tipo A: consiste nella pianta più diffusa e utilizzata. Il diametro del colletto è compreso tra 8 e 11,9 mm. Il confezionamento avviene in cassette contenenti da 500-800 piantine, raggruppati in mazzi.
- Piante frigo tipo A-: piante che generalmente non vengono commercializzate, presentano diametri compresi tra 6-8 mm. Il confezionamento avviene in cassette con 900-1.000 piante.

I vantaggi dell'utilizzo delle piante frigo-conservate comprendono:

- La possibilità di poter coltivare in ogni periodo dell'anno;
- Dimensione del materiale vegetale relativamente compatto e con eccellenti capacità

adattive, che permette una coltivazione in quasi tutte le condizioni;

- Riduzione o assenza di cambiamenti nei bioritmi nella fase di conservazione delle piantine;

- Maggiore tolleranza alla siccità.

Nonostante gli elevati pregi delle piante frigo, uno svantaggio che in parte le limita molto sono i costi produttivi (Vomturmhaus, 2023.).

1.5.2. Piante fresche

Le piante fresche rappresentano un insieme di piante ottenute in vivaio con un obiettivo: permettere a regioni calde come Spagna o sud Italia di avere una produzione precoce e costante. Questa categoria comprende:

- Piante fresche cima radicata: ottenute in vivai, e fatte sviluppare in contenitori forati. Queste piante necessitano di circa 21 giorni per sviluppare una pianta con un apparato radicale ben sviluppato.
- Piante fresche a radice nuda: ottenute anch'esse in vivai. Le piante subiscono una differenziazione relativa al calibro del colletto e possono essere commercializzate fogliate o defogliate.

I vantaggi della pianta fresca, paragonata alla frigo-conservata, sono:

- Maggiore precocità di maturazione;

- Maggiore qualità dei frutti;

- Possibilità di piantagioni anche in areali temperato-caldi.

Lo svantaggio delle piante fresche è legato alla coltivazione, più precisamente un limite è dato dalla percentuale di fallanze riscontrate già dopo le prime fasi del trapianto stesso, questo è dovuto alle tempistiche, più precisamente dal periodo relativamente breve, dall'estirpazione delle piantine alla messa a dimora. Questo non permette un adeguato attecchimento.

1.5.3. Piante per produzioni programmate

Tray plant e mini tray

Sono piantine fatte ingrossare in vaso, più precisamente su un substrato di torba, partendo da piante fresche con cime radicate. Tali piante si sviluppano grazie ad opportune irrigazioni e fertirrigazioni. In inverno le tray plant, nel pieno del riposo vegetativo, vengono messe in frigoconservazione insieme al substrato (pane di terra) con presenza di foglie centrali per una durata di 12 mesi. Questo tipo di pianta ha un costo relativamente elevato e viene quasi esclusivamente utilizzata in colture fuori suolo, garantendo una buona produzione con frutti di elevata qualità.

Waiting bed plant

Sono anch'esse piante ingrossate, prodotte in appositi letti d'attesa a partire da piante frigo-conservate, generalmente del tipo A-, ma anche piante con cima radicata. La costituzione di questi letti d'attesa avviene nel periodo estivo e vengono definiti, d'attesa poiché il principale scopo è quello di ottenere un ingrossamento della pianta di partenza con un ulteriore ciclo vegetativo. Questo doppio ciclo vegetativo permette lo sviluppo di maggiore sostanza di riserva che si traduce in un miglior attecchimento e produzione. La selezione delle piantine si basa sul numero di germogli presenti al momento dell'estirpazione. In seguito, si procede alla frigo-conservazione (presentano 2-3 germogli già differenziati). Queste ultime rispetto alle piante solo frigo-conservate determinano una maggiore produzione, ma riducono la qualità. L'utilizzo di quest'ultime è principalmente per colture programmate.

1.5.4. Micropropagazione

La micropropagazione rappresenta una tecnica in vitro di propagazione alternativa, eseguita in laboratorio. Il procedimento su cui tale tecnica si basa è dato dal prelievo delle gemme dalla pianta madre, le quali si possono ottenere dalle catene stolonifere. Le stesse vengono trasferite da un ambiente esterno ostile ad uno più confortevole, dove la presenza di un terreno di proliferazione, preparato in laboratorio, può fornire i micro e i macronutrienti necessari affinché possa sopravvivere e moltiplicarsi. Questa tecnica permette di partire da una o poche gemme e ottenere al fine un numero relativamente ampio di germogli. Nei paesi dell'UE, ci sono normative per quanto riguarda la propagazione vivaistica delle fragole che impone l'utilizzo della micropropagazione esclusivamente per riprodurre e recuperare materiale infetto da virus. Questo limite è stato imposto da problemi legati alla stabilità genotipica e fenotipica osservato in piante micro-propagate di alcune cultivar di fragole, legate a tecniche non del tutto corrette durante la propagazione. Inoltre, un altro limite è dato dal costo elevato di tale tecnica. Negli ultimi anni, con il miglioramento delle tecniche e l'utilizzo di varietà più stabili dal punto di vista genetico hanno permesso di migliorare la micropropagazione nel vivaismo della fragola. In particolare, è stato realizzato uno studio che ha permesso di far luce sull'utilizzo delle piante micro-propagate. Tali piante in uso diretto come piante madri, hanno permesso una produzione vivaistica di piante frigo-conservate a partire da piante madri micro-propagate. Questo sistema offre un'alternativa per l'ottenimento di piante di qualità in vivaio (FreshPlaza, 2023).

1.6. Coltivazione Fragola e avversità

La coltivazione delle fragole si divide unicamente in: impianti in suolo e impianti fuori suolo. La scelta dell'uno o dell'altro è legata unicamente al produttore, in relazione a innumerevoli aspetti come la disponibilità delle acque e dei nutrienti, la superficie disponibile in azienda, le tipologie di mercati e infine la possibilità di investimento stesso.

1.6.1. Impianti in suolo

Negli impianti in suolo, l'elemento vincolante è il suolo stesso. La preparazione del terreno è la prima operazione da effettuare per la costituzione dell'impianto. La preparazione ha il principale scopo di affinare il terreno stesso, permettendo lo sviluppo dell'esile apparato radicale ed evitare la formazione di ristagni che in genere portano allo sviluppo di malattie fungine e problemi di asfissia. Effettuato a fine luglio per piante frigo-conservate, le piante a cime radicate vengono piantate nella prima decade di agosto, poiché lo sviluppo risulta essere più rapido.³ La costituzione di baulature (terreno rialzato) e la pacciamatura sono operazioni necessarie, effettuate con l'utilizzo di film plastico generalmente nero ma sono reperibili teli di colore diverso in base alle esigenze dell'operatore e dai costi. Lo scopo della pacciamatura è quello di evitare o almeno ridurre lo sviluppo di infestanti e non promuovere il contatto dei frutti con il terreno. In Tal caso, i frutti andrebbero incontro a marcescenza. Il telo viene forato per inserire la piantina, generalmente si fanno file binate con sesto 30-35 cm x 35-40 cm, densità d'impianto 50-55.000 piante per ha. L'interfila (spazio tra le baule) deve essere anch'essa pacciamata per evitare, a seguito di eventi piovosi, di imbrattare i frutti e generare marcescenza di questi ultimi. L'irrigazione, effettuata con manichette forate, risulta necessaria. Rappresenta il 70% delle coltivazioni di Marche e Emilia-Romagna, le cultivar prevalentemente usate sono Unifere. La raccolta avviene nella prima decade di maggio fino alla prima decade di giugno. Un limite della coltivazione in suolo è la necessità di ricorrere a rotazione ampia. Si deve evitare quindi la mono-succezione di fragola, questo genera il fenomeno di stanchezza, che genera un minor sviluppo e produzione di piante, oltre che una maggiore suscettibilità delle piante alle diverse avversità. Per risolvere questo problema in passato si effettuava la sterilizzazione del terreno attraverso la pratica della Bromurazione⁴, ad oggi vietata e sostituita con altri prodotti o come avviene in colture biologiche con la solarizzazione.

³ Le piante frigo-conservate necessitano un corretto sviluppo di un determinato numero di germogli. La fine di luglio risulta un periodo ottimale per un adeguato sviluppo di quest'ultimi. Anticipi nell'impianto portano ad un numero elevato di germogli, un ritardo genera un numero ridotto.

⁴ Bromurazione: l'utilizzo del Bromuro di metile come fumigante dei terreni è stato vietato dall'Unione Europea dal 2005, legato principalmente a problemi di irritazione e accumulo dello ione bromuro negli ortaggi (Cadirlab).

1.6.2. Impianti fuori suolo

Il fuori suolo è una tecnica sviluppata da circa 40 anni, che si basa sulla coltivazione della fragola in substrati al di fuori del suolo. Questa tecnica ha in parte permesso la risoluzione dei problemi legati alla necessità di effettuare rotazioni ampie (4-5 anni), nella fragolicoltura. Ci sono diversi sistemi, generalmente sono impianti coperti con apposite serre e le colture sono presenti su diverse tipologie di substrati (torba, cocco, ecc.). Sono sistemi rialzati dal terreno, muniti di impianto per l'irrigazione e fertirrigazione. La scelta di optare a tale sistema di coltivazione ha diversi vantaggi:

- Può permettere la possibilità di coltivare nel medesimo appezzamento;
- Elevate densità di impianto (>90.000 piante per ha);
- Strutture rialzate permette una più facile gestione e raccolta;
- Riduzione di utilizzo di erbicidi e fitofarmaci.

Gli svantaggi in genere sono legati ai costi onerosi per la costituzione dell'impianto, che si aggirano intorno ai 100.000 € all'ha. Oltre a questo, le colture fuori suolo sono protette da strutture di protezione, per questo motivo tra gli svantaggi ci sono problemi legati alla protezione della coltura, che determinano lo sviluppo di frutti deformi⁵.

La coltura protetta è utilizzata sia in colture in suolo che fuori suolo, negli ultimi decenni in Italia le strutture di protezione relative alla fragolicoltura sono aumentate notevolmente. Esse sono generalmente serre o tunnel (singoli o doppi). Lo scopo principale è la protezione delle colture per evitare danni da grandine e ulteriori danni legati a ritorni di freddo e scottature. Inoltre, la coltura protetta permette di avere un anticipo nella raccolta (si può anticipare la raccolta anche di 15-20 giorni). In relazione all'area in cui ci troviamo si decide quale sistema di protezione utilizzare.

⁵Frutti deformi: il problema principale delle colture protette nelle fragole, è lo sviluppo di frutti deformi, questo è legato ad una non ottimale impollinazione e successiva fecondazione dei pistilli. Ciò è dovuto a sbalzi termici, scarso arieggiamento, scarsa presenza di insetti pronubi, scarsa umidità nell'ambiente (non permette la germinazione del polline).

1.6.3. Avversità della fragola

Le avversità della fragola, come in tutte le altre colture, generano problematiche di spessore variabile a seconda dell'entità di attacco di un determinato patogeno. In relazione a questo possiamo suddividere diverse avversità che colpiscono la fragola: malattie fungine, batteriosi e danni legati all'attività di diversi insetti.

