



DIPARTIMENTO DI SCIENZE AGRARIE ALIMENTARI E AMBIENTALI

CORSO DI LAUREA IN: SCIENZE E TECNOLOGIE AGRARIE

VALUTAZIONE DI PROGENIE DI FRAGOLA
(FRAGARIA X ANANASSA DUCH.) PER
CARATTERI VEGETATIVI E QUALITATIVI.

Evaluation of strawberry progenies (*Fragaria x ananassa*
Duch.) for vegetative and qualitative traits.

TIPO TESI: Sperimentale

Studente:
FRANCESCHINI MATTEO

Relatore:
PROF. FRANCO CAPOCASA

Correlatore:
DOTT. LUCA MAZZONI

ANNO ACCADEMICO 2021-2022

INDICE

INTRODUZIONE.....	1
LA FRAGOLA.....	2
1.1 Descrizione e origine delle specie	2
1.1.1 Caratteristiche generali e botaniche	3
1.2 Il miglioramento genetico	7
SCOPO DELLA TESI	11
MATERIALE E METODI.....	12
3.1 Materiale vegetale.....	12
3.1.1 Combinazioni di incrocio valutate	12
3.1.2 Caratteristiche dei parentali utilizzati nelle combinazioni di incrocio	12
3.2 Descrizione del campo sperimentale.....	14
3.3 Descrittori morfologici.....	15
3.3.1 Valutazione dei caratteri vegetativi.....	16
3.3.2 Valutazione dei caratteri produttivi.....	17
3.3.3 Valutazione dei caratteri qualitativi	18
3.4 Analisi qualitative	20
3.5 Statistica	21
RISULTATI E DISCUSSIONE.....	22
4.1 Caratteri vegetativi	22
4.1.1 Habitus della pianta.....	22
4.1.2 Vigoria della pianta.....	23
4.1.3 Suscettibilità della pianta all'oidio.....	24
4.2 Caratteri produttivi	25
4.2.1 Forma dei frutti	25
4.3 Caratteri qualitativi.....	26

4.3.1 Colore della superficie del frutto.....	27
4.3.2 Consistenza della polpa all'assaggio.....	28
4.3.3 Qualità organolettiche generali	29
4.4 Analisi qualitative	30
4.4.1 Contenuto in solidi solubili	30
4.5 Semenzali più interessanti.....	31
CONCLUSIONI.....	33
BIBLIOGRAFIA.....	34

INTRODUZIONE

La fragola è sempre più richiesta nel mercato ortofrutticolo mondiale, da consumatori sempre più esigenti riguardo i parametri qualitativi dei frutti quali l'aspetto esteriore, il sapore e non per ultimi i valori nutrizionali; infatti la fragolicoltura negli ultimi trent'anni è stata rivoluzionata dalla ricerca, da parte dei breeder, di varietà che si avvicinassero, fenotipicamente, sempre più alle richieste dei consumatori, ma allo stesso tempo offrendo alte produzioni e resistenza alle principali fitopatie presenti in questi ultimi.

La crescente pressione commerciale dei Paesi emergenti, capaci di ottenere costi di produzione più bassi rispetto all'Italia e ad altri paesi Europei, ostacola l'offerta dei prodotti italiani sui mercati esteri; quindi, il mercato interno assume un ruolo chiave per la salvaguardia del settore.

La specie *Fragaria x ananassa*, ibrido dal quale derivano la maggior parte delle varietà utilizzate nella fragolicoltura attuale, è fortemente dipendente dall'interazione genotipo-ambiente. I principali paesi produttori di fragole, hanno sviluppato fin dall'inizio del 1900, programmi di miglioramento genetico volti all'ottenimento di genotipi adatti alle proprie condizioni ambientali e colturali (WilhelmS.,Sagen J.E. 1974).

Questo frutto, rientra nella più ampia categoria dei piccoli frutti, è uno dei prodotti che gode delle più alte aspettative sugli incrementi di consumo pro-capite a livello globale. I consumatori sono sempre più informati e attenti all'impatto ambientale che genera il frutto che loro consumano, ecco che i vari programmi di miglioramento genetico hanno iniziato a selezionare delle varietà resistenti alle principali malattie così da ridurre l'utilizzo dei prodotti fitosanitari; oppure selezionare delle varietà con frutti che hanno una consistenza elevata e delle qualità organolettiche elevate. Queste selezioni non sono immediate, bensì hanno bisogno di molti anni, molte prove e molte valutazioni prima che si arrivi ad una nuova varietà che risponda agli standard del mercato.

Capitolo 1

LA FRAGOLA

1.1 Descrizione e origine delle specie

La Fragola è una pianta che appartiene alla famiglia delle *Rosacee*, sottofamiglia *Rosoidae*, genere *Fragaria*; tutte le varietà presenti attualmente in commercio derivano dalla specie *Fragaria x ananassa*, ibrido interspecifico originatosi oltre due secoli fa dall'incrocio casuale di due specie ottoploidi, dioiche, spontanee originarie del continente americano. La fragola fino alla fine del '500 non aveva ancora la notorietà che ha oggi, né dal punto di vista sistematico né da quello agronomico; infatti, era conosciuta, in Europa, come frutto edule spontaneo del sottobosco (fragolina di bosco). La pianta aveva un interesse ornamentale tanto che era utilizzata, nei giardini, per abbellire le bordure delle aiuole dando rilevanza alla fioritura primaverile più che alla produzione, solo verso la fine del Seicento è stato dato un senso produttivo alla pianta, utilizzando i suoi frutti, inizialmente, come elementi di abbellimento dei piatti e delle portate, fino ad arrivare all'epoca moderna dove il frutto è utilizzato come elemento principale di un piatto o consumato fresco, come un frutto.

Le due specie ottoploidi da cui derivano tutte le principali varietà utilizzate nella fragolicoltura moderna sono *F. virginiana* e *F. chiloensis*.

F. virginiana è una specie spontanea proveniente dagli Stati Uniti Orientali, mentre *F. chiloensis* è una specie spontanea proveniente dalle coste cilene del Pacifico, il suo carattere distintivo è l'insolita dimensione dei frutti, molto maggiore rispetto a quelli delle specie spontanee conosciute in Europa, questo carattere fenotipico della *F. chiloensis* attirò l'attenzione di un militare francese ufficiale del genio, Amédée François Frézier, nei primi del '700, il quale descrisse il frutto come: “ fragola del Cile con frutto grande, con foglie irsute e coriacee, comunemente chiamato frutilla”(Andreotti *et al.*, 2010); l'ufficiale trovatosi in Cile ne raccolse e ne conservò pochi esemplari che portò con se nel viaggio oltreoceano verso il continente Europeo, dove per i primi decenni la sua coltivazione fu incerta e casuale fino ad arrivare al 1766, anno in cui è stato svolto il primo studio su questa specie da Antoine Nicolas Duchesne, giardiniere del Re di Francia, Luigi XVI, egli si dedicò allo studio di tutto il genere, cercando di registrare le caratteristiche botaniche delle diverse specie conosciute all'epoca includendo anche nozioni sulle stagioni di fioritura e fruttificazione, sugli effetti dei vari elementi meteorologici e ipotesi dell'origine delle diverse specie conosciute. Duchesne cercando di condensare le sue esperienze nel disegno di un albero genealogico fu il progenitore della fragolicoltura moderna basata sulla specie derivante dall'incrocio interspecifico (ibridazione) di *F. virginiana* x *F. chiloensis*.

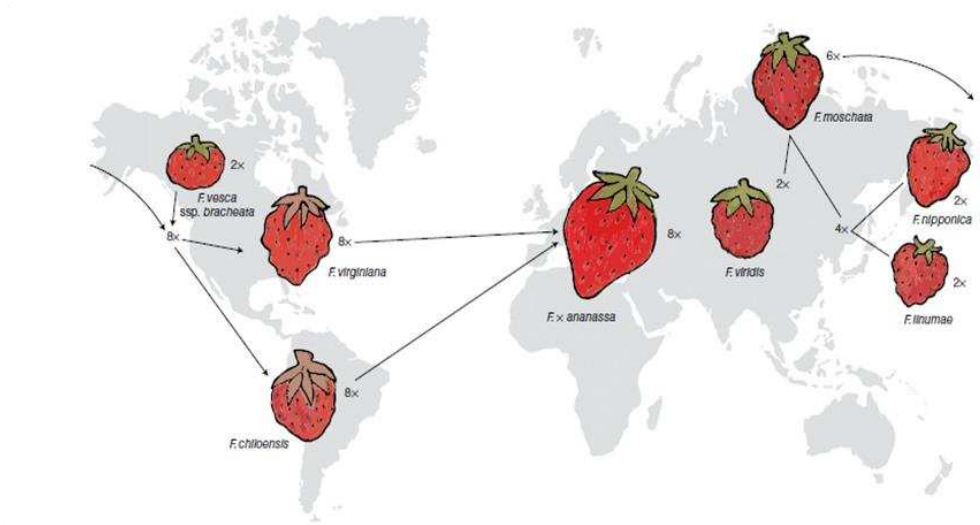


Figura 1: Rappresentazione schematica degli eventi di ibridazione che hanno originato *F. x ananassa* (Bertioli, 2019).

Successivamente fu utilizzata nell'attività di breeding una terza specie ottoploide, *F. virginiana subsp. Gluaca Staudt*, per introdurre il carattere rifiorante (day neutral – indifferente al fotoperiodo) in *F. x ananassa*, e anche per i suoi elevati caratteri nutraceutici che stanno negli anni migliorando le caratteristiche dei vari incroci.

In Europa ci sono anche alcune specie spontanee, che troviamo principalmente a ridosso dei boschi oppure direttamente nel sottobosco, la più diffusa è *F. vesca* o fragolina di bosco, specie diploide, caratterizzata da fiori ermafroditi e frutti di piccola dimensione, molto aromatici a maturazione completa, con un rapporto molto elevato acheni/polpa; questa specie vanta numerosi biotipi che differiscono tra loro per diverse caratteristiche, proprie della sottospecie e della varietà, come: la colorazione del frutto bianca (*F. sylvestris var. alba* o fragola bianca) o rossa (*F. sylvestris var. semperflorens* o fragola rifiorante), la capacità di emettere stoloni o meno (varietà Alpina), il carattere rifiorante (sempreflorens). Le altre specie sono *F. moschata Duch.* specie esaploide dal gusto moscato con dimensione del frutto maggiore rispetto la fragolina di bosco, *F. viridis Duch.* e *F. nigerrensis*.

1.1.1 Caratteristiche generali e botaniche

La Fragola è una pianta appartenente alla forma biologica delle emicriptofite reptanti. Pianta perennanti per mezzo di gemme poste a livello del terreno e con fusti striscianti.

È una dicotiledone perenne, considerata, erroneamente, di tipo erbaceo; essa è costituita da un apparato radicale fascicolato, da un fusto raccorciato (corona o rizoma), da un apparato fogliare, da stoloni radicanti, da un'infiorescenza e dai frutti.

L'apparato radicale è formato da radici fascicolate che si sviluppano dalla corona, vicino la superficie del terreno, penetrando, a seconda delle caratteristiche del suolo (penetrazione radicale maggiore in terreni argillosi e sabbiosi), i primi 25-30 cm (fino a 50 cm in terreni sabbiosi) della rizosfera. Si distinguono in radici primarie, originatesi direttamente dalla corona e radici secondarie, per diramazione di quelle primarie; questo apparato svolge la fondamentale funzione di assorbimento dell'acqua e dei macro e microelementi presenti nel suolo (fondamentali per lo sviluppo vegetativo e la fruttificazione) e la funzione di immagazzinamento delle sostanze di riserva, principalmente saccaridi e lipidi. La capacità, maggiore o minore, di formare nuove radici è principalmente legata alla varietà coltivata e all'ambiente culturale, come anche la capacità di formare nuovi germogli dalla corona.

La corona o rizoma sporge dal terreno da pochi fino a 10 cm, è un organo di riserva caratterizzato da forte vascolarizzazione linfatica che sviluppandosi porta ad un accrescimento in diametro del colletto e alla formazione di nuovi germogli; i quali in determinate condizioni ambientali formeranno uno stolone (fusto strisciante sul terreno) da cui, ad ogni nodo, si originerà una piantina; l'emissione di stoloni è caratteristico della maggior parte delle varietà coltivate.

Le foglie, pinnate o palmate, inserite su un picciolo di lunghezza variabile, sono suddivise in tre o più foglioline di forma ovale più o meno allungata. Queste sono ricche di stomi e permettono alla pianta di svolgere un'intensa traspirazione, infatti una pianta in estate, con 10 foglie e quindi 30 o più foglioline, arriva a traspirare fino a mezzo litro di acqua al giorno. Alla base delle foglie, a ridosso della corona si formano delle gemme che in base al fotoperiodo, quindi in base al numero di ore in luce e ai valori di temperatura giornalieri, potranno dare origine a infiorescenze produttive, a stoloni (propagazione vegetativa) o a germogli (Neri et al., 2006).

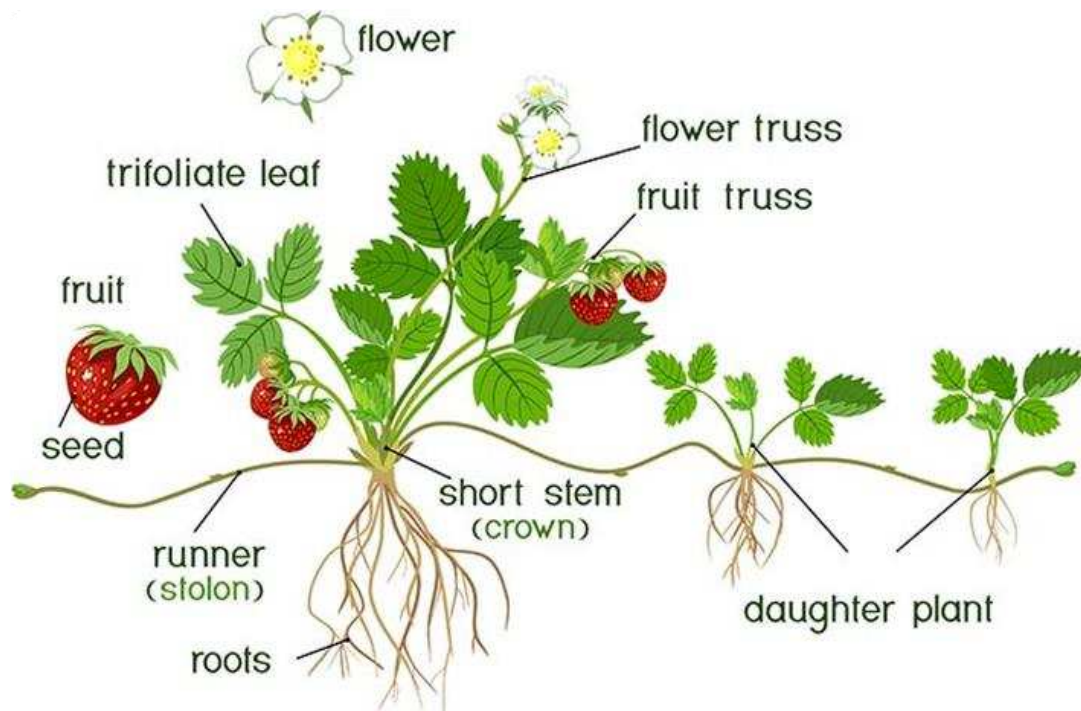


Figura 2: Rappresentazione grafica della morfologia di una pianta di fragola (greenMe.it).

Lo stolone è un germoglio lungo, sottile e strisciante sul suolo, è costituito da due nodi e due internodi, il primo nodo porta di solito una gemma dormiente o sterile, il secondo è dotato di una gemma con cellule meristematiche pronte a differenziare e generare una nuova piantina (con lo stesso genotipo), in condizioni ambientali favorevoli, o un nuovo stolone, nel caso in cui trovi condizioni avverse allo sviluppo. Questo tipo di propagazione vegetativa consente di ottenere piante cloni della pianta madre con lo stesso corredo genetico; l'emissione di stoloni avviene durante la fase vegetativa (in estate) dopo la fase di fruttificazione; infatti, la fragola attualmente è propagata principalmente per via vegetativa sfruttando la capacità di emettere stoloni, caratteristica di molte cultivar rifioranti. Nel caso in cui le piante non riescono a fruttificare, ad esempio a conseguenza di un diradamento dei fiori, la capacità di emettere stoloni aumenta notevolmente, in quanto, tutte le gemme si orienteranno verso uno sviluppo vegetativo (Bucci et al., 2010).

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.

I fiori sono riuniti in infiorescenze e si sviluppano dalla gemma da punti di inserzione differenti formando i racemi, costituiti da un numero variabile di fiori, da 3 a 8, collocati su assi con lunghezze differenti, influenzate dal carattere ereditario o dal periodo in cui si sono formati; essi vengono suddivisi in primari, secondari, terziari in relazione al loro sviluppo scalare che porta ad una scalarità di produzione con

differenze morfologiche significative dei frutti a seconda del grado di scalarità. Il frutto primario è sempre di dimensioni maggiori e con forma spesso irregolare. Il fiore delle cultivar utilizzate nella fragolicoltura moderna è definito fiore perfetto (ermafrodita) perché costituito sia da organi gamici maschili (stami) che femminili (pistilli), ma vi sono varietà antiche, anche di *Fragaria x ananassa* o cloni di altre specie (dioiche), che presentano un fiore imperfetto con soli organi staminiferi o pistilliferi portati da individui diversi. Ogni fiore ermafrodita è costituito da un calice composto da numerosi sepali più o meno grandi con margine intero o frastagliato, da una corolla di dimensione variabile, piccola, media o grande, con un numero di petali da 5 (tipico delle Rosacee) a 10, bianchi nella maggior parte delle varietà o rosati/rossi, di forma ellittica, ovale o arrotondata; verso l'interno troviamo numerosi stami ciascuno costituito da un filamento portante l'antera che contiene il polline. Internamente alla corona, delimitata dagli stami, c'è il ricettacolo; esso è costituito da pistilli disposti a spirale, ciascuno composto da stigma (da cui entra il polline), stilo e ovario contenente un ovulo che una volta fecondato darà origine ad un achenio (comunemente chiamato seme); in realtà l'achenio rappresenta il vero e proprio frutto secco e indeiscente di colore variabile (nero, verde, giallo, rosso), derivante dalla fecondazione dell'ovario. La parte edule dell'infruttescenza deriva dallo sviluppo del ricettacolo, che porterà sulla sua superficie gli acheni sporgenti, affioranti o immersi a seconda dei fattori di crescita ambientali e della cultivar. Le caratteristiche morfologiche delle infruttescenze variano notevolmente a seconda delle varietà, grazie al lavoro di selezione attuato negli ultimi anni, ma anche a seconda del luogo di impianto della coltura e delle tecniche colturali adottate. Per avere frutti di forma regolare è necessario che tutti i pistilli vengano fecondati; se la fecondazione avviene in maniera non uniforme darà origine a frutti deformati non commerciabili. Le dimensioni del frutto possono essere molto piccole, piccole, medie, grosse o molto grosse; può avere forma reniforme, sferoidale, conico-arrotondata, conica, conica-allungata, biconica, quasi cilindrica, cuneiforme, ovoidale; il colore può variare dall'aranciato chiaro, al rosso-aranciato al rosso intenso. (Bucci et al., 2010).

In base al fotoperiodo la fragola oggi è classificata, in:

- Cultivar Brevidiurne → Unifere
- Cultivar Neutrodiurne → Riflorenti
- Cultivar Longidiurne → Riflorenti (non coltivate)

E in base all'epoca di maturazione, in:

- Cultivar a maturazione precoce
- Cultivar a maturazione intermedia
- Cultivar a maturazione tardiva
- Cultivar a maturazione molto tardiva

I caratteri che variano tra le cultivar (varietà ottenute attraverso il miglioramento genetico) sono anche di carattere morfologico, come forma colore e dimensione del frutto, in passato considerati i più importanti caratteri di interesse commerciale, ma attualmente, la richiesta del consumatore verte sempre più verso un prodotto sano e con buoni valori nutrizionali; imponendo agli attuali breeder nuovi standard di selezione che puntano a ricercare caratteri, non più solo quantitativi e qualitativi ma anche nutrizionali, in grado di apportare maggiori proprietà nutraceutiche dovute alla presenza di composti ad attività antiossidante. Le tecniche di miglioramento genetico, attualmente, ricercano una moltitudine di caratteri genetici tutti utili per l'apprezzamento dei frutti da parte del consumatore e delle piante da parte del produttore, il quale vede numerosi vantaggi anche nell'utilizzo di cultivar caratterizzate da una maggiore shelf-life (quel periodo di tempo che intercorre fra la raccolta e il consumo), ricercate nei caratteri di consistenza del frutto (maggiore) e resistenza della superficie alle manipolazioni.

1.2 Il miglioramento genetico

La fragola ottoploide *F. x ananassa* Duch. è interessata da circa due secoli da programmi di miglioramento genetico - sia pubblici che privati - rivolti all'ottenimento di innovazioni varietali. Nelle varietà costituite nel corso degli anni è, inoltre, possibile ravvisare una certa variabilità fenotipica dovuta all'interazione tra l'elevato livello di ploidia della fragola e il contesto ambientale in cui essa è coltivata (Faedi et al., 2010).

La costituzione dell'ibrido *F. x ananassa* Duch. è relativamente recente (seconda metà del '700) ma le potenzialità di questa specie da parte di agricoltori e studiosi non fu immediata, infatti, solo agli inizi del '800 vennero intraprese le prime attività di breeding sia nel continente europeo che americano. Sin dai primi programmi di breeding si individuò l'obiettivo prioritario nel perfezionamento degli standard qualitativi; il perseguimento di questa priorità determinò l'ottenimento di livelli notevoli di variabilità fenotipica espressa nelle varietà di fragole commercializzate. Di fatti, le varietà introdotte sul mercato dai programmi di breeding europei e americani vennero coltivate su scala globale per tutto il 19° e il 20° sec. Con l'avviamento di nuovi programmi di breeding e il rilascio di nuovi genotipi, le cultivar più datate furono soppiantate da quelle di più recente costituzione, caratterizzati da una maggiore produttività e tolleranza ad agenti patogeni e stress abiotici; tale operazione condusse all'assottigliamento della base genetica e, di conseguenza, alla riduzione di variabilità genetica legata all'adattabilità pedo-climatica e a determinati tratti qualitativi dei frutti (Mezzetti et al., 2018).

La fragola è una pianta la cui produttività dipende consistentemente dalle condizioni ambientali delle zone presso cui viene coltivata; ciò comporta la necessità di sviluppare varietà che ben si adattino alle

diverse regioni produttive delle varie aree agricole italiane privilegiate alla sua coltivazione. Per questo motivo anche in Italia sono attivi diversi programmi di miglioramento genetico fragola (attualmente almeno 2 pubblici e 3 privati). In passato, l'attività di miglioramento genetico della fragola era orientata all'ottenimento di nuove cultivar con elevata capacità produttiva e pezzatura del frutto. Da alcuni anni, si pone maggior attenzione al miglioramento delle caratteristiche qualitative sensoriali del frutto, in particolare all'aumento del contenuto di zuccheri solubili ($^{\circ}$ Brix), combinato a una riduzione dell'acidità, a buone componenti aromatiche ed anche nutrizionali e nutraceutiche. L'obiettivo è quindi quello di giungere all'identificazione di varietà sostenibili per l'agricoltore (rustiche e produttive) e apprezzabili dal consumatore per le caratteristiche qualitative sensoriali e nutrizionali. La scelta dei parentali da utilizzare nell'incrocio in genere segue il criterio di complementarità badando a scegliere, in particolar modo, cloni di cui si conosce la genealogia ed il genotipo. La selezione delle progenie ottenuta da seme è effettuata, solitamente, su più livelli in modo da avere una maggiore certezza della capacità d'adattamento e delle migliori caratteristiche dei nuovi ibridi ottenuti.