- **Le malattie fungine:** causano marciumi dei frutti e sono maggiormente frequenti in colture in suolo dovuti ad elevate precipitazioni durante il periodo della fioritura e della raccolta. Il principale fenomeno che si riscontra su fragole è lo sviluppo di Botrite o muffa grigia (*Botrytis cinerea*), fungo che colpisce la maggior parte degli organi della pianta, penetrando attraverso ferite. I principali danni si hanno sulla fruttificazione, dove si nota uno sviluppo di marciume molle che nel lungo periodo porta all'avvizzimento del frutto. La diffusione può essere limitata, rimuovendo le parti infette della pianta. L'Oidio (*Oidium fragariae*), è un fungo che arreca danni alla pianta, limitando lo sviluppo vegetativo, colpendo principalmente foglie e fiori, ma anche frutti. Quest'ultimo si sviluppa maggiormente in colture protette, come tunnel, dove le temperature sono maggiori. Per evitare lo sviluppo di tale patogeno, risulta fondamentale l'aerazione nelle strutture protettive.

-**Batteriosi:** ad opera di alcune specie batteriche. Il seccume fogliare della fragola (*Xanthomonas araricola*), è una batteriosi che determina nelle foglie lo sviluppo di macchie di colore rosso-bruno, che in seguito vanno incontro a necrosi. I sintomi si manifestano in tarda estate, con alte temperature ed elevata umidità.

-**Insetti:** le avversità legate all'attività degli insetti risultano essere molteplici, ed è strettamente collegata al numero di individui presenti all'interno di una popolazione. In base a questo, l'intensità degli attacchi risulta essere minore o maggiore. Gli Afidi, colpiscono maggiormente nelle colture protette. Al contrario hanno una minore intensità nelle colture in campo. Colpiscono principalmente le foglie, pungendole e determinando un arricciamento delle foglie. Un sistema di controllo è legato al lancio di insetti antagonisti.

Ragnetto rosso, è un acaro che colpisce le foglie determinando la formazione di macchie chiare sulla pagina superiore delle foglie, che in seguito disseccano. Il sistema di controllo si basa sempre alla presenza di insetti antagonisti.

Tripidi, generano danni inferiori alle foglie, ma colpiscono principalmente fiori (nutrendosi di polline e portando ad avere aborti fiorali) e frutti, deformandoli.

1.7. Raccolta e qualità della fragola

1.7.1. Raccolta e Post-raccolta

Nel settore agricolo di qualsiasi tipo di coltura la raccolta sancisce il momento effettivo in cui tutte le scelte fatte precedentemente hanno permesso di fare una produzione. Nella fragolicoltura, la raccolta è una fase relativamente delicata, impegnativa e risulta influenzata dal tipo di mercato che l'azienda vuole coprire. La raccolta si divide in manuale e meccanica.

-Raccolta manuale: effettuata in più passaggi, generalmente si procede prima alla rimozione di frutti non idonei (deformati, marci, eccessivamente piccoli) e alla pulizia della pianta. Per la raccolta delle fragole in campo si necessita l'utilizzo di agevolatori per la raccolta (simili a biciclette), presentano vari contenitori per la suddivisione dei frutti idonei da quelli non idonei. In campo, oltre alla raccolta in se, si effettua un processo di selezione, con la preparazione diretta dei packaging. La raccolta manuale delle fragole ad ora è pari a 15-20 kg per operaio. In colture fuori suolo il lavoro è agevolato dalle strutture che mantengono l'impianto rialzato, riducendo i tempi.

-Raccolta meccanica: è un'alternativa alla raccolta manuale ma è limitata da un unico fattore che è il costo. Sono macchine utilizzabili in pieno campo, presentano un sistema di telecamere ad alta risoluzione che tramite un software analizza i frutti in campo al giusto grado di maturazione e avviene la raccolta, attraverso bracci robotici. Lo svantaggio principale, oltre il costo, è la mancata capacità della macchina di raccogliere tutti i frutti maturi. Anche per gli impianti fuori suolo, sono in sviluppo macchine per la raccolta.

Il controllo e la selezione del prodotto vengono fatti direttamente in campo e si vanno poi a costituire cestini pronti alla vendita che possono essere ritirati da una determinata cooperativa. I packaging generalmente utilizzati variano di peso (125, 250, 500 grammi), sono cestini chiusi e coperti da film plastico forato (evita la formazione di condensa). Importante nel post-raccolta è mantenere la brillantezza del frutto. La maturazione della fragola, come per altri frutti, risulta essere un concetto legato al tipo di mercato che l'azienda intende garantire. Nel consumo fresco, che può avvenire con una vendita diretta in azienda, i frutti vengono raccolti a maturazione commerciale⁶ relativamente avanzata, questo garantisce un prodotto fresco e di qualità maggiore che permette di strappare prezzi migliori. In genere, la raccolta delle fragole per la vendita a cooperative deve essere anticipata di qualche giorno per permettere la conservazione, la lavorazione e il packaging. Questo permette di mantenere la shelf life del prodotto, dalla raccolta alla vendita negli scaffali dei negozi. Nella determinazione della maturazione è fondamentale seguire diversi indici, fisici e chimici (riportati in *Tabella 1*)

Tabella 1: Indici di maturazione

Indici Fisici	Indici Chimici
Forma	Zuccheri totali
Calibro	Acidità
Colore	Amido totale
Superficie esterna	
Polpa	
Peduncolo	

⁶Maturazione commerciale: rappresenta una determinata finestra di tempo, che varia nelle diverse cultivar di fragola, nella quale è possibile effettuare la raccolta in relazione alla destinazione del prodotto.

1.7.2. Caratteristiche qualitative della fragola

Per qualità di un frutto si intende l'insieme di proprietà e caratteristiche di un determinato prodotto, capaci di soddisfare esigenze del cliente o delle parti interessate. Questo concetto è in continua evoluzione ed è strettamente legato alla ricerca da parte del cliente in un determinato prodotto. Nel complesso, la qualità della fragola non è limitata esclusivamente al consumatore ma può essere anche legata al produttore stesso. La qualità dal punto di vista del produttore, in genere, è influenzata dalla cultivar stessa e dalle diverse caratteristiche che essa ha, dal punto di vista produttivo, garantendo elevate produzioni, ma anche una resistenza a diverse avversità e l'insieme di caratteristiche esteriori (pezzatura, forma, colore). Dal punto di vista del consumatore, per qualità si intendono diverse caratteristiche e proprietà della fragola stessa. Ci si riferisce in larga parte anche all'aspetto esteriore, ma anche alla capacità di quest'ultimo di mantenersi nel tempo, ricercando una shelf-life più lunga del prodotto, un sapore migliore, ma anche determinati valori nutrizionali. Questo permette di definire nel complesso varie tipologie di qualità:

- Qualità commerciale: pezzatura, colorazione, resistenza a manipolazioni e conservazione;
- Qualità sanitaria: prodotto con residui chimici;
- Qualità nutrizionale: composizione chimica del prodotto;
- Qualità sensoriale: grado di soddisfazione del consumatore (soggettiva).

Le caratteristiche qualitative e nutrizionali delle fragole sono strettamente correlate al genotipo e al miglioramento genetico, che risulta sempre più specifico. L'attività di breeding ha permesso il miglioramento nelle fragole, delle caratteristiche produttive e qualitative, ma quest'ultime non sono solo legate al genotipo, ma anche l'ottimale gestione dell'impianto, le caratteristiche pedo-climatiche devono essere ottimali alla cultivar presa in esame, e infine l'esperienza del produttore, possono influenzare notevolmente la qualità del frutto stesso.

1.8. Miglioramento genetico

Alla base della fragolicoltura in Italia, ma anche nel mondo, è presente un lungo processo di miglioramento genetico che risale ai primi anni del 700, con l'ibridazione tra *Fragaria chilonensis* e *Fragaria virginiana*, per l'ottenimento dell'ibrido *Fragaria x ananassa*, la fragola che noi tutti oggi conosciamo. Da questo ibrido, l'attività di breeding ha permesso l'ottenimento delle nuove varietà presenti oggi sul mercato. Questo è un processo, che nonostante le innumerevoli varietà già presenti, è in continua evoluzione con la finalità di avere nuove cultivar con caratteristiche migliori, che vadano a rispondere alle necessità dei produttori e consumatori (Plantgest, 2023.). Il miglioramento genetico può essere definito come un processo di selezione dei caratteri migliori da diversi individui, in seguito apportati in unico individuo, costituendo nuovi genotipi che saranno valutati nel tempo per garantire negli anni il mantenimento di tali caratteri positivi e se questi ultimi siano migliori delle cultivar già presenti in commercio. Per la fragola come in altre colture, i caratteri di interesse si dividono in produttivi e qualitativi, con obiettivi differenti.

1.8.1. Obiettivi del miglioramento genetico su fragola

Il miglioramento genetico su fragola segue particolari obiettivi legati a produzione, aumento di pezzatura, forma del frutto, vigore delle piante, fiore perfetto, ma anche alla rusticità e resistenza ad avversità della pianta, definendo degli obiettivi generali. Inoltre, sono presenti degli obiettivi specifici, legati a varie esigenze, principalmente condizioni pedo-climatiche o scopi particolari di produzione.

- **La produzione**, intesa come maggiore resa è uno degli obiettivi nell'attività di miglioramento genetico su fragola. In passato, fino alla metà degli anni 80, la produzione maggiore aveva un carattere fondamentale, e l'attività di breeding era strettamente incentrata sulla selezione di varietà con elevate produzione. Il concetto di qualità era solamente legato all'aspetto esteriore del frutto e alla pezzatura. Tra i vari aspetti esteriori del frutto troviamo la regolarità morfologica della fragola, questo erroneamente viene utilizzato dal consumatore come parametro qualitativo del frutto. L'idea di base è che un frutto con caratteristiche

morfologiche diverse dalla regolarità, viene interpretato come una merce non idonea e qualitativamente inferiore.

La pezzatura delle fragole, con processi di selezione ha portato ad un netto aumento di dimensioni con un corrispettivo aumento di peso passando da 15 grammi fino a 25-30 grammi per frutto. Questo determina un migliore aspetto del frutto, ma è un carattere importante anche in relazione alla raccolta, rendendola più semplice e veloce. Nell'aspetto esteriore del frutto risultano importanti anche il colore e la brillantezza. Il colore maggiormente apprezzato varia in base al paese di commercializzazione della fragola, in genere in Italia si gradiscono maggiormente frutti con colore rosso vivo e che presentano elevata brillantezza.

- **La rusticità** è uno degli obiettivi principali nel miglioramento genetico delle fragole, questo è strettamente legato alla forte limitazione della sterilizzazione del suolo, revoche di determinati prodotti chimici e condizioni climatiche sempre più ostili. Risulta quindi un carattere molto ricercato. A ciò si aggiunge l'obiettivo di ottenere genotipi più adattabili a bassi apporti idrici.
- **La consistenza della polpa** è un carattere relativamente importante, che ha ottenuto risultati significativi. La consistenza della polpa della fragola, è strettamente correlata alla possibilità di prolungare la shelf-life, garantendo l'integrità del prodotto, a partire dalla raccolta fino alla vendita in negozio e alla tavola del consumatore. Il miglioramento del carattere della consistenza, però, ha portato ad una diminuzione di aroma e sapore. Tali caratteristiche in alcuni Paesi risultano essere secondari dando maggiore importanza alla produzione stessa e all'aspetto. Questa tendenza nel miglioramento genetico, maggiormente spostata alla produzione, negli ultimi anni ha dovuto far fronte alle necessità legate ai gusti dei consumatori, motivo per cui, la bontà dei frutti intesa come dolcezza, aromaticità e anche caratteristiche nutrizionali sono fra i caratteri maggiormente ricercati in attività di miglioramento genetico. Attualmente i mercati cercano frutti con aromi intensi e il sapore dolce. Se pur scontata, l'attività di breeding nel migliorare le qualità organolettiche delle fragole, genera un ostacolo nella produttività. In genere, cultivar con produzioni elevate, presentano frutti con concentrazione di zuccheri minore, e quindi i frutti risultano meno dolci, rispetto a varietà con produzioni minori, che presentano maggiori concentrazioni di

zuccheri nei frutti. Questo è un ostacolo influente che si cerca di superare o ridurre con l'attività di breeding. Dal punto di vista nutrizionale, il mercato si sta orientando su selezione di frutti con una maggiore concentrazione di antiossidanti e alcune vitamine, tra le principali è presente la vitamina C, questi determinano benefici sulla salute dei consumatori.