I nuovi approcci biotecnologici possono offrire un valido supporto nella ricerca anche per migliorare il contenuto di composti bioattivi che mostrano effetti benefici per la salute dell'uomo. Le tecniche di breeding insieme alle più avanzate strategie biotecnologiche serviranno in futuro ad aumentare la resistenza a patogeni e parassiti, ad incrementare la quantità di specifici componenti bioattivi, e modificare/introdurre nuovi tratti d'interesse agronomico, come il carattere rifioritura in varietà unifere di fragola (Mezzetti et al., 2021).

Dal punto di vista metodologico il lavoro si articola nelle seguenti fasi.

a) Programmazione degli incroci. In questa fase viene inizialmente usato uno schema di ricombinazione complementare per sfruttare la varianza non additiva e la capacità combinatoria specifica. In diversi casi si sono adottati anche schemi che prevedono incroci "simile x simile" per trarre vantaggio dalla variabilità additiva e quindi selezionare i segreganti trasgressivi migliori. Programmi più complessi (incrocio e reincrocio) sono utilizzati per introgradire geni di interesse dal germoplasma o da specie selvatiche.

b) Selezione dei semenzali. La selezione in campo dei semenzali avviene 2 anni dopo l'incrocio. In diversi casi questa fase è preceduta da metodi selettivi di screening precoce per la resistenza a determinati patogeni allo scopo di trapiantare in campo solo individui tolleranti o resistenti. I semenzali vengono selezionati al momento della prima fruttificazione attraverso una valutazione soggettiva dei caratteri agronomici e pomologici.

c) Valutazione delle selezioni. I semenzali identificati più interessanti vengono propagati per stolone e avviati alla valutazione come selezioni comprendendo 3 fasi successive: campi di 1° livello con la valutazione delle selezioni (semenzali selezionati) in parcelle di 10-12 piante per selezione; campi di 2° livello con la valutazione delle selezioni risultate più interessanti nel 1° livello (di solito max 20-25), in 4

parcelle randomizzate a confronto con varietà coltivate; campi di 3° livello con le selezioni che hanno mostrato caratteristiche produttive e qualitative superiori alle varietà di riferimento sperimentate in campi di produzione presso agricoltori o centri di ricerca, localizzati in diversi areali. È una valutazione pre-commerciale finalizzata a decidere se rilasciare una nuova cultivar.

d) Controllo sanitario e diffusione commerciale. Per registrare nuove varietà occorre prima effettuare il controllo sanitario delle piante madri e depositare la richiesta di registrazione della nuova varietà. In Europa è preferibile registrare la nuova varietà come privativa vegetale, seguendo la normativa europea dell'Ufficio comunitario delle varietà vegetali (Community Plant Variety Office, CPVO: <https://cpvo.europa.eu/en>) che dà protezione in tutti i Paesi membri. Molte aziende espandono il brevetto EU in diversi paesi al mondo dove c'è maggiore interesse per la coltivazione delle nuove cultivar (Mezzetti et al. 2021).

L'obiettivo è stato quello di restringere la variabilità genetica per avere delle produzioni omogenee sia dal punto di vista produttivo (Es. pezzature e peso) sia dal punto di vista qualitativo-sensoriale (Es. sapore e aroma). D'altro canto, le aziende pubbliche hanno puntato negli anni a fare dei programmi di breeding dove, anche gli incroci apparentemente meno produttivi venivano presi in considerazione, in modo tale da valutare per più anni i risultati e gli eventuali miglioramenti.

Di seguito, una tabella nella quale è stato riportato il numero di varietà proposte al CPVO (Community Plant Variety Office) nell'arco degli ultimi venti anni (dal 2002 al 2021).

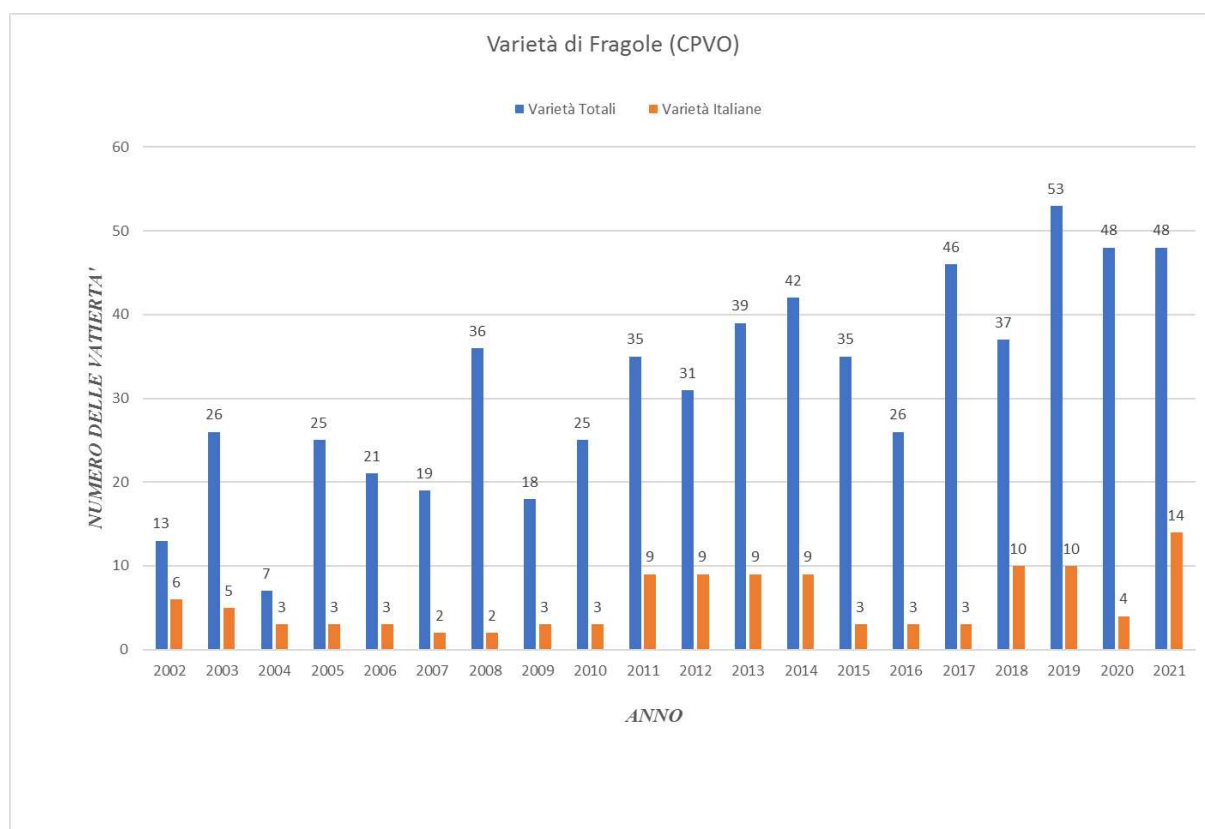


Grafico 1: *Numero di richieste al Community Plant Variety Office (CPVO) di Privativa Comunitaria per Ritrovati Vegetali (PCRV) di varietà di fragola (totali ed italiane) dal 2002 al 2021 per la tutela sull'intero territorio della Comunità Europea*

Nell'arco di questi 20 anni sono state proposte 630 varietà (in media 30 annue), di queste l'Italia ne ha proposte 113 (circa 5 annue), questo sta a dimostrare l'intensa progressione dell'attività di breeding pubblico e privato in Italia e all'estero (fonte CPVO Francia)

Capitolo 2

SCOPO DELLA TESI

Lo scopo della tesi è stato quello di valutare i caratteri vegetativi e qualitativi delle progenie di fragole (*Fragaria x ananassa Duch.*). Sono state valutate le progenie di tre combinazioni di incrocio, che fanno parte del progetto di miglioramento genetico dell'Università Politecnica delle Marche.

Le combinazioni di incrocio prese in considerazione sono tre: AN19,14 – AN19,23 – AN19,33; di queste sono stati valutati caratteri vegetativi riguardanti la pianta, le foglie e qualitativi riguardanti i frutti con particolare attenzione al sapore, aroma, sensibilità ai marciumi, resistenza della superficie, consistenza della polpa all'assaggio, regolarità della forma e del colore.

Il presente lavoro ha l'obiettivo di individuare all'interno delle tre combinazioni di incrocio, genotipi di fragola con caratteristiche migliorative rispetto ai rispettivi parentali per produzione, qualità e adattabilità.

I genotipi individuati potranno essere ulteriormente valutati per un eventuale rilascio di nuove varietà o essere utilizzati come breeding line in successivi programmi di incrocio.

Capitolo 3

MATERIALE E METODI

3.1 Materiale vegetale

3.1.1 Combinazioni di incrocio valutate

Le combinazioni di incrocio (CI) analizzate sono tre e provengono dal programma di miglioramento genetico della fragola sviluppato dall'Università politecnica delle Marche (Tabella 1):

Combinazione di incrocio	Parentale femminile	Parentale maschile	N° di semenzali
AN19,14	AN11,32,55	Beni Hoppe	96
AN19,23	AN11,21,59	AN07,159,51	79
AN19,33	Lauretta	AN14,20,63	93

Tabella 1. Combinazioni di incrocio fragola valutate e rispettivi parentali femminili e maschili e numero di semenzali.

Gli incroci, per l'ottenimento delle diverse combinazioni di incrocio sono stati effettuati a metà settembre 2019, i semi sono stati fatti germinare a partire da aprile 2020 e i semenzali sono stati piantati nel campo sperimentale a fine luglio 2020.

Successivamente i semenzali sono stati propagati (giugno 2021) per via vegetativa (stolone) e sono state ottenute 2 piante cime radicate per ogni semenzale. Le piante ottenute sono state poste nel campo sperimentale in parcelle da 2 piante a inizio agosto 2021.

3.1.2 Caratteristiche dei parentali utilizzati nelle combinazioni di incrocio

In Tabella 2 si riportano l'origine e le principali caratteristiche dei parentali utilizzati nelle diverse CI. Il materiale genetico utilizzato sono 4 selezioni e 2 varietà che derivano principalmente dal programma di miglioramento genetico dell'Università Politecnica delle Marche eccetto per la varietà Benni Hoppe. Tre

dei parentali utilizzati sono rifioranti e tre unifera quasi tutti caratterizzati dalle elevate caratteristiche qualitative del frutto ed elevata adattabilità agli ambienti di coltivazione temperato-freddi.

Parentale	Origine e principali caratteristiche
AN07,159,51	Selezione rifiorante del programma di breeding dell'Università Politecnica delle Marche ottenuta dall'incrocio "ALBION" x "EVA". Pianta con habitus rado, elevata produzione, frutto di media pezzatura di buon sapore
AN11,21,59	Selezione rifiorante del programma di breeding dell'Università Politecnica delle Marche ottenuta dall'incrocio "AN07,216,61" x "MONTEREY". Pianta di media vigoria, con epoca di maturazione tardiva, frutto di elevata consistenza e buon sapore.
AN11,32,55	Selezione unifera del programma di breeding dell'Università Politecnica delle Marche ottenuta dall'incrocio "AN02,199,55" x "TECLA". Pianta vigorosa, molto produttiva, frutto conico allungato di buona pezzatura. Sapore medio, frutto rosso chiaro.
AN14,20,63	Selezione rifiorante del programma di breeding dell'Università Politecnica delle Marche ottenuta dall'incrocio "SABRINA" x "BUDDY". Pianta di media vigoria e produzione. Frutto di buona consistenza e sapore.
Beni Hoppe	Varietà unifera derivante da un programma di breeding giapponese, ottenuta nel 1994 dall'incrocio tra le varietà "SACHINOKA" e "AKIHIME" Pianta ad habitus rado, poco produttiva, frutti di buona pezzatura, scarsa consistenza buon sapore e aroma.
Lauretta	Varietà unifera del programma di breeding dell'Università Politecnica delle Marche ottenuta dall'incrocio "AN04,48,51" x "CLERY". Pianta di media vigoria a maturazione medio precoce. Produzione medio-elevata, frutti di buona pezzatura, consistenza e sapore.