Un limite sicuramente presente nella fragolicoltura riguarda la gestione della manodopera. La riduzione di personale per la raccolta genera una crisi durante le fasi di fruttificazione. La raccolta, che deve essere fatta in maniera attenta, inoltre, risulta molto scalare, determinando così un altro obiettivo nel miglioramento genetico, quello di avere cultivar con una minore scalarità di produzione, concentrando la resa della raccolta in un numero minore di interventi. Inoltre, si cerca di migliorare la tenuta dei frutti sulla pianta.

1.8.2 Breeding tradizionale e Breeding innovativo

La totalità di cultivar di fragole disponibili sul mercato, sono state prodotte utilizzando programmi di breeding tradizionali, rappresentati da incrocio e selezione. Tuttavia, nell'ultimo decennio sono stati proposti diversi progetti che determinano l'applicazione delle biotecnologie genomiche di precisione per il miglioramento genetico su fragola.

Nel breeding tradizionale, i metodi maggiormente utilizzati sono incroci intra-specifici e inter-specifici. La scelta dell'uno o dell'altro è legata agli obiettivi finali che si vogliono ottenere.

- **Incrocio intra-specifico**: è un incrocio tra piante di varietà diverse o selezioni che appartengono alla medesima specie, questo permette di combinare caratteri presenti nelle due cultivar o selezioni, per l'ottenimento di un unico genotipo, in seguito con accurato selezionamento si scelgono le cultivar adatte. Il programma di incrocio segue uno schema di ricombinazione, in cui si riconoscono determinati genotipi che siano interessanti per determinati caratteri.

Il genotipo ottenuto dall'incrocio segue una selezione attenta nei semenzali, seguendo diverse prove che determinano le performances dell'ibrido ottenuto. Gli ibridi che superano le valutazioni primarie vengono classificate come selezioni e seguiranno processi di moltiplicazione e nuove valutazioni. Le selezioni verranno

comparate con varietà di riferimento. Una volta determinati caratteri di pregio, le selezioni saranno diffuse come nuove cultivar. Rappresenta la metodologia migliore per ottenere un numero elevato di cultivar.

- **Incrocio Inter-specifico:** incrocio di piante appartenenti a specie diverse, utilizzata per l'ottenimento di caratteri non presenti nella specie *Fragaria x ananassa*, ma presenti in altri genotipi di specie diverse. Processo più lungo e difficoltoso per l'ottenimento di nuove cultivar. Il trasferimento di caratteri può portare ad ibridi relativamente molto diversi tra loro, con caratteristiche produttive e qualitative differenti.

Nel Breeding innovativo, le conoscenze sviluppate dagli studi genomici, risultano fondamentali per l'applicazione di nuove biotecnologie di breeding che permettono di ottenere nuove cultivar di fragole (Rivistafrutticoltura.edagricole, 2019). Ci sono nuovi strumenti biotecnologici che offrono numerosi vantaggi, evitano tempistiche elevate, presenti nel breeding tradizionale e comprendono:

- **Breeding assistito:** è un metodo di breeding, che determina l'utilizzo di marcatori (MAB), legati a diversi caratteri, utile per determina l'identità dei cloni. Questo metodo però, risulta limitato nella fragola, in quanto non sono presenti marcatori facilmente valutabili legati a particolari caratteri importanti nel miglioramento genetico della fragola. Sono presenti, comunque, marcatori associati alla resistenza ad alcuni patogeni della fragola come *Phytophthora*. Un altro problema è il costo nettamente superiore a processi di breeding tradizionale che ne limita molto l'utilizzo. Nonostante questo, la possibilità di identificare nuovi marcatori legati a caratteri specifici e di interesse e una riduzione dei costi potrebbe rendere tale metodo di breeding vantaggioso.
- **New Breeding Technologies (NBTs):** L'ingegneria genetica è stata applicata in fragola dimostrando come tale approccio può migliorare caratteri importanti della pianta stessa ma anche della fragola. L'unico fattore che limita questa tecnologia resta l'accettazione pubblica. Gli strumenti biotecnologici innovativi sono: cisgenesi/intragenesi, genome editing e silenziamento genico.
- **Cisgenesi/intragenesi:** si utilizzano geni (o loro sequenze) della stessa specie o specie sessualmente affini, che possono essere utilizzati per il miglioramento di

colture agrarie. I geni cisgenici (sequenze di geni isolati dalla stessa specie) o intragenici (sequenze di geni isolati da una specie compatibile), sono particolari geni che vanno a sostituire geni di resistenza ad antibiotici o erbicidi. Questo determina generazioni di piante migliorate solo nei tratti desiderati con sequenze geniche della stessa specie. Queste tecnologie sono fortemente condizionate dalla conoscenza delle funzioni che determinano geni e loro sequenze regolative. Sulla fragola sono stati evidenziati diversi caratteri migliorati con questa tecnica. L'Università di Granada ha individuato due geni di difesa (FaWRKY1 e FaNPR3.1). Il silenziamento di questi geni in un sistema transgenico permette una maggiore resistenza ai funghi appartenente al genere *Colletotrichum* e *Botrytis*. Le piante ottenute hanno una maggiore accettabilità rispetto alle piante OGM.

- **Genome editing:** questo è una metodologia che rende possibile la manipolazione di ogni gene della pianta. Ciò permette integrazioni, rimozione e mutazione del gene oggetto di interesse. Questo processo si basa su una tecnica che permette il taglio della doppia elica di DNA in un determinato punto preciso che genera nel gene oggetto di interesse mutazioni specifiche, questa tecnica viene chiamata CRISPR/Cas9. Con tale tecnica però, si è visto l'insorgere di frequenti imprecisioni che possono però essere eliminate. Questo metodo nelle fragole è stato testato per il gene omeotico che controlla il differenziamento a fiore. Le linee di fragola prese in esame e sottoposte al CRISP, presentavano difetti nello sviluppo di stami e frutti. Con il genoma editing si sono ottenute mutazioni favorevoli per questi difetti, che sono risultate stabili anche in piante clone ottenute per propagazione vegetativa con stolone. Il limite di tale metodologia è la ridotta disponibilità di protocolli efficienti di rigenerazione, selezione e trasformazione da applicare alle varietà di fragole prese in esame.
- **RNAi e silenziamento genico:** nel campo della fragolicoltura tale tecnica permette la creazione di nuove varietà resistenti a diverse malattie. Alla base di questa tecnica è presente un cross-kingdom, ovvero uno scambio di piccole molecole di RNAi dalla pianta al patogeno che permette una maggiore difesa da patogeni e parassiti. Una nuova pianta modificata con HIGS (host-induced gene silencing), determina il silenziamento di geni del patogeno o parassita che si traduce con una resistenza stabile da parte della pianta al patogeno o parassita

preso in esame. Questa pianta ottenuta risulta essere un OGM (direttiva 2001/18 Ce⁷) diverso dai tradizionali in quanto presenta solo molecole di RNAi con assenza dell'espressione di proteine/enzimi rendendolo quindi meno rischioso per l'ambiente e per la salute. Per quanto riguarda le fragole, è stata dimostrata l'efficacia di tale tecnologia per indurre resistenza a insetti come *Drosophila suzuki*. Inoltre, l'efficacia delle sequenze di RNAi ha determinato il controllo di infezioni di Botrite e Verticillium.

1.8.3. Breeding fragole in Italia

Le prime attività di miglioramento genetico in Italia iniziarono in Emilia-Romagna a partire dalla seconda metà degli anni 60. L'obiettivo primario era quello di sostituire varietà estere non idonee dal punto di vista produttivo, con nuove varietà. Attualmente sono presenti molti programmi che hanno come obiettivo il miglioramento delle varietà standard nelle regioni interessate alla fragolicoltura, visto che sono presenti delle strutture e dei produttori appartenenti al settore pubblico e privato che garantiscono un contributo economico per perseguire le attività di ricerca necessarie per lo scopo finale.

In queste attività si ricercano varietà unifere a basso fabbisogno di freddo che risultano adatte alle zone meridionali, mentre, per gli ambienti settentrionali si ricercano delle varietà unifere ma con elevato fabbisogno di freddo invernale (sono indicate delle varietà rifiorenti che possono garantire il raccolto in più periodi dell'anno e maggiori caratteristiche qualitative e produttive).

I principali enti specializzati in miglioramento genetico e selezione di cultivar in Italia sono: D3A-UNIVPM, CIV, Berry Lab, Nova Siri Genetics.

- **D3A-UNIVPM:** il dipartimento di Scienze Agrarie dell'Università Politecnica delle Marche, ha avviato il programma di miglioramento genetico su fragola nel 1993 dal Prof. Pasquale Rosati. Questo programma ha portato sul mercato diverse

⁷ Direttiva 2001/18 Ce: definisce un OGM "un organismo, diverso da un essere umano, il cui materiale genetico è stato modificato in modo diverso da quanto avviene in natura con l'accoppiamento e/o la ricombinazione genetica naturale".

Fonte Breeding innovativo: Rivista di Frutticoltura e di ortofloricoltura.

cultivar importanti come Laretta, Cristina, Romina, Sveva e Silvia, che non si sono limitate ad una diffusione solo nazionale ma anche europea e extra europea. Alla base del programma di miglioramento genetico si prevede l'utilizzo di incroci intra-specifici, tra varietà coltivate e germoplasma, ma anche incroci interspecifici con specie selvatiche, che prevede lunghi programmi di rincrocio. L'obiettivo è quello di ottenere nuove varietà con elevata qualità nutrizionale e sensoriali, con resilienza e che si adattano bene agli ambienti temperato-freddi. Recentemente si è avviato un programma di miglioramento genetico per la selezione di cultivar adatte ad ambienti temperati-caldi e subtropicale. La selezione viene fatta partendo da piante frigo-conservate e cime radicate, coltivate in campo, non fumigato con una rotazione di 3 anni. Sono particolari condizioni che permettono la selezione di piante con elevata rusticità. In seguito, si procede con verifiche sperimentali in diverse stazioni europee, per il rilascio di nuove varietà (Mezzetti, B., e Capocasa, F., 2021).

- **CIV:** Consorzio Italiano Vivaisti, da diversi anni si occupa di breeding su Fragola. Il programma di miglioramento genetico è basato su incrocio e valutazione dei semenzali in condizioni di pieno campo e artificiali. L'obiettivo per la fragola è la costituzione di varietà ad alto fabbisogno di freddo, sia unifere che riflorenti, con elevata resistenza a diverse patologie e elevata qualità. Tali caratteristiche hanno permesso la diffusione di diverse cultivar in oltre 60 Paesi. (Edagricola, 2019.).
- **Berry Lab:** ha iniziato il progetto “Med-Berry” su fragola, nel maggio del 2019, è una cooperazione tra diversi Paesi tra cui, Italia, Francia; Spagna, Marocco e Turchia, con l'obiettivo di sviluppare nuove strategie per la gestione delle malattie della fragola.
- **Nova Siri Genetics:** nata nel 2005 nel Sud Italia, da diversi anni si occupa di attività di ricerca e sperimentazione di nuove varietà di fragole, con l'obiettivo di introdurre cultivar innovative. La destagionalizzazione è il principale target in cui Nova Siri Genetics punta per l'ottenimento di nuove varietà senza ridurre le caratteristiche qualitative e nutrizionali del frutto stesso (NovaSiriGenetics, 2023).

1.8.4. Costituzione e certificazione varietale

La costituzione varietale comprende una serie di fasi, legate sia per il pubblico che per il privato, che determina la formazione di genotipi migliorati. La ricerca genetica, individua grazie a numerosi studi diversi genotipi adatti al programma di breeding, tali fonti vengono poi utilizzate nei vari programmi di miglioramento genetico sia pubblico che privato. In seguito all'attività di Breeding svolta, si detengono le così dette proprietà intellettuali, ovvero, brevetti, di proprietà dell'ente che ha sviluppato il nuovo materiale. Tale materiale, in seguito, può essere distribuito e acquistato nei vari vivai, dove seguirà processi di sperimentazione, fino alla produzione e commercializzazione dei privati.

La certificazione varietale comprende anche certificazione sanitarie regolate dal sistema nazionale. Questo sistema permette di definire l'originalità genetica e sanitaria definendo varietà certificate. I sistemi di certificazione in vigore a livello nazionale per materiale vivaistico sono 2:

- **Sistema di certificazione obbligatorio genetico-sanitario:** requisito minimo per la vendita in vivaio, questo permette l'ottenimento di materiale con categoria C.A.C. (conformità agricola comunitaria). Garantisce requisiti minimi di qualità imposti dalla Comunità Europea, per la propagazione di tale materiale.
- **Sistema di certificazione volontaria nazionale genetico-sanitaria:** è una certificazione volontaria che permette una selezione di materiale in campi di moltiplicazione, costituendo campi di piante madri, da dove si potrà ottenere 2 categorie di materiali: Virus controllato (VC) e Virus Esente (VE).

2. Obiettivo delle tesi

Lo scopo della tesi è quello di confrontare selezioni di fragole avanzate, paragonandole con cultivar già esistenti, per la definizione e valorizzazione delle selezioni più interessanti a livello di mercato. Questo è alla base per la costituzione di nuove varietà, campo in cui il Dipartimento di Scienze Agrarie dell'UNIVPM da molti anni lavora.

Le selezioni di fragole prese in esame presentano diversi caratteri positivi interessanti sul mercato e adatte per l'ottenimento di nuove cultivar. Ponendo quindi a paragone tali selezioni con cultivar già presenti nel mercato tra cui: "Francesca", "Tea", "Lauretta", "Dina", "Silvia"; si può notare come le selezioni rispondono, positivamente o negativamente, per determinati parametri in comparazione. I parametri fondamentali sono rappresentati dal contenuto zuccherino, dall'acidità, ma anche dal colore e della consistenza che il frutto della selezione ha, rispetto al frutto della cultivar già presente. Le risposte positive delle selezioni si possono ottenere con valori di parametri che si distaccano per eccesso rispetto alle cultivar già presenti sul mercato. Le risposte negative delle selezioni si possono ottenere con valori di parametri che si distaccano per difetto rispetto alle cultivar già presenti sul mercato. Con risposte positive che si mantengono tali negli anni, dalla selezione si può ottenere una nuova cultivar.

3. Materiali e metodi

3.1. Campo sperimentale

Il campo sperimentale utilizzato nel programma di miglioramento genetico dell'Università Politecnica delle Marche si trova presso Agugliano (AN) a circa 20 km dal mare e ad una altitudine di 80 m s.l.m. (4331'60"N, 1322'60"E). Il campo presenta caratteristiche pedologiche tipiche dell'areale della media collina marchigiana: tessitura franco-argillosa, pH subalcalino, alta dotazione di calcare attivo, basso contenuto di sostanza organica, scarsa dotazione di N totale e P assimilabile, ma alto contenuto in basi di scambio (Mg e K) ed alta capacità di scambio cationico. Secondo la classificazione di Köppen e Geiger, il clima è identificabile come temperato umido con estati molto calde (Cfa). La temperatura media durante l'anno è di 14.0°C; il mese più caldo è luglio con una media di 23.0°C, mentre gennaio con una temperatura media di 4.9 °C è il mese freddo. Le seguenti valutazioni si sono svolte nel campo di secondo livello, nominato anche come collezione. L'area sperimentale è stata suddivisa in quattro blocchi randomizzati ognuno dei quali con parcelle di 6-8 piante ripetute 4 volte, per un totale di 64 parcelle (16 per blocco). Le piante frigo-conservate a radice nuda sono state messe a dimora a fine luglio 2022 in prodi pacciamate con film plastico nero forato, a fila doppia (30 x 35 cm con una densità di impianto di 55.000 piante per ettaro) ed irrigate con doppia manichetta forata posta sotto la pacciamatura.

3.2. Materiale vegetale

Il materiale vegetale, comprende le cultivar di riferimento (Tabella 2) e le selezioni (Tabella 3)

Tabella 2: Cultivar di riferimento, descrizione varietale e relativo costituente

CULTIVAR	DESCRIZIONE	COSTITUTORE E ANNO DI RILASCIO
LAURETTA	Varietà unifera a maturazione medio-precoce con buon fabbisogno in freddo	Università Politecnica delle Marche – 2019
FRANCESCA	Varietà unifera a maturazione molto precoce con buon fabbisogno in freddo	Università Politecnica delle Marche - 2019
DINA	Varietà unifera, interessante per gli ambienti di coltivazione temperato caldi e subtropicale.	Università Politecnica delle Marche - 2019
TEA	Varietà consigliata per il nord Italia, Pianta di media vigoria con produzioni medio-alte	Geoplant vivai - 2016
SILVIA	Varietà di fragola unifera a maturazione tardiva con elevato fabbisogno in freddo.	Università Politecnica delle Marche - 2019

Tabella 3: Selezioni valutate e relativi parentali

SELEZIONI	MADRE	X	PADRE
AN12,23,53	F. FORTUNA	X	AN06,164,52
AN12,29,60	F. FORTUNA	X	AN07,07,60
AN13,13,62	PIRCINQUE	X	AN06,164,52
AN14,01,52	CRISTINA	X	AN03,339,51
AN11,32,55	TECLA	X	AN02,199,55
AN16,15,53	FRANCESCA	X	AN10,28,51
AN14,16,62	AN07,08,52	X	F. FORTUNA
AN17,04,51	FC 09,181,05	X	AN06,75,51
AN17,31,51	LAURETTA	X	SIBILLA
AN17,31,54	LAURETTA	X	SIBILLA

3.3 Parametri produttivi

L'attività produttiva (2023), rappresentata dalla raccolta dei frutti delle selezioni e delle cultivar è iniziata da fine aprile a fine giugno. La raccolta era scalare, in genere sono stati effettuati diversi passaggi.

La raccolta dei frutti ha permesso di determinare la produzione totale delle piante, pesando i frutti stessi, questo è stato ripetuto per tutte le piante di ogni parcella come già espresso in Capocasa et al., 2016.

Per il calcolo del peso medio del frutto, si procede con il campionamento di 20 frutti, per parcella. Alla raccolta i frutti sono stati suddivisi in base alle caratteristiche morfologiche, in diverse tipologie:

- Frutti sani e integri con diametro del frutto ≥ 22 mm: cioè, quei frutti che vanno a rappresentare nel loro insieme la produzione commerciale della pianta.
- Frutti con un diametro al di sotto di 22 mm: rappresentano i frutti sottomisura.
- Frutti che di forma non regolare e spaccata: rappresentano i frutti deformi.
- Frutti colpiti dai marciumi: rappresentano i frutti marci.

Queste ultime tre categorie di frutti insieme, tranne la produzione commerciale della pianta, rappresentano la produzione di scarto totale. L'insieme dei dati ottenuti, permettono in seguito di calcolare: produzione commerciale, produzione totale per pianta, peso medio ponderato del frutto (PMP) ed epoca di maturazione.

3.3.1. Produzione commerciale

La produzione commerciale, rappresenta quella parte della produzione della pianta, che presenta frutti esenti da imperfezioni e che sono quindi commerciabili e viene espressa in kg pianta^{-1}

3.3.2. Produzione totale per pianta

La produzione totale per pianta, è data dalla produzione commerciale per pianta sommata allo scarto per pianta e viene espressa in Kg pianta^{-1}

3.3.3. Peso medio ponderato del frutto

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

$$\text{PMP} = \Sigma (p \times q) / Q$$

Dove

p = peso medio del frutto di una raccolta;

q = produzione commerciale della stessa raccolta;

Q = produzione commerciale di tutte le raccolte.

3.3.4. Epoca di maturazione

L' epoca di maturazione, viene espressa come indice di precocità (IP) che rappresenta la media ponderata dei giorni necessari a raccogliere tutta la produzione, secondo la formula:

$$\text{IP} = \Sigma (Z \times q) / Q$$

Dove

Z = numero dei giorni trascorsi dal 27/04/2023;

q = produzione totale raccolta alla data Z;

Q = produzione totale di tutte le raccolte.

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

3.4 Parametri qualitativi

I parametri qualitativi valutati sono il colore e la consistenza dei frutti, importanti per la valutazione esteriore del prodotto; mentre l'acidità e i solidi solubili, sono fondamentali per la caratterizzazione del sapore dei frutti. Le analisi per la determinazione dei parametri qualitativi, inizia con un campionamento alla raccolta di 10 frutti per ogni parcella, a partire dalla terza raccolta. In genere le prime raccolte non vengono utilizzate per il campionamento. I campioni determinati vengono deposti con cura, evitando danneggiamenti, in apposite vaschette in plastica. Da qui si possono determinare i primi 2 parametri qualitativi, colore e consistenza.

3.4.1. Colore

Il colore è stato analizzato tramite Minolta Chromameter CR 400 (Konica Minolta, Tokyo, Japan) (Figura 6). Si prelevano 10 frutti per le analisi colorimetriche, quest'ultima viene effettuata su entrambe le facce del frutto, facendo due misurazioni distaccate. Le analisi effettuate con colorimetro non sono operazioni di tipo distruttivo, il frutto rimane intatto. Questo tipo di analisi ci permette di definire il colore della superficie del frutto, grazie all'utilizzo di un colorimetro automatico a riflettanza. La scala di valutazione è espressa secondo lo spazio-colore CIELab, dai valori L^* , a^* , b^* . L^* rappresenta la brillantezza, a^* la tonalità rossa e b^* la tonalità gialla. Questi parametri permettono di calcolare l'indice Chroma, calcolato secondo la formula $[(a^{*2}+b^{*2})]^{1/2}$.