Tabella 2. *Origine e principali caratteristiche dei parentali utilizzati nelle diverse combinazioni di incrocio.*

3.2 Descrizione del campo sperimentale

Il campo sperimentale dell'Azienda Agraria Didattico-Sperimentale Pasquale Rosati dell'Università Politecnica delle Marche è situato nel comune di Agugliano (AN), a circa 20 km di distanza dal capoluogo di regione, ad una altitudine di circa 80m s.l.m.

Il campo, posto in un fondovalle, è pianeggiante, con una leggera pendenza verso sud nella quale troviamo un piccolo fossato dove defluiscono le acque piovane. Il terreno è di medioimpasto tendente all'argilloso con elevato calcare attivo.

La tecnica di coltivazione prevede la realizzazione di baule, in direzione Nord-Sud, poste alla distanza di 1 metro l'una dall'altra; le baule sono coperte da un film plastico, sul quale sono già realizzati dei fori a file binate utili per la messa a dimora delle piante, i fori presenti sul film plastico sono posti ad una distanza di 30 cm tra una bina e l'altra e 35 cm lungo la stessa fila (circa 50.000 piante/ettaro). Tra una baula e l'altra, prima della raccolta è stata messa della paglia che ha una funzione pacciamante e inoltre rende possibile l'accesso in campo dopo la pioggia.

Per questa sperimentazione sono state utilizzate delle cime radicate, selezionate e messe a dimora lo scorso anno.

Le cime radicate permettono di ritardare di circa 30 giorni la messa a dimora e soprattutto permettono di risparmiare acqua rispetto alle piante frigo conservate che, essendo a radice nuda prevedono l'utilizzo di molta acqua sia prima che dopo la piantumazione.

L'intero appezzamento è diviso in parcelle, le parcelle della nostra parte di campo sono 331 totali (dalla parcella 539 alla parcella 870) ma quelle interessate in questa sperimentazione sono 268, ogni di essa è composta da 2 piante (1 per ogni fila) segnate una ad una da una piccola etichetta che riporta il numero della parcella stessa posta vicino al colletto, per individuare meglio le parcelle è stato lasciato un buco libero sul film plastico ogni 2 parcelle; quindi, sulla baula sono presenti tanti piccoli gruppi di 2 parcelle composti da 4 piante totali, le piante di due gruppi diversi si trovavano ad una distanza di 70 cm.

L'irrigazione di questo campo avviene mediante un impianto a goccia che prevede l'utilizzo di due manichette per ogni baula innestate su un tubo principale di testata con possibilità di chiusura grazie a delle piccole saracinesche, queste permettono di selezionare le baule da irrigare, inoltre in caso di manutenzione o di problematiche improvvise è possibile intervenire senza dover spegnere l'intero impianto. Questo impianto è utile anche per la fertirrigazione (l'apporto di sostanze nutritive mediante l'utilizzo dell'acqua di irrigazione) che viene attivato in base alle esigenze vegetative della coltura, in base a queste esigenze vengono forniti azoto, fosforo, potassio, ferro e altri nutrienti.



Figura 3: Campo sperimentale dell'Università Politecnica delle Marche

3.3 Descrittori morfologici

I dati raccolti sono stati per la maggior parte soggettivi utilizzando in parte i descrittori morfologici UPOV (<https://www.upov.int/edocs/tgdocs/en/tg022.pdf>) suddivisi in base alla porzione della pianta interessata:

- Pianta
- Foglie
- Frutto

Le diverse valutazioni sono state effettuate a partire dalla prima settimana di maggio, con attività giornaliera per circa due settimane, poi dalla seconda metà di maggio i sopralluoghi sono diminuiti a tre volte a settimana fino a fine produzione. I dati rilevati sono stati riportati su delle schede preparate precedentemente alla data di inizio valutazione (Figura 6).

3.3.1 Valutazione dei caratteri vegetativi

La raccolta dati per le valutazioni dei caratteri vegetativi è iniziata nella prima settimana del mese di maggio, con dei sopralluoghi giornalieri che hanno interessato prima le progenie con uno stadio vegetativo più avanzato e poi le altre.

I dati raccolti vengono riportati su una scheda con il seguente ordine:

- Habitus vegetativo;
- Vigore;
- Densità fogliame;
- Colore verde della pagina superiore;
- Brillantezza del colore verde;
- Suscettibilità delle foglie all'oidio;

L'habitus della pianta è un parametro che si distingue già alla ripresa vegetativa; infatti, la valutazione di esso è stata la prima ad essere fatta. Si va ad osservare il portamento, che può essere assurgente quando i germogli che si sviluppano hanno un andamento tendenzialmente verticale che porta ad avere una pianta ben arieggiata con frutti esposti alla luce. Quando invece, i germogli hanno una tendenza di crescita orizzontale l'habitus si dice espanso; la pianta tenderà ad accrescere la propria circonferenza fogliare. Per avere una classificazione più precisa è stata aggiunta una valutazione intermedia in modo tale da distinguere quelle piante che hanno un portamento intermedio tra assurgente ed espanso.

Per determinare la vigoria utilizziamo una scala che parte da scarso e arriva ad elevato (scarso, medio-scarso, medio, medio-elevato, elevato) tenendo conto dello sviluppo e delle dimensioni dei germogli e dell'intera pianta.

La densità delle foglie può essere rada, intermedia o folta, distinguibile dal numero di foglie.

Le valutazioni sopra elencate riguardano la pianta e sono analisi soggettive

Il colore della pagina superiore delle foglie (chiaro o scuro) e la brillantezza delle foglie (scarsa, intermedia, elevata) riguardano, appunto, le foglie insieme alla suscettibilità di queste all'oidio.

L'oidio (*Sphaerotheca macularis* f. sp. *Fragariae*) è il principale patogeno fungino della fragola, le condizioni ambientali ottimali per la crescita di questo fungo sono temperature tra i 15 e i 25 °C e umidità compresa tra il 75% e il 98% (Amsalem L. 2006). e si manifesta, inizialmente nelle foglie che si piegano a “doccia” (margini flessi verso l'alto) nello stadio iniziale e poi delle macchie biancastre; successivamente l'oidio può interessare anche i frutti con delle colorazioni biancastre oppure portarli alla deformazione.

3.3.2 Valutazione dei caratteri produttivi

La valutazione dei parametri produttivi segue la fase dei parametri vegetativi, la valutazione è stata fatta sulle stesse progenie dei tre differenti parentali (AN19,14 - AN19,23 – AN19,33) e le valutazioni riguardano:

- Forma dei frutti
- Regolarità della forma
- Sensibilità dei frutti al marciume

Per le valutazioni prendiamo in considerazione solo i frutti secondari che hanno raggiunto la maturazione commerciale, ovvero che hanno raggiunto la colorazione rossa su tutta la superficie esterna; sono stati effettuati due o tre passaggi settimanali seguendo la scalarità di maturazione e, come detto sopra, valutando solo i frutti secondari in quanto il frutto primario è generalmente di dimensioni più elevate con forma non corrispondente a quella dei secondari. Inoltre, i frutti primari raggiungono la maturazione commerciale prima e sono numericamente inferiori rispetto ai frutti secondari, questo perché ogni racemo presenta un frutto primario all'apice e generalmente due frutti secondari; quindi, per avere dei dati il più veritiero possibile bisogna fare le valutazioni con almeno la metà dei frutti secondari che hanno raggiunto la maturazione commerciale.

La forma dei frutti è una valutazione fondamentale per il mercato in quanto ci sono dei mercati che preferiscono alcune forme rispetto ad altre allora è importante sapere a quale mercato saranno destinate queste fragole. Per questo programma di miglioramento l'importante è conoscere la forma (Fig. 3) che può variare in reniforme, sferoidale, conico-arrotondata, conica, conico-allungata, biconica, quasi cilindrica, cuneiforme, ovoidale. Sapere anche se questa forma dei frutti secondari è regolare oppure irregolare andando a contare il numero di frutti totali e il numero di quelli che hanno la stessa forma e con un'unica valutazione prendiamo due dati.

La sensibilità dei frutti al marciume è il parametro che ci evidenzia delle criticità in quanto ci va a compromettere la produzione o nel nostro caso, per quelle progenie che dovrebbero avere questo parametro elevato, ci mette in risalto quelle progenie per la quale bisogna valutare un eventuale eliminazione dal programma di miglioramento genetico. La valutazione ha come riferimento una scala che va da uno a cinque (nessun sintomo, scarsa, media, elevata, molto elevata).

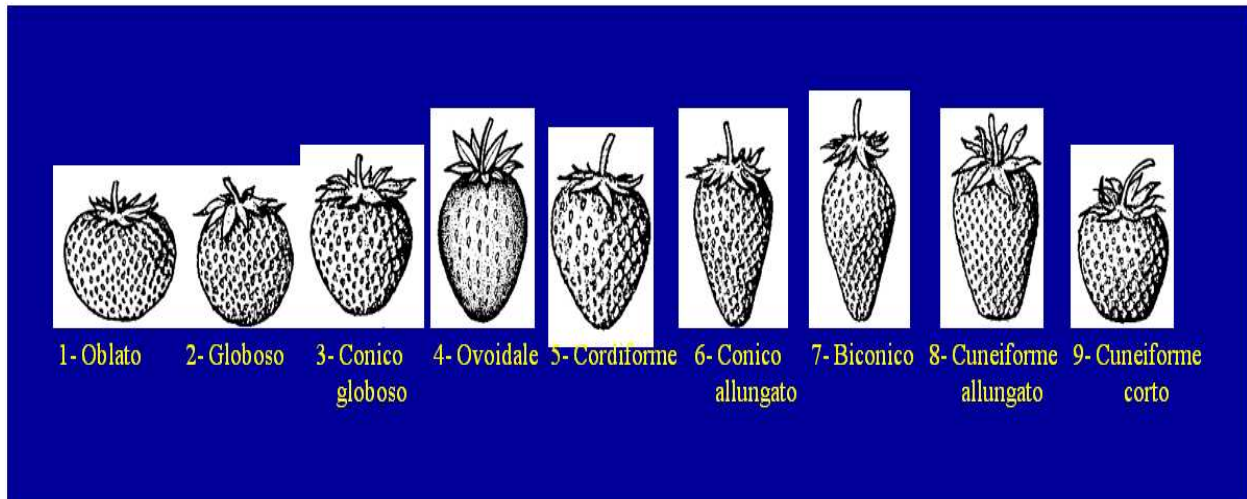


Figura 4: Scheda pomologica per la valutazione della forma.

3.3.3 Valutazione dei caratteri qualitativi

Per descrivere la qualità della produzione ottenuta dalle progenie, i caratteri presi in considerazione sono otto:

- Colore della superficie
- Uniformità del colore
- Resistenza della superficie
- Consistenza della polpa all'assaggio
- Sapore dolce
- Sapore acidulo
- Aroma
- Qualità organolettiche

Il colore e l'uniformità di colore della superficie, come per i caratteri produttivi, sono valutati con analisi visive al raggiungimento della maturazione commerciale quando almeno la maggior parte dei frutti sono maturi. I frutti analizzati sono sempre quelli secondari, facendo particolare attenzione alla tonalità del colore rosso che può differenziarsi in: aranciato chiaro, rosso-aranciato, rosso, rosso intenso e rosso scuro. L'uniformità del colore può essere: scarsa, media o elevata; quando si valuta questo parametro dobbiamo osservare bene il frutto e controllare che la zona in prossimità del picciolo non sia di colore bianco soprattutto per i frutti di forma biconica.