Figura 6: Minolta Chromameter CR 400 (Konica Minolta, Tokyo, Japan)



3.4.2. Consistenza

La consistenza è stata valutata tramite il Digital fruit firmness tester53205 (Turoni) (figura 7), sui 10 frutti precedentemente sottoposti ad analisi colorimetrica. La consistenza si misura con il Penetrometro, strumento che nel caso delle fragole presenta un particolare puntale da 6mm di diametro, di forma a stella che contrasta l'elasticità dell'epidermide, collegato ad una molla, quest'ultima permette di misura la forza necessarie per la perforazione della superficie e la penetrazione della polpa. Il valore che si determina è espresso in g/cm². Importante è che le misurazioni vengano fatte in entrambi i lati del frutto e in porzioni della fragola priva di marciumi o lesioni che potrebbero alterare i valori delle misurazioni. Il penetrometro determina la distruzione del frutto ed è per questo un metodo definito distruttivo. I valori di questa analisi dipendono da molti fattori quali varietà, condizioni climatiche, presenza o no di malattie, eccessiva manipolazione del frutto, i valori generalmente vanno da 0 a 1.000 grammi, con valori ideali che sono compresi tra 300-700 grammi.

Figura 7: Digital fruit firmness tester53205 (Turoni)



Queste analisi ci permettono di misurare due parametri fondamentali: il colore e la consistenza. Una volta misurati, i dieci frutti di ogni campione vengono riuniti in sacchetti di plastica trasparenti, surgelati e utilizzati in seguito per le analisi del contenuto in solidi solubili e dell'acidità titolabile.

3.4.3. Solidi solubili

La concentrazione zuccherina del frutto, viene misurata determinando la concentrazione dei solidi solubili (S.S.). Lo strumento utilizzato è il rifrattometro digitale a compensazione automatica della temperatura Atago, PR101 α (Figura 8). Il rifrattometro si basa sul principio fisico della rifrazione di un fascio di luce attraverso una soluzione, questo comporta che all'aumentare della densità della soluzione, l'indice di rifrazione cresce proporzionalmente. Quindi maggiore è il contenuto in zuccheri della fragola e maggiore sarà il valore misurato dal rifrattometro, espresso in °Brix. Per effettuare l'analisi, si utilizzano i frutti precedentemente utilizzati per la determinazione del colore e della consistenza, che in seguito sono stati congelati in sacchetti di plastica. Una volta scongelati i frutti vengono schiacciati all'interno del sacchetto per ottenere il succo che una volta filtrato, viene raccolto in un becher, si preleva poi piccole quantità di succo che in seguito viene depositato sulla superficie del vetrino di caricamento del rifrattometro e si legge il valore in °Brix.

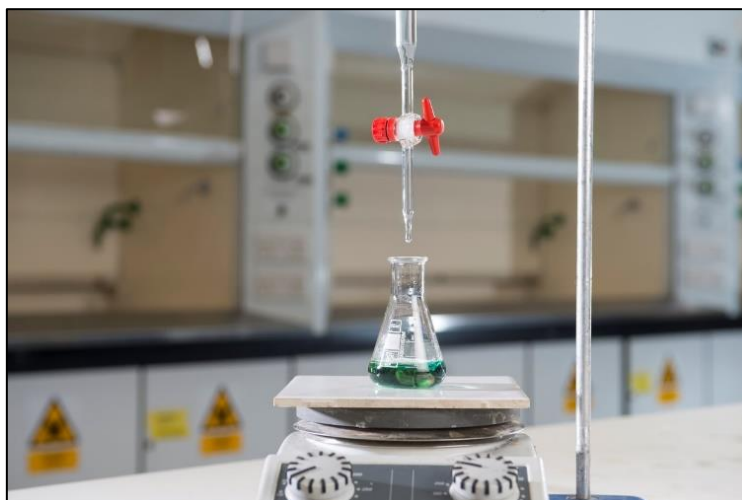
Figura 8: rifrattometro digitale a compensazione automatica della temperatura Atago, PR101 α



3.4.4. Acidità titolabile

Per acidità titolabile si intende tutto il quantitativo di acidi liberi presenti nel succo di fragola (principalmente acido ascorbico, malico, succinico e citrico), che contribuiscono, insieme agli zuccheri solubili, a definire il sapore del frutto. Per questo tipo di analisi si usa la tecnica della titolazione, basata sulla neutralizzazione degli acidi in soluzione, grazie all'aggiunta di una base forte, l'idrossido di sodio (NaOH), esso rappresenta il titolante. Il procedimento consiste nel prelevare 10 g di succo di fragola estratto in precedenza per la determinazione dei solidi solubili, a questi vengono aggiunti ulteriori 10 g di acqua distillata, ottenendo 20 g di soluzione in rapporto 1:1. Alla soluzione in seguito si aggiungono 3 gocce di Blu di bromotimolo, un indicatore, che nel momento in cui il pH diventa neutro determina una colorazione della soluzione bluastra-verdastra (come riportato in Figura 9). La titolazione viene effettuata con l'utilizzo di una buretta graduata che presenta al suo interno il titolante fatto sgocciolare sul becher dove è presente la soluzione, fino a quando la non raggiunge la neutralità visibile grazie al viraggio di colore della soluzione per la presenza del Blu di bromotimolo. Una volta avvenuto il viraggio è possibile verificare quanti millimetri di NaOH, controllando l'asta graduata, si sono utilizzati per neutralizzare tutti gli acidi liberi presenti nella soluzione e, attraverso opportuni calcoli, è possibile ricavare la concentrazione degli acidi solubili totali. L'acidità titolabile viene misurata in milliequivalenti di NaOH su 100 g di succo (meq/100g)

Figura 9: Viraggio di colore per la determinazione dell'acidità titolabile



4. Risultati e discussione

4.1. Parametri produttivi

La valutazione dei parametri produttivi, permette di definire l'indice di precocità, il peso medio ponderato dei frutti, la produzione commerciale, la produzione totale e lo scarto totale.

4.1.1. Indice di precocità delle cultivar di riferimento e delle selezioni

In relazione all'indice di precocità possiamo distinguere cultivar e selezioni in: precoci, intermedie e tardive.

Come riportato in Tabella 4, sono rappresentate le selezioni con indice di maturazione precoce, considerando “Francesca” e “Dina” le cultivar di riferimento. In base a ciò, AN14,16,62 rappresenta la selezione più precoce (IP=135,6), a seguire AN17,31,51 (IP=138), per poi trovare la cultivar di riferimento “Francesca” con IP=138,7, in seguito, AN12,29,60 (IP=138,9) e AN16,53,54 (IP=139,6). Infine, è presente la cultivar di riferimento “Dina” con IP=141,4.

Tabella 4: Cloni con indice di maturità precoce. “Francesca” e “Dina” rappresentano le cultivar di riferimento del periodo. I valori riportati in tabella sono rappresentati come medie \pm deviazione standard.

Clone	Indice di precocità	Epoca di Maturazione
AN14,16,62	135,6 \pm 2,5	Precoce
AN17,31,51	138,0 \pm 1,4	Precoce
FRANCESCA	138,7 \pm 0,7	Precoce
AN12,29,60	138,9 \pm 1,7	Precoce
AN16,53,54	139,6 \pm 2,6	Precoce
DINA	141,4 \pm 2,6	Precoce

In Tabella 5, sono riportate le selezioni e le cultivar di riferimento a maturazione intermedia. AN16,15,53 rappresenta la prima selezione con IP=144,3, simile alla cultivar di riferimento “Tea” con IP=144,7. In seguito, troviamo la selezione AN17,04,51 (IP=145,2) e la cultivar “Lauretta” con IP=147,9. Infine, è presente la selezione AN17,31,54 con IP=149,

Tabella 5: Cloni con indice di maturità intermedio. “Lauretta” e “Tea” rappresentano le cultivar di riferimento del periodo. I valori riportati in tabella sono rappresentati come medie \pm deviazione standard.

Clone	Indice di precocità	Epoca di Maturazione
AN16,15,53	144,3 \pm 1,1	Intermedia
TEA	144,7 \pm 0,9	Intermedia
AN17,04,51	145,2 \pm 2,5	Intermedia
LAURETTA	147,9 \pm 1,4	Intermedia
AN17,31,54	149,4 \pm 1,9	Intermedia

Nella Tabella 6, sono presenti cloni con indice di maturità tardivo. Troviamo la selezione AN12,13,58 con IP=151,2 e la cultivar di riferimento “Silvia”, che risulta la più tardiva con IP=154,8

Tabella 6: Cloni con indice di maturità tardivo. “Silvia” è stata adottata come cultivar di riferimento. I valori riportati in tabella sono rappresentati come medie \pm deviazione standard.

Clone	Indice di precocità	Epoca di Maturazione
AN12,13,58	151,2 \pm 1,5	Tardiva
SILVIA	154,8 \pm 0,4	Tardiva

L'indice di precocità, può essere notevolmente influenzato da fattori ambientali positivi o negativi. Fattori ambientali positivi infatti possono anticipare la produzione, mentre fattori ambientali negativi possono ritardarla. Inoltre, anche il carico produttivo può influenzare l'indice di precocità, in quanto annate con minore produzione possono determinare un anticipo considerevole della maturazione mentre annate più produttive possono posticiparle. La rappresentazione grafica delle varie selezioni e cultivar in relazione al diverso indice di precocità, sono descritte nel Grafico 1.

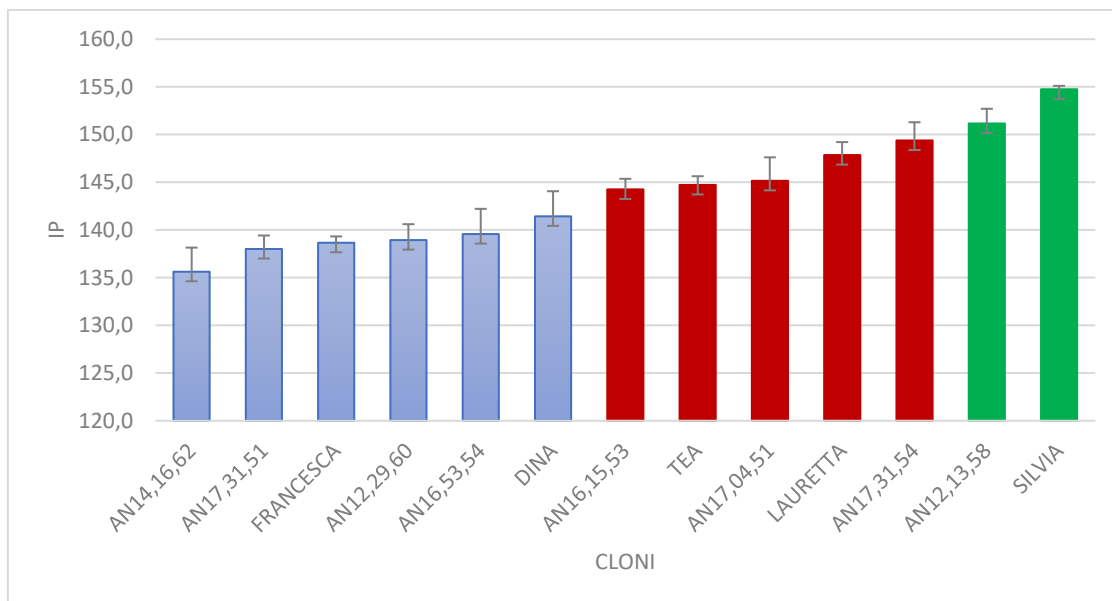


Grafico 1: Indice di precocità. Gli istogrammi blu indicano i cloni a maturazione precoce, gli istogrammi rossi i cloni a maturazione intermedia, gli istogrammi verdi i cloni a maturazione tardiva. Dati medi \pm deviazione standard.