Figura 5: Frutto di forma biconica con colore uniforme su tutta la superficie

Altro parametro da valutare è la resistenza della superficie, che si classifica in: molto delicata, poco resistente, mediamente resistente, resistente o molto resistente. Per valutarla si sfrega con un dito la superficie, quest'azione bisogna ripeterla su più frutti così da apprendere una certa dimestichezza prima delle valutazioni ufficiali. È molto importante conoscere la resistenza in quanto va a compromettere la shelf-life del prodotto; oggi il miglioramento genetico riserva particolare attenzione a questo carattere, ad esempio se alcune progenie hanno la caratteristica di avere una superficie resistente vengono prese in considerazione per gli anni a venire pur avendo altri parametri non particolarmente interessanti.

La consistenza della polpa, il sapore dolce e acidulo, l'aroma e la qualità organolettica generale sono tutti caratteri che vengono analizzati con l'assaggio dei frutti, anche qui prima di iniziare le valutazioni ufficiali bisogna assaggiare molti frutti così da riconoscere i vari caratteri e le diverse intensità. La consistenza della polpa può essere molto scarsa, scarsa, media, elevata e molto elevata; assaggiando il frutto si individua ben presto la consistenza che si preferisce elevata in quanto il mercato richiede frutti con questa caratteristica.

Il sapore dolce e il sapore acidulo sono due caratteri che possiamo distinguere in: molto scarso, scarso, medio, elevato, molto elevato; contrariamente a quanto si possa pensare è possibile trovarli contemporaneamente ma ci sarà quasi sempre la prevalenza di uno sull'altro e con il miglioramento si punta ad avere più frutti dolci che tendenti all'acidulo.

L'aroma è quella caratteristica sensoriale che si percepisce solo quando il frutto è in bocca, formalmente lo si distingue in molto scarso, scarso oppure medio; va a far parte di quelle caratteristiche che sono state inserite nei programmi di miglioramento per cercare di migliorare le vecchie varietà.

La qualità organolettica generale è una valutazione che racchiude tutte le altre, che va a prendere in considerazione tutte le altre caratteristiche, facendo riferimento soprattutto agli aspetti organolettici-sensoriali. Questo parametro è stato classificato in: scarso, mediocre, media, buona e ottima.

Semenzale

Genitori

Parcella

PIANTA	10 HABITUS VEGETATIVO: (1 assurgente, 2 intermedio, 3 espanso) <input type="text"/>	11 FOGLIAME (DENSITA'): (1 rado; 2 intermedio; 3 folto) <input type="text"/>	
	12 VIGORE: (1 scarso, 2 medio-scarso, 3 medio, 4 medio-elevato, 5 elevato) <input type="text"/>	14 Suscettibilità a patogeni: (1 nessun sintomo, 2 scarsa, 3 media, 4 elevata, 5 molto elevata) <input type="text"/>	
		14 Suscettibilità a patogeni: (1 nessun sintomo, 2 scarsa, 3 media, 4 elevata, 5 molto elevata) <input type="text"/>	
FOGLIE	23 COLORE VERDE DELLA PAGINA SUPERIORE: (1 chiaro, 2 scuro) <input type="text"/>	14 Suscettibilità a patogeni: (1 nessun sintomo, 2 scarsa, 3 media, 4 elevata, 5 molto elevata) <input type="text"/>	
	24 BRILLANTEZZA DEL COLORE VERDE: (1 scarsa, 2 media, 3 elevata) <input type="text"/>	14 Suscettibilità a patogeni: (1 nessun sintomo, 2 scarsa, 3 media, 4 elevata, 5 molto elevata) <input type="text"/>	
FRUTTO	50 FRUTTI SECONDARI; FORMA: (1 reniforme, 2 sferoidale, 3 conico-arrotondata, 4 conica, 5 conico-allungata, 6 biconica, 7 quasi cilindrica, 8 cuneiforme, 9 ovoidale) <input type="text"/>	55 SUPERFICIE (RESISTENZA): (1 molto delicata, 2 poco resistente, 3 med. resistente, 4 resistente, 5 molto resistente) <input type="text"/>	88 SAPORE DOLCE: (1 molto scarso, 2 scarso, 3 medio, 4 elevato, 5 molto elevato) <input type="text"/>
	51 FRUTTI SECONDARI; REGOLARITA' DELLA FORMA: (1 regolare, 2 irregolare) <input type="text"/>	81 CONSISTENZA DELLA POLPA (ALL'ASSAGGIO): (1 molto scarsa, 2 scarsa, 3 media, 4 elevata, 5 molto elevata) <input type="text"/>	94 SAPORE ACIDULO: (1 molto scarso, 2 scarso, 3 medio, 4 elevato, 5 molto elevato) <input type="text"/>
	61 COLORE DELLA SUPERFICIE: (1 aranciato chiaro, 2 rosso aranciato, 3 rosso, 4 rosso intenso, 5 rosso scuro) <input type="text"/>	102 SENSIBILITA' DEL FRUTTO AI MARCIUMI: (1 nessun sintomo, 2 scarsa, 3 media, 4 elevata, 5 molto elevata) <input type="text"/>	100 AROMA: (1 molto scarso, 2 scarso, 3 medio, 4 elevato, 5 molto elevato) <input type="text"/>
	68 UNIFORMITA' DEL COLORE: (1 scarsa, 2 media, 3 elevata) <input type="text"/>	14 Suscettibilità a patogeni: (1 nessun sintomo, 2 scarsa, 3 media, 4 elevata, 5 molto elevata) <input type="text"/>	101 QUALITA' ORGANOLETTICA GENERALE: (1 scarsa, 2 mediocre, 3 media, 4 buona, 5 ottima) <input type="text"/>

Figura 6: Scheda utilizzata per la valutazione dei caratteri vegetativi, produttivi e qualitativi.

3.4 Analisi qualitative

Le analisi eseguite riguardano il grado zuccherino dei frutti, comunemente chiamato “Grado Brix”, per questa analisi vengono analizzati due frutti per pianta.

Lo strumento utilizzato è un rifrattometro digitale portatile (Atago PAL-1 – Japan).

Anche per questo parametro le analisi vanno eseguite quando la maggior parte dei frutti ha raggiunto la maturazione commerciale, che consiste nella colorazione rossa di tutta la superficie esterna del frutto, l’analisi consiste nella spremitura leggera del frutto che emetterà delle gocce di liquido che noi andremo a far cadere nella parte apposita del rifrattometro che in seguito al comando “start” analizza il liquido e trasmette in grado Brix sullo schermo dello strumento. I dati sono stati raccolti in più date differenti seguendo la maturazione, sono stati analizzati due frutti per ogni parcella e con i dati presi è stata fatta la media per ogni singola parcella, in modo tale da avere un solo valore medio, così poi da essere suddivisa in classi a seconda del °Brix medio:

- < di 6
- Da 6,1 a 7
- Da 7,1 a 8
- Da 8,1 a 9
- Da 9,1 a 10
- Da 10,1 a 11
- Da 11,1 a 12
- Da 12,1 a 13
- Da 13,1 a 14
- > di 14,1



Figura 7: Rifrattometro digitale Atago durante l'utilizzo per l'analisi del °Brix

3.5 Statistica

Di tutti i parametri analizzati è stata calcolata la media aritmetica, e i dati dei vari caratteri analizzati sulle progenie sono stati riportati in percentuale. Per il grado Brix è stata calcolata anche la deviazione standard, ovvero la stima della variabilità di una popolazione.

Capitolo 4

RISULTATI E DISCUSSIONE

4.1 Caratteri vegetativi

Le prime valutazioni fatte nel campo sperimentale sono state quelle che riguardano i caratteri vegetativi, i dati presi hanno riguardato più caratteri ma quelli che sono stati analizzati in questo elaborato sono tre, Habitus Vegetativo, Vigoria della Pianta e la Suscettibilità della Pianta all'Oidio. Sono state escluse dall'elaborazione dei dati tutte quelle progenie che non si sono sviluppate a tal punto da essere valutate, comunque sono state valutate effettivamente:

- 96 progenie del parentale AN19,14
- 79 progenie del parentale AN19,23
- 93 progenie del parentale AN19,33

4.1.1 Habitus della pianta

In base all'Habitus Vegetativo i parentali delle tre progenie hanno mostrato delle tendenze diverse, infatti, come possiamo evincere dal grafico 2, le progenie del parentale AN19,14 hanno una tendenza al portamento intermedio/espanso, le progenie con habitus espanso sono il 44,8%, quelle con habitus intermedio il 36,5% mentre, solo il 18,8% ha l'habitus assurgente.

Accade l'inverso per le progenie del parentale AN19,23 che nel 54,4% dei casi hanno l'habitus assurgente, nel 29,1% intermedio e solo nel 16,5% espanso.

Le progenie di AN19,33 tendono ad avere habitus espanso ma con percentuali meno evidenti rispetto ai due esempi soprariportati, infatti solo il 41,9% delle progenie ha l'habitus espanso, il 32,3% è assurgente e l'habitus intermedio lo ritroviamo nel 25,8% delle progenie.

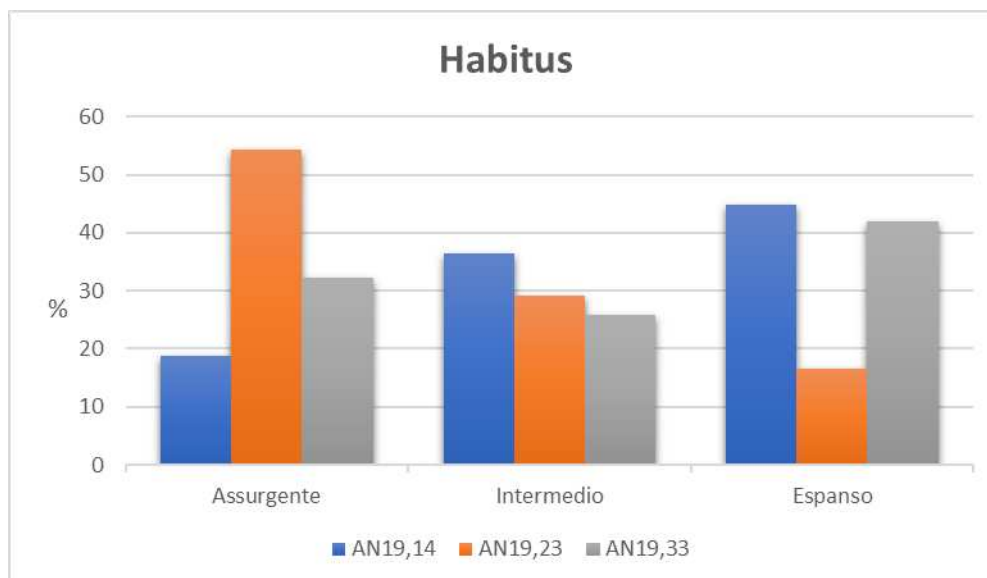


Grafico 2: dati relativi all'habitus delle progenie delle combinazioni di incrocio AN19,14, AN19,23, AN19,33; i dati sono stati suddivisi in base alle CI e riportati nel grafico come dati percentuali. Il grafico fa riferimento ai dati raccolti nel campo sperimentale 2021/2022.

4.1.2 Vigoria della pianta

Il vigore della pianta è stato il secondo fattore preso in considerazione per quanto riguarda i caratteri vegetativi, il vigore appunto, è stato classificato in cinque diverse classi che sono: scarso, medio-scarso, medio, medio-elevato, elevato.