4.1.2. Parametri produttivi delle cultivar di riferimento e delle selezioni

In Tabella 7, sono riportati dati produttivi relativi a cultivar di riferimento e alle selezioni con indice di maturità precoce. Prendendo in relazione il peso medio ponderato dei frutti (PMP), la selezione AN17,21,51 presenta il valore maggiore (14,4 g), simili sono AN14,16,62, AN16,53,54 e la cultivar di riferimento “Francesca” pari a 14,3 g. In seguito, troviamo la cultivar “Dina” (13,8 g) e con il valore minore la selezione AN12,29,60 (13,3 g). Considerando la produzione commerciale, il valore più alto, viene riscontrato sulla cultivar “Francesca” con 331,6 g, seguita dalla selezione AN16,53,54 (271,3 g), AN14,16,62 (252,5 g). Troviamo poi AN17,31,51 con una produzione commerciale pari a 238,7 g e AN12,29,60 con 207,2 g. Infine, troviamo la cultivar “Dina” con un valore di 196,6 g. Per il peso totale, la cultivar “Francesca” si conferma nuovamente con il valore più elevato pari a 490 g, a seguire, AN16,53,54 (417,9 g), AN14,16,62 (377,2 g). La cultivar di riferimento “Dina” presenta un valore di 367,5 g, per poi trovare, AN12,29,60 (352 g) e infine AN17,31,51 con 345,9 g. Al valore della produzione totale bisogna anche considerare lo scarto totale, attribuendo alla cultivar di riferimento “Dina” con un valore di 170,9 g il valore maggiore. In seguito troviamo la cultivar di riferimento “Francesca”

con 158,4 g, AN16,53,54 (146,7 g), AN12,29,60 (144,8), AN14,16,62 (124,9) e infine la selezione AN17,31,51 con un valore di scarto totale pari a 107,2 g.

Tabella 7: Parametri produttivi dei cloni a maturazione precoce . I valori riportati in tabella sono rappresentati come medie \pm deviazione standard.

Clone	Peso medio ponderato del frutto (g)	Produzione commerciale (g pianta ⁻¹)	Produzione totale (g pianta ⁻¹)	Scarto totale (g pianta ⁻¹)
AN14,16,62	14,3 \pm 1,3	252,5 \pm 96,9	377,3 \pm 116,5	124,9 \pm 20,3
AN17,31,51	14,4 \pm 0,5	238,7 \pm 25,9	345,9 \pm 24,1	107,2 \pm 8,1
FRANCESCA	14,3 \pm 1,8	331,6 \pm 84,4	490,0 \pm 93,2	158,4 \pm 19,9
AN12,29,60	13,3 \pm 0,7	207,2 \pm 42,8	352,0 \pm 78,9	144,8 \pm 39,1
AN16,53,54	14,3 \pm 1,2	271,3 \pm 135,6	417,9 \pm 148,7	146,7 \pm 28,6
DINA	13,8 \pm 0,9	196,6 \pm 42,8	367,5 \pm 78,3	170,9 \pm 39,6

Nella Tabella 8, troviamo i valori dei parametri produttivi di cultivar e selezioni con indice di maturità intermedia. Partendo dal peso medio ponderato (PMP), la selezione AN17,31,54, presenta il valore maggiore (21,1 g), a seguire troviamo la cultivar di riferimento "Tea" con un valore di 18,8 g. AN16,15,53 presenta un valore del PMP pari a 15 g, per poi trovare con valori simili AN17,04,51 e la cultivar di riferimento "Lauretta", rispettivamente 13,9 g e 13,7 g. Per quanto riguarda il peso commerciale, la selezione AN17,31,54, presenta il valore più elevato (484,4 g), seguita dalla cultivar di riferimento

“Tea” con 337,8 g, per poi trovare con valori inferiori AN17,04,52 (283,8 g), AN16,15,53 (199,6 g) e la cultivar “Lauretta” con il valore inferiore pari a 184,7 g. Considerando invece la produzione totale per pianta la selezione AN17,31,54 si conferma nuovamente con il valore più alto pari a 683,5g, per poi trovare “Tea” (605,3 g) e con valori notevolmente inferiori troviamo la selezione AN 17,04,51 (378,6 g), AN16,15,53 (341,3 g) e infine la cultivar “Lauretta” con un valore di 286,3 g. Considerando lo scarto totale il valore maggiore è presente nella cultivar “Tea” (267,4 g), a seguire AN17,31,54 (199,1 g), AN16,15,53 (141,7 g), per poi trovare “Lauretta” (101,6 g) e con il valore di scarto totale minore AN17,04,51 (94,9 g).

Tabella 8: Dati produttivi dei cloni a maturazione intermedia. “. I valori riportati in tabella sono rappresentati come medie \pm deviazione standard.

Clone	Peso medio ponderato del frutto (g)	Produzione commerciale (g pianta ⁻¹)	Produzione totale (g pianta ⁻¹)	Scarto totale (g pianta ⁻¹)
AN16,15,53	15,5 \pm 1,9	199,6 \pm 65,1	341,3 \pm 84,0	141,7 \pm 31,1
TEA	18,8 \pm 1,6	337,8 \pm 58,7	605,3 \pm 58,2	267,4 \pm 47,1
AN17,04,51	13,9 \pm 1,1	283,8 \pm 44,0	378,6 \pm 39,1	94,9 \pm 8,8
LAURETTA	13,7 \pm 1,6	184,7 \pm 84,8	286,3 \pm 103,5	101,6 \pm 23,3
AN17,31,54	21,1 \pm 0,8	484,4 \pm 70,7	683,5 \pm 103,0	199,1 \pm 35,4

Nella Tabella 9, sono riportate la selezione e la cultivar con indice di maturazione tardivo. Partendo dal PMP, la cultivar di riferimento “Silvia presenta un valore notevolmente ampio (17,7 g), rispetto alla selezione AN12,13,58 (11,1 g). Considerando la produzione commerciale “Silvia” si conferma nuovamente con un valore nettamente superiore pari a 645,6 g, mentre la selezione AN12,13,58 presenta un valore di 93,9 g. La produzione totale per pianta è pari a 865 g per “Silvia” e di 166,2 per AN12,13,58. Lo scarto totale, per “Silvia” è pari a 219,3 g mentre per AN12,13,58 è di 72,5 g.

Tabella 9: Dati produttivi dei cloni a maturazione tardiva. I valori riportati in tabella sono rappresentati come medie \pm deviazione standard.

Clone	Peso medio ponderato del frutto (g)	Produzione commerciale (g pianta ⁻¹)	Produzione totale (g pianta ⁻¹)	Scarto totale (g pianta ⁻¹)
AN12,13,58	11,1 \pm 1,7	93,8 \pm 45,3	166,2 \pm 60,1	72,5 \pm 21,0
SILVIA	17,7 \pm 1,1	645,6 \pm 59,0	865,0 \pm 48,8	219,3 \pm 28,6

4.2. Parametri qualitativi

Nei parametri qualitativi si prende in relazione il colore, la consistenza, solidi solubili e acidità titolabili sia per cultivar che selezioni, messe a confronto

4.2.1. Colore

Il colore di un frutto rappresenta uno dei principali caratteri esteriori. Attraverso la misurazione è possibile rendere il colore un parametro oggettivo, si prende in relazione la brillantezza espressa in L* e la saturazione del colore espressa come Chroma.

Nella Tabella 10, sono riportati i valori di brillantezza (L*) e saturazione (Chroma), delle selezioni e cultivar di riferimento con indice di maturazione precoce. Il valore più alto di brillantezza è espresso dalla cultivar “Francesca” con un valore L*= 37,1, seguita da AN12,229,60 con L*=36,7, AN16,53,54 (L*=35,9), simile AN17,31,51 (L*=35,7). Troviamo poi la cultivar “Dina” con un valore L*=35, seguita infine da AN14,16,62 (L*=33,6). Per quanto riguarda la saturazione espressa come Chroma, troviamo nuovamente “Francesca” con un valore Chroma=50,3, a seguire AN17,31,51 (Chroma=46,9). AN16,53,54, AN12,29,60 e la cultivar “Dina”, presentano valori simili, rispettivamente Chroma=44,8, 44,6 e 44,1. Infine troviamo la selezione AN14,16,62 con un valore Chroma=42,3

Tabella 10: Colore dei frutti dei cloni a maturazione precoce I valori riportati in tabella sono rappresentati come medie \pm deviazione standard.

Clone	L*	a*	b*	Chroma
AN14,16,62	33,6 \pm 3,2	37,6 \pm 4,1	18,8 \pm 6,1	42,3 \pm 5,8
AN17,31,51	35,7 \pm 2,8	41,0 \pm 3,7	22,2 \pm 4,7	46,9 \pm 4,4
FRANCESCA	37,1 \pm 2,5	43,3 \pm 2,8	25,5 \pm 3,6	50,3 \pm 3,0
AN12,29,60	36,7 \pm 2,6	41,1 \pm 3,5	25,0 \pm 4,3	44,6 \pm 13,4
AN16,53,54	35,9 \pm 2,7	38,5 \pm 3,6	22,6 \pm 4,3	44,8 \pm 3,8
DINA	35,0 \pm 2,7	38,0 \pm 3,4	22,1 \pm 3,8	44,1 \pm 3,8

Nella Tabella 11, troviamo i valori L* e Chroma delle selezioni e cultivar con indice di maturazione intermedio. Il valore più alto di L* è riferito alla selezione AN17,31,54 (L*=39,6), per poi trovare AN16,15,53 e AN17,04,51 con valori rispettivamente di L*=37,1 e L*=37. In seguito troviamo le due cultivar di riferimento “Lauretta” e “Tea” (L*=36,8 e L*=36,6). Per quanto riguarda il Chroma, la selezione AN17,04,51 presenta il valore più elevato (Chroma=49,2), a seguire AN16,15,53 (Chroma=48), AN17,31,54 (Chroma=47,7). Troviamo poi la cultivar “Lauretta” con un valore Chroma=46 e infine la cultivar “Tea” con valore Chroma=44,1.

Tabella 11: Colore dei frutti dei cloni a maturazione intermedia. I valori riportati in tabella sono rappresentati come medie \pm deviazione standard.

Clone	L*	a*	b*	Chroma
AN16,15,53	37,1 \pm 2,6	41,6 \pm 2,9	23,8 \pm 4,0	48,0 \pm 3,5
TEA	36,6 \pm 2,6	37,6 \pm 3,3	23,0 \pm 4,2	44,1 \pm 4,1
AN17,04,51	37,0 \pm 2,5	42,3 \pm 2,7	25,0 \pm 4,1	49,2 \pm 3,1
LAURETTA	36,8 \pm 3,0	39,3 \pm 3,9	23,2 \pm 4,5	46,0 \pm 4,1
AN17,31,54	39,6 \pm 2,7	43,1 \pm 3,0	28,7 \pm 4,6	47,7 \pm 14,9

Nella Tabella 12, troviamo i valori L* e Chroma delle selezioni e cultivar con indice di maturazione tardive. Per L* troviamo ”Silvia” con un valore L*=36,4 seguita da AN12,13,58 L*=34,7. Per il Chroma, troviamo il valore più alto nella cultivar “Silvia” pari a Chroma=45,2 e AN12,13,58 con valore Chroma=43,3.

Tabella 12: Colore dei frutti dei cloni a maturazione tardiva.. I valori riportati in tabella sono rappresentati come medie \pm deviazione standard.