Le progenie della CI AN19,14 hanno mostrato un'elevata vigoria, circa il 90% delle progenie è classificata come vigore "medio" e "medio-elevato" con le rispettive percentuali del 45,8% e 44,8%, l'8% circa risulta "medio-scarso" e solo l'1% rientra nella sezione "elevato" (grafico 3).

La combinazione di incrocio AN19,23 ha mostrato la maggior parte delle progenie con vigore medio 46,8% e medio-scarso 36,7% la restante parte è risultata con vigorie scarso e medio-elevato con percentuali simili che si attestano intorno al 10% per ogni categoria, non è stata riscontrata nessuna progenie con vigore elevato.

La progenie della CI AN19,33 per la metà sono risultate con vigorie medio-scarso, il 43,3% con vigorie medio, il 4,4% scarso e solo il 2,2% con vigore medio-elevato; anche questa CI non ha presentato progenie con vigore elevato (grafico 3).

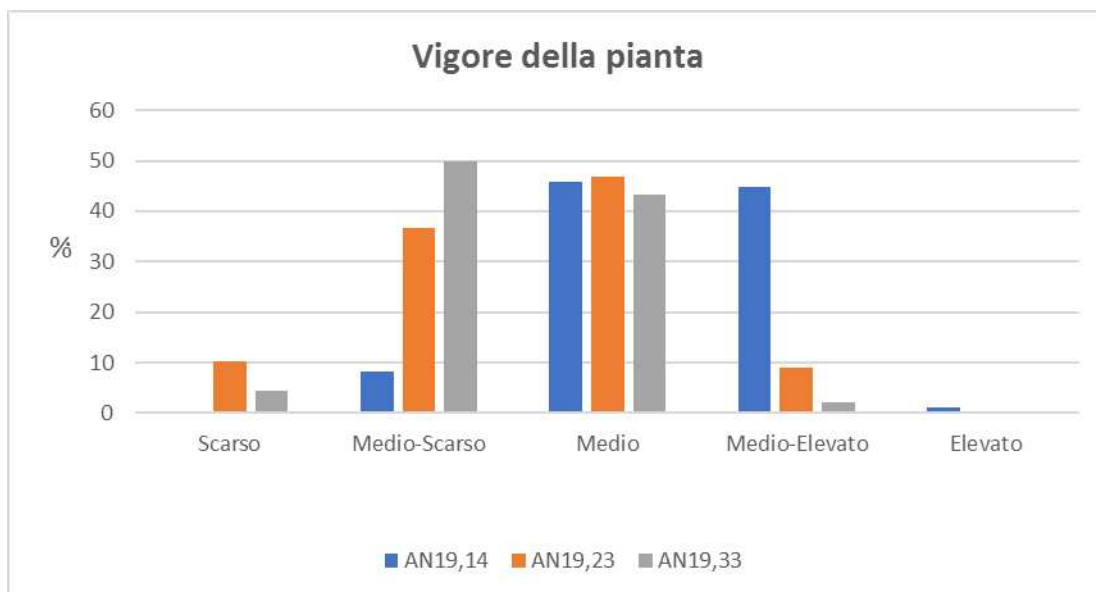


Grafico 3: dati relativi al vigore delle progenie delle combinazioni di incrocio AN19,14, AN19,23, AN19,33; i dati sono stati suddivisi in base alle CI e riportati nel grafico come dati percentuali. Il grafico fa riferimento ai dati raccolti nel campo sperimentale 2021/2022.

4.1.3 Suscettibilità della pianta all'oidio

Il terzo carattere analizzato è quello della suscettibilità della pianta all'oidio, malattia fungina che interessa prima le foglie e poi gli altri organi della pianta. Le valutazioni sono state fatte nel mese di maggio, prima della raccolta, e da come si evince nel grafico riportato di seguito, la maggior parte delle progenie dei tre parentali no ha riscontrato particolari problematiche per questa malattia.

Il parentale AN19,14 ha avuto più del 90% della progenie senza alcun sintomo, circa il 6% ha avuto degli scarsi sintomi e solo il 2% sintomi medi; nessuna progenie ha avuto sintomi elevati o molto elevati.

La progenie del parentale AN19,23 è risultata per il 50% senza alcun sintomo, circa il 30% con scarsi sintomi, il 15% con sintomi medi e circa l'1% con sintomi elevati.

Per quanto riguarda il parentale AN19,33, la progenie è risultata con il 70% dei casi con sintomi scarsi, il 25% circa con sintomi medi e circa il 4% con sintomi elevati; questa progenie è stata quella nella quale è stata riscontrata un po' più di suscettibilità ma comunque nulla di problematico.

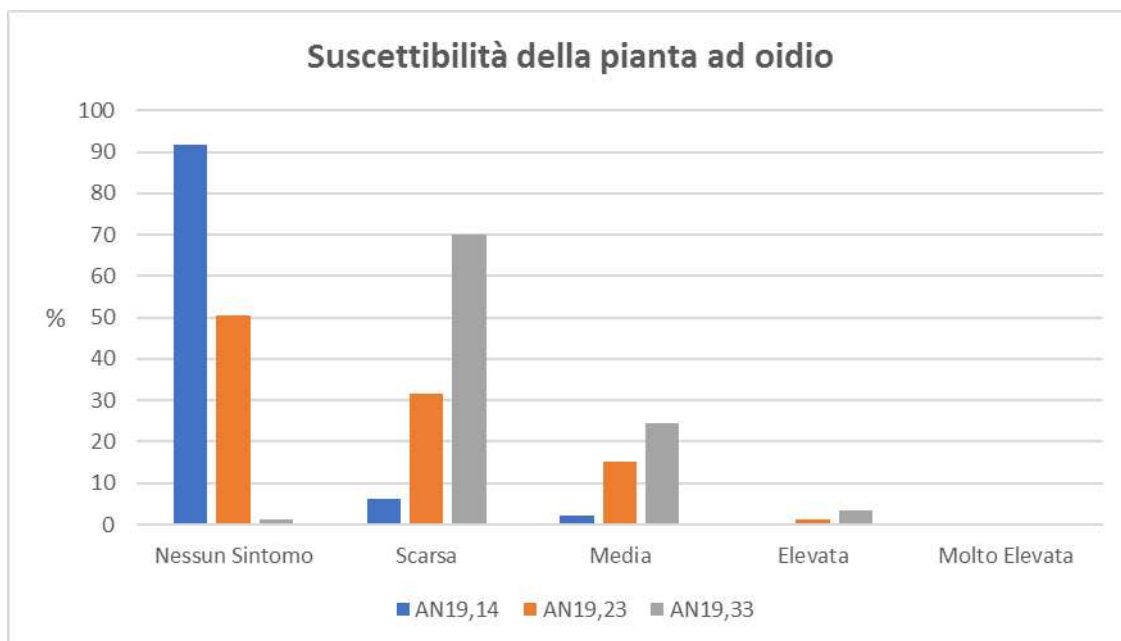


Grafico 4: dati relativi alla suscettibilità delle piante derivate dalle combinazioni di incrocio AN19,14, AN19,23, AN19,33; i dati sono stati suddivisi in base alle CI e riportati nel grafico come dati percentuali. Il grafico fa riferimento ai dati raccolti nel campo sperimentale 2021/2022.

4.2 Caratteri produttivi

La valutazione dei caratteri produttivi segue la fase dei parametri vegetativi, la valutazione è stata fatta sulle stesse progenie dei tre differenti parentali (AN19,14 - AN19,23 – AN19,33), il carattere che è stato analizzato nello specifico è la “Forma dei Frutti”.

Le valutazioni vengono fatte solo i frutti secondari che hanno raggiunto la maturazione commerciale, ovvero che hanno raggiunto la colorazione rossa su tutta la superficie esterna, in quanto il frutto primario è generalmente di dimensioni più elevate con forma non corrispondente a quella dei secondari.

4.2.1 Forma dei frutti

La classificazione a seconda della forma vede una divisione in ben nove classi: reniforme, sferoidale, conico-arrotondata, conica, conico-allungata, biconica, quasi cilindrica, cuneiforme, ovoidale.

Come si evince dal grafico 5, in tutte e tre le diverse combinazioni di incrocio si ha una tendenza verso la forma conica, conica-allungata e biconica; le altre forme si sono verificate in piccole percentuali che non superano il 10%.

I frutti delle progenie della combinazione di incrocio (CI) AN19,14 presentano una forma conica nel 37,5% dei casi, forma conica-allungata nel 36,5% dei casi e circa il 19% ha forma biconica. La restante parte, circa il 7%, è risultata con forma sferoidale, conico-arrotondata e cuneiforme.

Anche la CI AN19,23 ha dato delle progenie con forma dei frutti prevalentemente conica con una percentuale del 34,2%, a seguire la forma riscontrata nel 32% circa è quella biconica, nel 19% dei casi troviamo frutti di forma conica-allungata e nell'11% dei casi sono frutti di forma sferoidale o conico-arrotondata.

La CI AN19,33 ha dato delle progenie con la forma dei frutti simile alla CI AN19,14; abbiamo riscontrato una prevalenza di frutti con forma conica (40%), conica-allungata (36,7%) e biconica (17,8%), l'altro 5% circa è stato riscontrato con forma conico-arrotondato e cuneiforme in ugual percentuale (grafico 5).

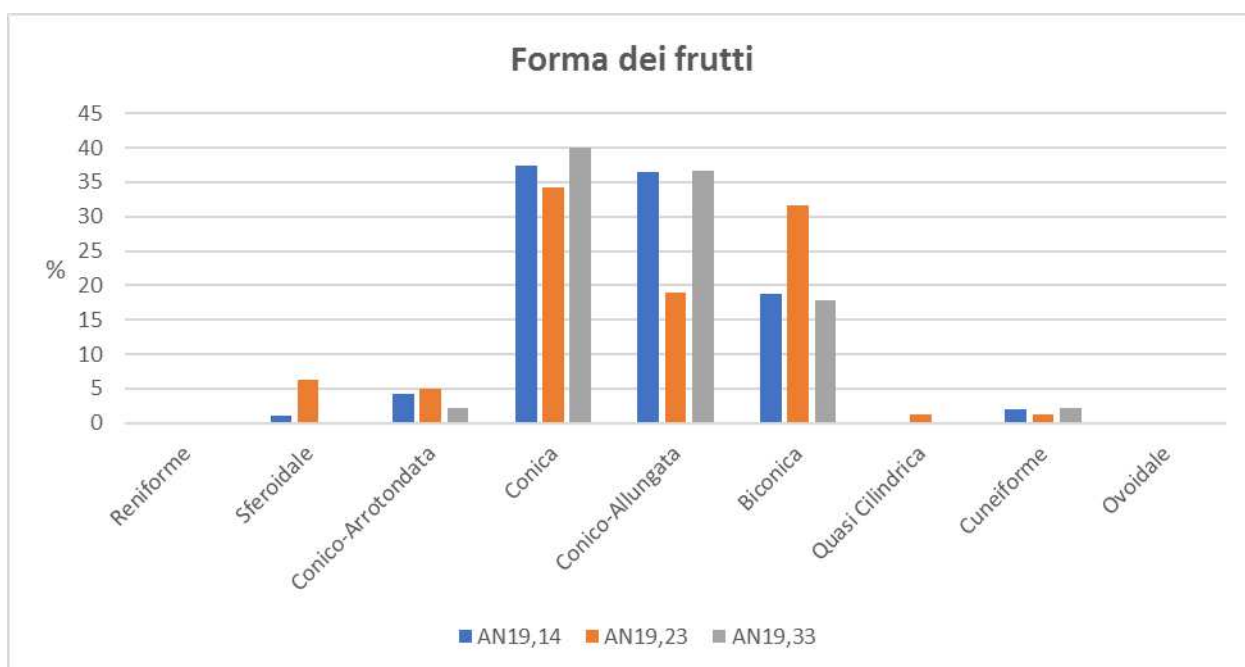


Grafico 5: dati relativi alla forma dei frutti delle progenie delle combinazioni di incrocio AN19,14, AN19,23, AN19,33; i dati sono stati suddivisi in base alle CI e riportati nel grafico come dati percentuali.

Il grafico fa riferimento ai dati raccolti nel campo sperimentale 2021/2022.

4.3 Caratteri qualitativi

Degli otto caratteri valutati riguardanti la qualità solo tre sono stati analizzati; sono stati ritenuti importanti per questo elaborato in quanto racchiudono la gran parte degli obiettivi dei vari programmi di miglioramento genetico che ci sono in Italia, sia fatti da aziende pubbliche che da aziende private.

I caratteri analizzati sono: Colore della superficie, consistenza della polpa all'assaggio e qualità organolettiche generali;

4.3.1 Colore della superficie del frutto

Il colore è stato il primo carattere qualitativo ad essere stato valutato, prima di iniziare le valutazioni vere e proprie di questo carattere è stato necessario un periodo di prova per imparare a distinguere le varie tonalità di rosso sui frutti. Le fragole delle piante analizzate sono risultate per la gran parte di colore rosso con qualche minoranza che è risultata rosso-aranciato, rosso intenso o rosso scuro.

Circa l'80% della progenie di AN19,14 è risultato di colore rosso, il 13,5% di colore rosso-aranciato e circa il 7% di colore rosso intenso; in nessun caso è stato riscontrato il colore aranciato chiaro e rosso scuro (grafico 6).

Per quanto riguarda la progenie di AN19,23 è stato riscontrato il colore rosso nel 65% dei casi, il colore rosso intenso nel 23%, nel 6% rosso scuro e nel 5% rosso-aranciato; anche qui nessun frutto è risultato essere di colore aranciato chiaro.

La progenie di AN19,33 presenta frutti di colore rosso nel 75,6% dei casi, il colore rosso intenso lo riscontriamo nel 14,4% dei frutti, un 5,6% è di colore rosso scuro e solo il 3,3% è di colore rosso-aranciato (grafico).

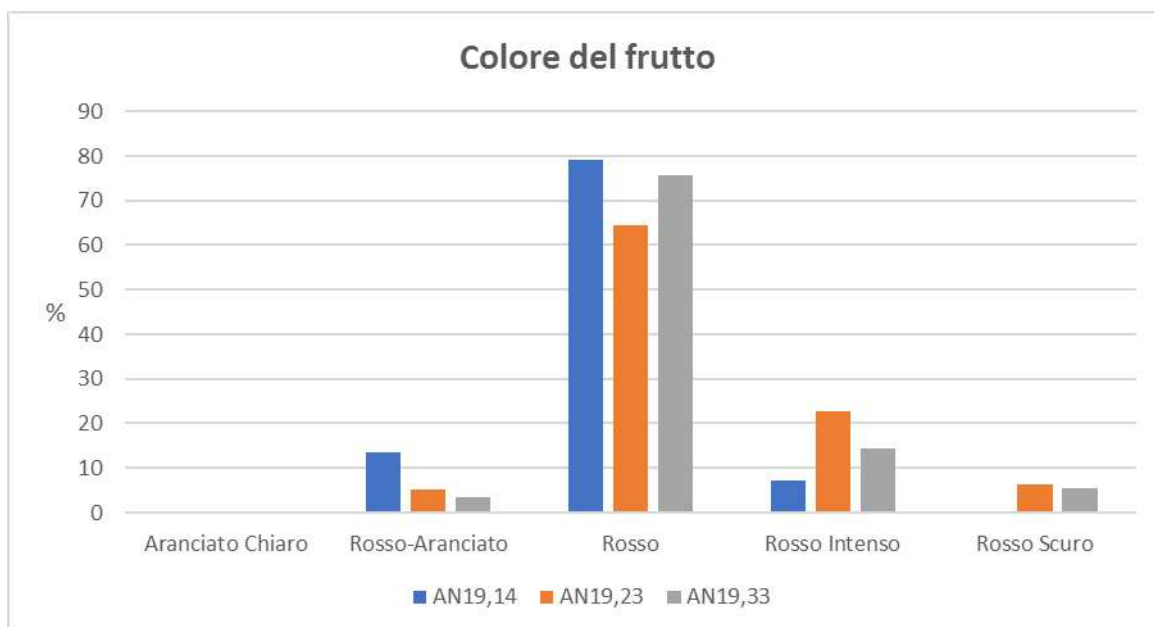


Grafico 6: dati relativi al colore del frutto delle progenie delle combinazioni di incrocio AN19,14, AN19,23, AN19,33; i dati sono stati suddivisi in base alle CI e riportati nel grafico come dati percentuali.

Il grafico fa riferimento ai dati raccolti nel campo sperimentale 2021/2022.

4.3.2 Consistenza della polpa all'assaggio

La consistenza della polpa all'assaggio è un altro carattere qualitativo soggettivo analizzato, come già detto in precedenza i programmi di miglioramento puntano molto alla consistenza della polpa, per questo elaborato la consistenza è stata classificata in cinque diverse categorie che sono: molto scarsa, scarsa, media, elevata e molto elevata; il giudizio è stato dato dopo aver assaggiato due/tre frutti per ogni pianta.

Analizzando la progenie di AN19,14, si è riscontrato che circa il 18% dei frutti mostra una consistenza elevata il che è un dato abbastanza positivo. Circa il 48% dei frutti è rientrato nella media e il 34% è risultato di consistenza scarsa (grafico 7).

Nella progenie della CI AN19,23 si è rilevato che il 58,2% dei frutti presenta una consistenza media, il 27,8% ha consistenza scarsa e solo il 12,7% ha una consistenza elevata.

Anche le progenie di AN19,33 presentano frutti con consistenza media nel 52,2% dei casi, il 22,2% dei frutti è risultato con consistenza scarsa e solo il 3% con consistenza della polpa all'assaggio elevata (grafico 7).

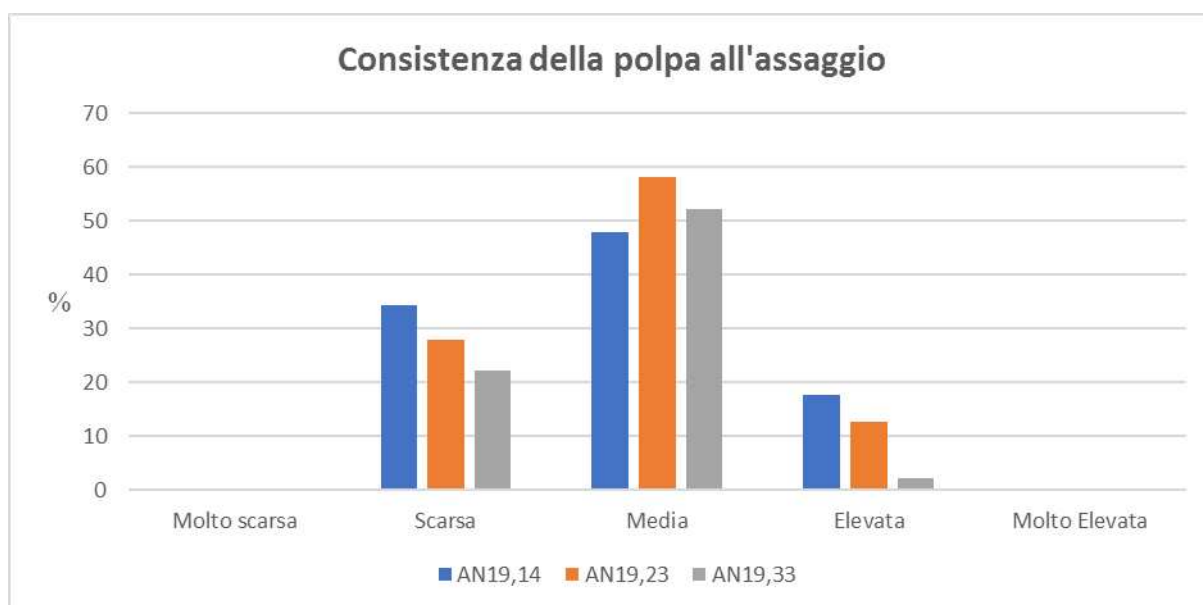


Grafico 7: dati relativi alla consistenza della polpa dei frutti delle progenie, delle combinazioni di incrocio AN19,14, AN19,23, AN19,33; i dati sono stati suddivisi in base alle CI e riportati nel grafico come dati percentuali.

Il grafico fa riferimento ai dati raccolti nel campo sperimentale 2021/2022.

4.3.3 Qualità organolettiche generali

Come terzo carattere qualitativo da analizzare è stato scelto quello delle qualità organolettiche generali, è stato scelto questo perché racchiude, in parte, anche gli altri parametri qualitativi. Per essere analizzate le qualità organolettiche sono state classificate in: scarse, mediocri, medie, buone e ottime; come per la consistenza, le valutazioni sono state fatte assaggiando un paio di frutti per pianta.

I frutti della progenie di AN19,14 sono risultati con qualità organolettiche mediocri nel 15,5% dei casi, medie nel 44,8% e buone nel 37,5%. Agli estremi, di questa classificazione abbiamo trovato l'1% con qualità scarse e l'1% con qualità ottime (grafico 8).

Analizzando i frutti derivanti dalla combinazione di incrocio AN19,23, le qualità organolettiche sono risultate le seguenti: 2,5% scarse, 16,5% mediocri, 45,6% medie, 32,9% buone e solo l'1,3% sono risultate ottime.

Nei frutti delle progenie di AN19,33 sono state riscontrate delle buone qualità organolettiche nel 38,9% dei frutti, nel 37,8% dei casi i frutti hanno avuto delle qualità medie nel 18,9% mediocri; in piccola parte sono state riscontrate anche delle qualità ottime (2,2%) e scarse (1,1%).

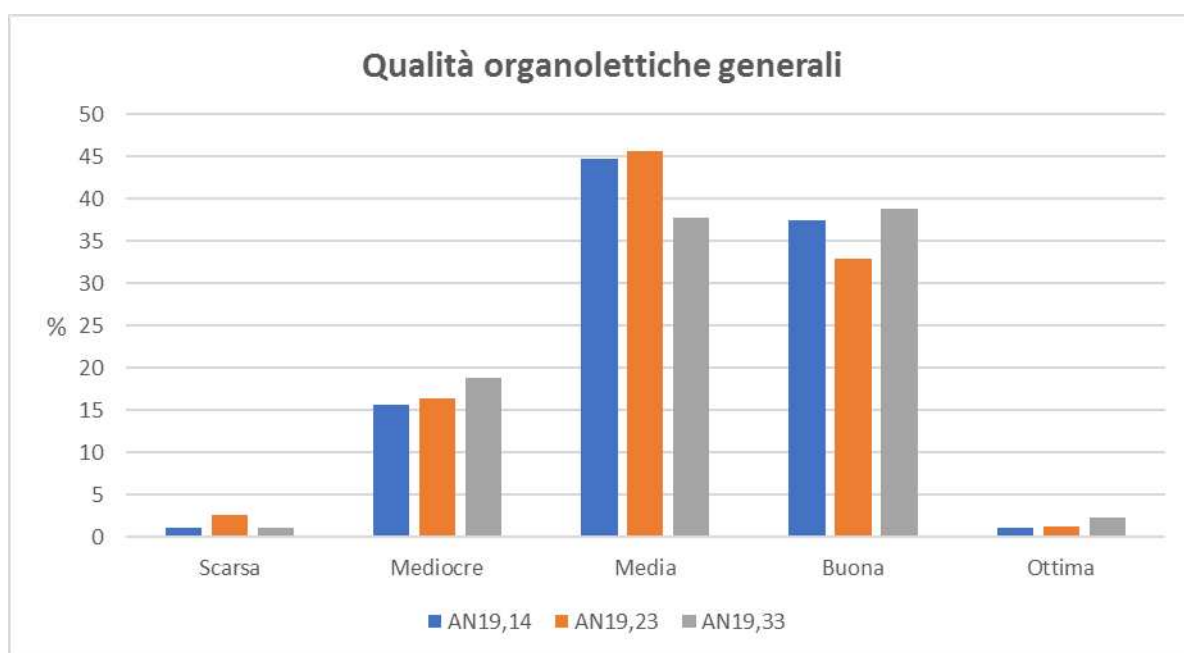


Grafico 8: dati relativi alla qualità organolettica dei frutti delle progenie delle combinazioni di incrocio AN19,14, AN19,23, AN19,33; i dati sono stati suddivisi in base alle CI e riportati nel grafico come dati percentuali.