Clone	L*	a*	b*	Chroma
AN12,13,58	34,7 \pm 2,7	41,1 \pm 3,8	23,0 \pm 4,9	43,3 \pm 13,9
SILVIA	36,4 \pm 3,5	37,9 \pm 3,0	24,5 \pm 4,8	45,2 \pm 4,1

4.2.2. Consistenza

In Tabella 13, sono rappresentati i valori di consistenza espressi come durezza (g) delle selezioni e cultivar a maturazione precoce. Il valore maggiore è espresso dalla selezione AN17,31,51 con un valore elevato e pari a 1361,3 g, per poi trovare la cultivar di riferimento “Dina” 878,3 g, AN16,53,54 (616,4 g), AN12,29,60 (494,3 g), AN14,16,69 (450,5 g) e infine la cultivar “Francesca” con un valore di 379,6 g.

Tabella 13: Consistenza dei frutti dei cloni a maturazione precoce I valori riportati in tabella sono rappresentati come medie \pm deviazione standard.

Clone	Durezza del frutto (g)
AN14,16,62	450,5 \pm 0,2
AN17,31,51	1361,3 \pm 8,7
FRANCESCA	379,6 \pm 0,1
AN12,29,60	494,3 \pm 0,2
AN16,53,54	616,4 \pm 0,2
DINA	878,3 \pm 0,2

Nella Tabella 14, sono riportati i valori di consistenza delle selezioni e cultivar con maturazione intermedia. La selezione AN17,31,54 presenta il valore più alto pari a 996,5 g, a seguire la cultivar di riferimento “Lauretta” (640,3 g), AN17,04,51 (577,5 g). La cultivar “Tea” presenta un valore di durezza pari a 556,9 g, per trovare infine la selezione AN16,15,53 con un valore di 401,7 g.

Tabella 14: Consistenza dei frutti dei cloni a maturazione intermedia. I valori riportati in tabella sono rappresentati come medie \pm deviazione standard.

Clone	Durezza del frutto (g)
AN16,15,53	401,7 \pm 0,2
TEA	556,9 \pm 0,3
AN17,04,51	577,5 \pm 0,2
LAURETTA	640,3 \pm 0,3
AN17,31,54	996,5 \pm 5,4

Nella Tabella 15, sono espressi i valori di consistenza delle selezioni e cultivar a maturazione tardiva. Il valore più alto viene riscontrato nella selezione AN12,13,58 (635,3 g), per poi trovare la cultivar di riferimento “Silvia” con un valore di 472,3 g.

Tabella 15: Consistenza dei frutti dei cloni a maturazione tardiva. I valori riportati in tabella sono rappresentati come medie \pm deviazione standard.

Clone	Durezza del frutto (g)
AN12,13,58	635,3 \pm 0,3
SILVIA	472,3 \pm 0,2

4.2.3 Solidi solubili e acidità titolabile

Nella Tabella 16, sono riportati i valori di solidi solubili S.S. espressi in °Brix e acidità titolabile espressi in meq NaOH/100g, relativi alle selezioni e cultivar con indice di maturità precoce. Il valore di S.S. più elevato si riscontra nella Selezione AN14,16,62 (9,7°Brix), simile alla selezione AN12,29,60 (9,6°Brix), anch'essa simile alla cultivar "Francesca" (9,4°Brix). In seguito, AN17,31,51 con un valore di 9,1°Brix, AN16,53,54 (8,2°Brix) e infine la cultivar "Dina" con un valore di 7,6°Brix. Per quanto riguarda l'acidità il valore più elevato è presente nella selezione AN17,31,51 pari a 13,5 meq NaOH/100g, per poi trovare la cultivar "Francesca" (11,4 meq NaOH/100g), AN12,29,60 (10,8 meq NaOH/100g), AN16,53,54 (9,8 meq NaOH/100g). In seguito la cultivar "Dina" con un valore di 8,3 meq NaOH/100g e infine la selezione AN14,16,62 con un valore di acidità pari a 8,1 meq NaOH/100g.

Tabella 16: Parametri qualitativi (solidi solubili e acidità titolabile) dei cloni a maturazione precoce. I valori riportati in tabella sono rappresentati come medie \pm deviazione standard.

Clone	Solidi Solubili (°Brix)	Acidità Titolabile (mEQ NaOH/100 g)
AN14,16,62	9,7 \pm 0,8	8,1 \pm 1,3
AN17,31,51	9,1 \pm 1,0	13,5 \pm 1,3
FRANCESCA	9,4 \pm 0,6	11,4 \pm 1,3
AN12,29,60	9,6 \pm 0,5	10,8 \pm 1,4
AN16,53,54	8,2 \pm 1,0	9,8 \pm 1,9
DINA	7,6 \pm 1,1	8,3 \pm 1,9

Nella Tabella 17, sono riportati i valori di solidi solubili S.S. espressi in °Brix e acidità titolabile espressi in meq NaOH/100g, relativi alle selezioni e cultivar con indice di maturità intermedio. Prendendo in relazione la concentrazione di S.S., la selezione AN17,04,51, presenta il valore più alto, pari a 10,2°Brix, a seguire la cultivar di riferimento "Lauretta" (8,9°Brix), con valore analogo la selezione AN16,15,53 e la cultivar "Tea" (8,5°Brix). Infine troviamo con il valore più basso la selezione AN17,31,54 pari a 8,2°Brix. Considerando l'acidità il valore maggiore si riscontra nella selezione AN17,04,51 pari a 11,8 meq NaOH/100g, in seguito con valore simile "Lauretta" (11,7 meq NaOH/100g), AN16,15,53 (11,4 meq NaOH/100g) e la cultivar "Tea" (10,1 meq NaOH/100g). Infine con il valore di acidità più basso troviamo AN17,31,54 pari a 9,3 meq NaOH/100g.

Tabella 17: Parametri qualitativi (solidi solubili e acidità titolabile) dei cloni a maturazione intermedia. I valori riportati in tabella sono rappresentati come medie \pm deviazione standard.

Clone	Solidi Solubili (°Brix)	Acidità Titolabile (mEQ NaOH/100 g)
AN16,15,53	8,5 \pm 0,8	11,4 \pm 1,5
TEA	8,5 \pm 1,5	10,1 \pm 1,2
AN17,04,51	10,2 \pm 1,6	11,8 \pm 0,9
LAURETTA	8,9 \pm 1,5	11,7 \pm 1,6
AN17,31,54	8,2 \pm 1,4	9,3 \pm 1,3

Nella Tabella 18, sono riportati i valori di solidi solubili S.S. espressi in °Brix e acidità titolabile espressi in meq NaOH/100g, relativi alle selezioni e cultivar con indice di maturità tardivo. La concentrazione maggiore di S.S. è presente nella selezione AN12,13,58 ed è pari a 10,6°Brix, notevolmente maggiore rispetto alla cultivar di riferimento "Silvia", che presenta un valore di 5,9°Brix. Per quanto riguarda l'acidità, la cultivar "Silvia" presenta un valore maggiore pari a 13,3 meq NaOH/100g, mentre AN12,13,58 presenta un valore inferiore pari a 11,4 meq NaOH/100g.

Tabella 18: Parametri qualitativi (solidi solubili e acidità titolabile) dei cloni a maturazione tardiva. I valori riportati in tabella sono rappresentati come medie \pm deviazione standard.

Clone	Solidi Solubili (°Brix)	Acidità Titolabile (mEQ NaOH/100 g)
AN12,13,58	10,6 \pm 1,2	11,4 \pm 1,9
SILVIA	5,9 \pm 0,7	13,3 \pm 1,8

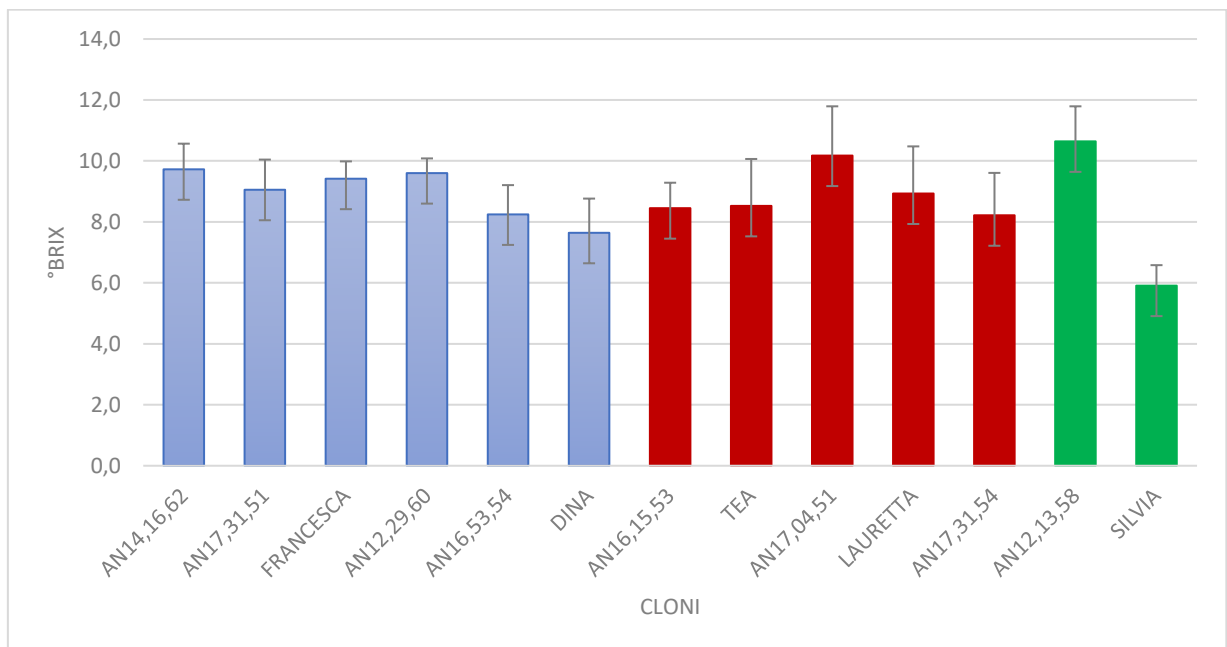


Grafico 2: Contenuto in solidi solubili (S.S.) espressi in °Brix dei frutti dei cloni di fragola in sperimentazione. Gli istogrammi blu indicano i cloni a maturazione precoce, gli istogrammi rossi i cloni a maturazione intermedia, gli istogrammi verdi i cloni a maturazione tardiva. Dati medi \pm deviazione standard.