Il grafico fa riferimento ai dati raccolti nel campo sperimentale 2021/2022.

4.4 Analisi qualitative

Le analisi qualitative di questo elaborato hanno dato particolare attenzione al grado zuccherino che è sempre stato al centro di ogni programma di miglioramento in quanto il frutto si presenta più gradevole al consumatore finale.

4.4.1 Contenuto in solidi solubili

Il contenuto in solidi solubili (SS) espresso in °Brix è stato determinato attraverso un rifrattometro, avendo preso due frutti maturi per ogni parcella nella data centrale di raccolta. Il valore del grado zuccherino (espresso in °Brix) per combinazione di incrocio deriva dalla media dei valori di ogni singolo semenzale e relativo errore standard (tabella 3).

Combinazioni di incrocio	N° di semenzali valutati	Solidi solubili (°Brix)	Solidi solubili (SE)
AN19,14	96	9.9	0.17
AN19,23	79	9.6	0.17
AN19,33	93	9.4	0.19

Successivamente le progenie sono state suddivise in dieci diversi classi di frequenza in relazione al contenuto in solidi solubili: <6, da 6,1 a 7, da 7,1 a 8, da 8,1 a 9, da 9,1 a 10, da 10,1 a 11, da 11,1 a 12, da 12,1 a 13 da 13,1 a 14 e infine > di 14. Per la combinazione di incrocio AN19,14 la media dei valori delle progenie è di 9,9 °Brix, per AN19,23 il valore medio è di 9,6 °Brix e per AN19,33 è di 9,4 °Brix (tabella 3).

Nella combinazione di incrocio AN19,23 si è riscontrato un buon risultato in quanto il 19,2% della progenie è rappresentata nella classe di frequenza che va da 11,1 a 12 °Brix (grafico 9). Anche per AN19,33 si evidenziano buoni risultati in quanto il 16,8% dei semenzali presentano un contenuto in solidi solubili superiore al 11,1 %. L'unica combinazione di incrocio che presenta dei semenzali con °Brix superiore a 14,1% è la AN19,14.

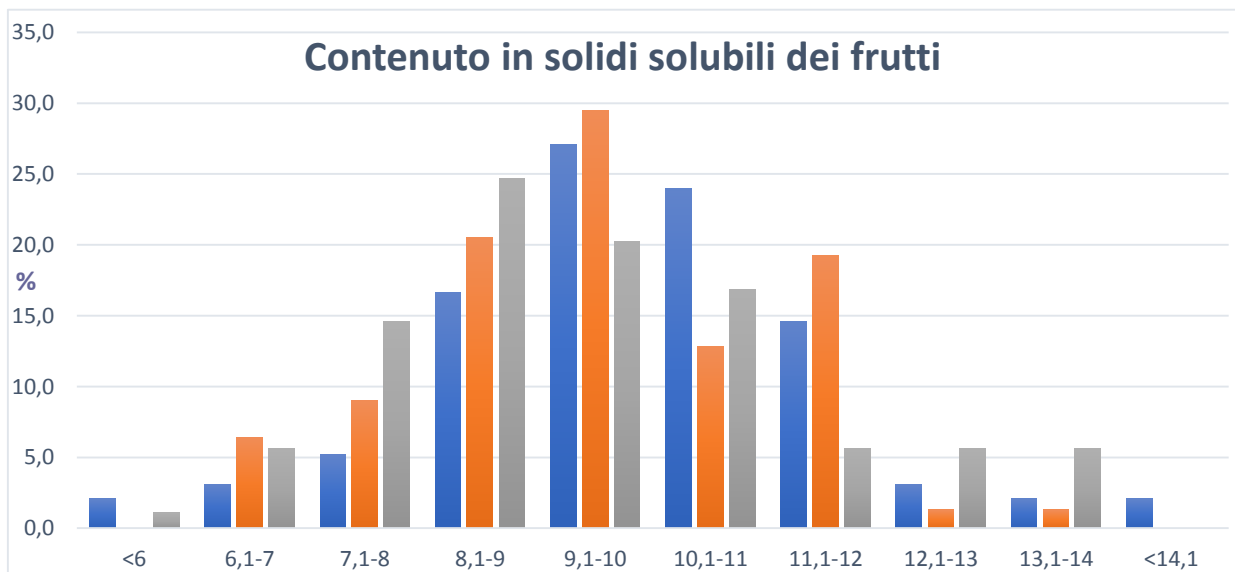


Grafico 9: dati relativi alla media del contenuto in solidi solubili ($^{\circ}$ Brix) dei frutti delle progenie delle combinazioni di incrocio AN19,14, AN19,23, AN19,33; i dati sono stati suddivisi in base alle CI e riportati nel grafico come dati percentuali.

Il grafico fa riferimento ai dati raccolti nel campo sperimentale 2021/2022.

4.5 Semenzali più interessanti

Dalle valutazioni soggettive e oggettive, sono stati selezionati dei semenzali che si sono contraddistinti per avere dei caratteri interessanti, queste progenie sono state selezionate in base alla combinazione di incrocio dal quale provengono.

Le progenie della combinazione di incrocio AN19,14 che hanno mostrato caratteri vegetativi, produttivi e qualitativi interessanti sono le selezioni AN19,14,136 e AN19,14,167. La selezione AN19,14,136 ha mostrato una buona vigoria della pianta con suscettibilità ai patogeni scarsa, accompagnata da frutti di colore rosso brillante, una consistenza della polpa media, delle qualità organolettiche ottime e un grado zuccherino medio che si aggira intorno a 12° Brix. Anche la selezione AN19,14,167 ha mostrato una buona vigoria e una scarsa suscettibilità della pianta alle malattie, i frutti sono risultati di forma conica-allungata, di colore rosso brillante, consistenza della polpa all'assaggio elevata, un buon aroma e delle qualità organolettiche generali buone; i frutti di questa selezione hanno evidenziato un contenuto in solidi solubili medio di circa 11° Brix.

Le progenie della CI AN19,23 nella quale sono state verificate delle caratteristiche vegetative, produttive e qualitative interessanti sono AN19,23,115 e AN19,23,128. La selezione AN19,23,115 presenta un

habitus assurgente con una suscettibilità ai patogeni molto scarsa, i frutti sono risultati di forma conica, con colore rosso intenso, una buona consistenza della polpa dei frutti che sono risultati anche molto dolci e aromatici con un contenuto in solidi solubili medio di 10,2°Brix. La selezione AN19,23,128 ha mostrato anche un habitus della pianta assurgente con frutti di forma biconica color rosso intenso, con una consistenza della polpa elevata e delle qualità organolettiche generali buone accompagnate da un contenuto in solidi solubili dei frutti che si aggira intorno a 11,5 °Brix.

Tra le progenie di AN19,33 si sono contraddistinte le selezioni AN19,33,139 e AN19,33,141.

La selezione AN19,33,139 presenta un habitus assurgente con una suscettibilità ai patogeni media, i frutti di forma conica color rosso intenso, sapore dolce elevato e qualità organolettiche generali ottime; i frutti hanno evidenziato un contenuto in solidi solubili medio di circa 11,0 °Brix. Anche la selezione, AN19,33,141, si è contraddistinta per avere l'habitus assurgente, i frutti di colore rosso brillante con la superficie mediamente resistente, con sapore dolce e aroma elevato e delle qualità organolettiche generali buone. Nei frutti si è riscontrato un contenuto in solidi solubili medio di 12,5°Brix che è ottimo, però la sensibilità ai marciumi è risultata elevata.

Capitolo 5

CONCLUSIONI

In conclusione, possiamo dire che le valutazioni svolte nel campo sperimentale, nel 2022, sono servite per identificare selezioni di fragola con interessanti caratteristiche migliorative rispetto ai rispettivi parentali per produzione, qualità e adattabilità agli ambienti temperato freddi.

Trasferire alle selezioni già presenti nel miglioramento genetico questi caratteri, ha lo scopo di migliorare le selezioni presenti in modo tale da arrivare ad una varietà che andrà a soddisfare le caratteristiche richieste dal consumatore finale, che negli anni sta acquisendo sempre più conoscenza su questo frutto.

Inoltre, è fondamentale ricercare selezioni con un buon contenuto in solidi solubili, un'acidità non troppo elevata, un colore rosso brillante ed uniforme, una grande pezzatura e omogeneità della forma del frutto, una polpa con elevata consistenza, con delle qualità organolettiche sempre più elevate e in ultimo, ma non per importanza, è la resistenza della pianta alle malattie.

Le selezioni individuate (AN19,14,136 - AN19,14,167 - AN19,23,115 - AN19,23,128 - AN19,33,139 - AN19,33,141) insieme ad altre ritenute interessanti saranno valutate nel campo sperimentale 2023 dell'Università Politecnica delle Marche in modo tale da confermare i risultati ottenuti e analizzati in questo elaborato di tesi.

Se i risultati ottenuti nell'anno 2022 saranno confermati anche nella stagione successiva, le selezioni più interessanti potranno essere utilizzate in futuri programmi di miglioramento genetico.

BIBLIOGRAFIA

- Amsalem L., Freeman S., et al. (2006) "Effect of climatic factors on powdery mildew caused by *Sphaerotheca macularis* f. sp. *fragariae* on strawberry" *European Journal of Plant Pathology* 114:283–292 Springer 2006 DOI 10.1007/s10658-005-5804-6
- Andreotti C., Antoniaci L., Babini A.R., et al, 2010. *La fragola*. Collana *Coltura&cultura*, Ed. Script, Bologna.
- Bertioli, J. D., 2019 The origin and evolution of a favorite fruit. *Nature Genetics*, 51, pp. 372-373
- Bucci, A., Faedi, W., Baruzzi, G., 2010. Origine ed evoluzione. In: AA.VV. *La fragola*. Collana *Coltura&Cultura*. Bayer CropScience, Ed. Script, Bologna, pp. 2-11.
- Faedi, W., Casalini, F., Baruzzi, G., 2010. Miglioramento genetico. In: AA.VV. *La fragola*. Collana *Coltura&Cultura*. Bayer CropScience, Ed. Script, Bologna, pp. 302-311.
- Mezzetti, B., Capocasa, F., 2018. In: Lorenzetti F., Albertini, E., Frusciante, L., Rosellini D., Russi, L., Tuberosa, R., Veronesi F. *Miglioramento genetico delle piante agrarie*. Edagricole – Edizioni Agricole di New Business Media Srl, Milano, pp. 385-387.
- Mezzetti, B., Sabbadini, S., Capocasa, F. 2021 In: *Arboricoltura Speciale, La Fragola* Edagricole – Edizioni Agricole di New Business Media Srl, Milano, pp. 480-482.
- WilhelmS., Sagen J.E. (1974): *A history of the strawberry*. University of California.
- <https://www.greenme.it/casa-e-giardino/coltivare/coltivare-fragole-guida/>
- <https://cpvo.europa.eu/en>
- <https://www.upov.int/edocs/tgdocs/en/tg022.pdf>