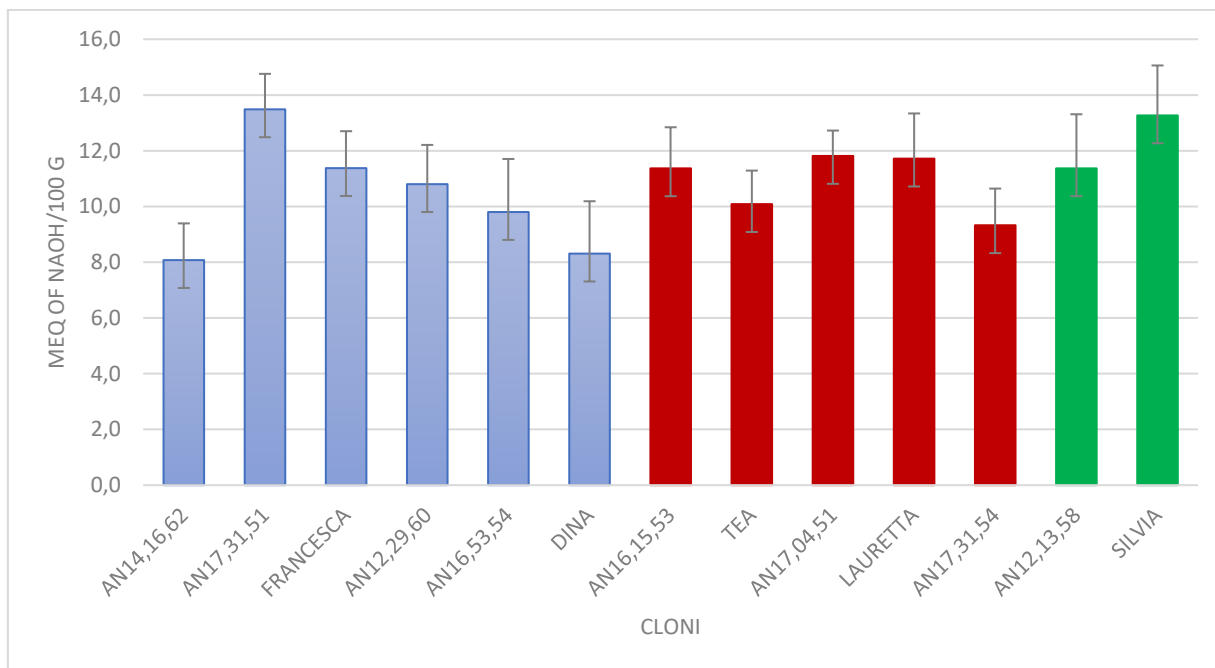


Grafico 3: Acidità titolabile (meqNaOH/100g) dei frutti dei cloni di fragola in sperimentazione . Gli istogrammi blu indicano i cloni a maturazione precoce, gli istogrammi rossi i cloni a maturazione intermedia, gli istogrammi verdi i cloni a maturazione tardiva. Dati medi \pm deviazione standard.

5. Conclusioni

In conclusione, tale studio ha permesso di identificare selezioni interessanti di *Fragaria x ananassa*, tenendo in considerazione sia i parametri produttivi, valutati in campo, sia i parametri qualitativi analizzati in laboratorio. La prova si è incentrata sul confronto tra cultivar di fragola, già presenti in commercio, e selezioni di genotipi dal programma di miglioramento genetico dell'Università Politecnica delle Marche, sulla base del periodo di maturazione. Ciò consente di evidenziare le selezioni che presentano caratteristiche simili o migliori delle cultivar di riferimento, scartando le selezioni che presentano valori minori di suddette caratteristiche.

Considerando il periodo di maturazione precoce, le selezioni che risultano maggiormente interessanti a livello produttivo sono: AN16,53,54 (271,3 g), AN14,16,62 (252,5 g) e AN17,31,51 (238,7 g), queste presentano valori di produzione commerciale relativamente inferiori rispetto alla cultivar di riferimento “Francesca” (331,6 g), ma presentano valori più elevati della cultivar “Dina” (196,6 g). Inoltre, la selezione AN17,31,51 presenta un PMP simile alla cultivar “Francesca” e “Dina” (14,3 g e 13,8 g), un valore di consistenza elevato pari a 1361,3 g, che la rende notevolmente resistente a manipolazioni, garantendo una conservazione più duratura. “Dina” (878,3 g) presenta la consistenza più elevata rispetto al resto. La selezione AN16,53,54, con una consistenza di 616,4g, spicca in confronto a “Francesca” (379,6 g), restando tuttavia inferiore a “Dina”. Inoltre, AN16,53,54 primeggia su tutti gli altri genotipi, in termini di solidi solubili, pari a 9,7°Brix, che se valutati insieme all'acidità, di 8,1 meq NaOH/100g, conferisce al frutto un'ottimo equilibrio in termini di sapore. La cultivar “Francesca” presenta un valore di S.S. pari a 9,4°Brix mentre “Dina” di 7,6°Brix. Prendendo in relazione cloni nel periodo di maturazione intermedio, la selezione più interessante a livello produttivo è AN17,31,54 con un valore di produzione commerciale pari a 484,4g. Valore nettamente superiore alle due cultivar di riferimento “Tea” e “Lauretta” (rispettivamente di 337,8 g e 184,7 g). In aggiunta, AN17,31,54 presenta una pezzatura del frutto notevolmente elevata, pari a 21,1 g, primeggiando sulle cultivar di riferimento. Interessante anche la produzione di AN17,04,51 pari a 283,8 g, e peso medio del frutto pari a 13,9 g. Queste due selezioni si confermano ottime anche in termini di consistenza, pari a 996,5 g per AN17,31,54, spiccando sia su “Lauretta” che su “Tea” (con valori rispettivamente di 640,3 g e 556,9

g). Per AN17,04,51 la consistenza è pari a 577,5 g, mentre i S.S. raggiungono i 10,2°Brix, superando sia "Lauretta" (8,9°Brix) sia "Tea" (8,5°Brix). AN17,31,54 invece presenta un valore più basso di S.S. pari a 8,2°Brix, inferiore alle altre selezioni e cultivar di riferimento, ma presenta il valore di acidità più basso (9,3 meq NaOH/100g).

Per i cloni a maturazione tardiva, la cultivar di riferimento "Silvia" si conferma nettamente superiore alla selezione AN12,13,58, per la maggior parte dei caratteri. "Silvia" eccelle sia per produzione commerciale e sia per pezzatura del frutto (rispettivamente 645,6g e 17,7 g), se confrontata con la selezione (produzione commerciale 93,8 g e PMP 11,1 g). Per quanto riguarda la consistenza e solidi solubili, AN12,13,58 supera "Silvia", rispettivamente con 635,3 g di durezza e con 10,6°Brix di S.S. In acidità a primeggiare rimane "Silvia", con un' elevata acidità (13,3 meq NaOH/100g) rispetto ai 11,4 meq NaOH/100g della AN12,13,58. Le selezioni sopraccitate, secondo l'indice di maturazione, che risultano interessanti per determinati caratteri, dovranno essere sottoposte ad ulteriori prove in campo, per verificare se le caratteristiche valutate, riescano a mantenersi tali negli anni e anche in ambienti differenti.

6. Bibliografia

Mezzetti, B., Giampieri, F., Zhang, Y. T., & Zhong, C. F. (2018). Status of strawberry breeding programs and cultivation systems in Europe and the rest of the world. *Journal of Berry Research*, 8(3), 205-221.

Di Vittori, L., Mazzoni, L., Battino, M., & Mezzetti, B. (2018). Pre-harvest factors influencing the quality of berries. *Scientia Horticulturae*, 233, 310-322.

Edger, P. P., Poorten, T. J., VanBuren, R., Hardigan, M. A., Colle, M., McKain, M. R., ... & Knapp, S. J. (2019). Origin and evolution of the octoploid strawberry genome. *Nature genetics*, 51(3), 541-547.

Angelini, R. (2010). *La fragola*. Art Servizi SpA Bologna.

Hummer, K. E., & Hancock, J. (2009). Strawberry genomics: botanical history, cultivation, traditional breeding, and new technologies. *Genetics and genomics of Rosaceae*, 413-435.

Capocasa, F., Balducci, F., Martellini, C., & Albanesi, A. (2016, August). Yield and fruit quality of strawberry cultivars grown in organic farming in the mid-Adriatic area. In VIII International Strawberry Symposium 1156 (pp. 619-626).

Mezzetti, B., & Capocasa, F. (2021). Nuove varietà di fragola rilasciate dal programma di miglioramento genetico fragola attivo presso il Dipartimento di scienze agrarie, alimentari ed ambientali–Università Politecnica delle Marche–Ancona. *Nuove varietà di fragola rilasciate dal programma di miglioramento genetico fragola attivo presso il Dipartimento di scienze agrarie, alimentari ed ambientali–Università Politecnica delle Marche–Ancona*, 152-155.

Sitografia

FAOstat, 2021. <https://www.fao.org/faostat/en/#home>

AtlasBig [Principali paesi produttori di fragole - AtlasBig.com](#)

Creafuturo,2023.<https://creafuturo.crea.gov.it/9785/#:~:text=Le%20fragole,14%C2%B0%20g radino%20al%20mondo>

Vomturmhaus, 2023. [COLTIVAZIONE DI FRAGOLE FRIGO: DESCRIZIONE E CARATTERISTICHE DEL METODO, CARATTERISTICHE DI CURA, FOTO - IL GIARDINO - 2023 \(vomturmhaus.com\)](https://vomturmhaus.com)

FreshPlaza, 2023. [Rivalutare il ruolo della micropropagazione nella produzione vivaistica delle fragola \(freshplaza.it\)](https://freshplaza.it)

Cadirlab [Bromuri in ortaggi a frutto e altre derrate orticole - cadirlab](https://cadirlab.com)

Plantgest, 2023. [Innovazione genetica della fragola a Macfrut 2023 - News Plantgest \(imgelinenetwork.com\)](https://imgelinenetwork.com)

Rivistafrutticoltura.edagricole, 2019. [Biotecnologie di breeding di precisione: analisi delle esperienze in corso - Frutticoltura \(edagricole.it\)](https://edagricole.it)

Rivistafrutticoltura.edagricole, 2019. [Miglioramento genetico per l'innovazione vivaistica - Frutticoltura \(edagricole.it\)](https://edagricole.it)

Edagricola, 2019. [Miglioramento genetico della fragola, una mano arriva dalle Nbts \(edagricole.it\)](https://edagricole.it)

NovaSiriGenetics, 2023. [Fragole, l'obiettivo è destagionalizzare - Nova Siri Genetics](https://novasirigenetics.com)

7. Ringraziamenti

Se sono qui a scrivere questi ringraziamenti, significa che finalmente ce l'ho fatta. Ringrazio me stesso di non aver mollato, di aver affrontato questo percorso e di averlo portato a termine.

Ringrazio il mio correlatore di tesi, il Professore Franco Capocasa, in particolare per la sua disponibilità e per avermi dato la possibilità di svolgere questa ricerca. Un grazie anche al correlatore Davide Raffaelli per il grande aiuto nelle attività di ricerca e stesura della tesi.

Un grazie speciale va a tutta la mia famiglia in particolare a mio padre Simone e a mia madre Diana, che mi hanno sostenuto sempre nelle scelte che ho fatto dall'inizio del mio percorso universitario fino ad ora. I vostri insegnamenti e consigli, mi hanno permesso ad oggi di essere quello che sono. Spero di avervi reso orgogliosi con questo traguardo, che è stato reso possibile anche grazie a voi. Grazie ai miei fratelli Christian e Lorenzo, che in questi anni mentre studiavo per preparare gli esami eravate voi a farmi sorridere, ricordate che per qualsiasi cosa, sarò sempre al vostro fianco come fratello maggiore e spero che anche voi resterete al mio.

Ringrazio i miei nonni per essere sempre fieri di me, per avermi motivato ad ogni esami. Ringrazio anche i miei zii e cugini, per aver creduto in me, dall'inizio.

Grazie anche alla mia ragazza Serena, una delle persone più importanti della mia vita, che da cinque anni è al mio fianco e fin dall'inizio di questo percorso universitario, mi ha aiutato a superare diverse difficoltà. Grazie anche per avermi sopportato mentre ripetevo prima degli esami e per avermi risentito soprattutto in quest'ultimo anno.

Un grazie anche a tutti i miei amici per avermi sostenuto. In particolare voglio ringraziare il mio migliore amico e socio, Nazzareno, per le risate che ci siamo fatti in questi anni, per i consigli a me dati ma anche quelli che io ho dato a te, ma anche per gli obiettivi futuri prefissati.

Voglio quindi dedicare questi ringraziamenti a chi ha sempre creduto in me... Grazie!