



**UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI PALERMO
DIPARTIMENTO SISTEMI AGRO.AMBIENTALI S.AG.A**

**DOTTORATO DI RICERCA INTERNAZIONALE IN
AGRONOMIA AMBIENTALE**

XXIII CICLO

**TESI DI DOTTORATO
SETTORE SCIENTIFICO- DISCIPLINARE AGR/04**

**INFLUENZA DI TIPOLOGIA DI PIANTA, VARIETÀ E TECNICA
CULTURALE SULLA PRODUZIONE E QUALITÀ DI
FRAGOLE IN AMBIENTE PROTETTO IN SICILIA**

DOTT. SSA ROBERTA ALESSANDRO

Tutor:

Prof. Fabio D'Anna

Coordinatore:

Prof. Carmelo Dazzi

<u><i>PREMESSA.....</i></u>	<u><i>3</i></u>
<u><i>SCOPO DELLA RICERCA.....</i></u>	<u><i>60</i></u>

PREMESSA

La coltivazione in ambiente protetto in Italia rappresenta, in termini di superficie, una piccola frazione della superficie totale utilizzata, ma per alcuni settori quali l'orticoltura, la floricoltura ed il vivaismo risulta di particolare importanza. La superficie destinata a colture orticole protette si aggira in Italia intorno a 37.000 ha (Istat, 2010) a fronte di circa 450.000 ha (Inea, 2010) totalmente investiti a ortaggi. Se le superfici protette in orticoltura rappresentano solo l'8%, o il 10% escludendo la superficie investita a pomodoro da industria, gli incrementi di resa ottenibili ricorrendo alla forzatura delle colture sono molto consistenti. Questa differenza produttiva ottenibile in coltura protetta è senza dubbio frutto di un'intensificazione dei cicli colturali, ma anche della costante evoluzione e innovazione, che ha caratterizzato il settore negli ultimi anni. Tale innovazione è stata mirata inizialmente al miglioramento delle strutture utilizzate (serre, tunnel ecc.), successivamente sono state modificate e innovate le tecnologie impiegate nei processi produttivi (dalla coltivazione su suolo fino al fuori suolo), per poi migliorare i materiali utilizzati (dalle strutture portanti ai materiali di copertura).

Negli ultimi tempi, a causa soprattutto della crisi economica, le innovazioni trasferite alle colture protette si sono ridimensionate e hanno mirato essenzialmente all'ottimizzazione delle tecniche colturali, al contenimento dei costi di produzione, al miglioramento qualitativo delle produzioni non tralasciando la commercializzazione dei prodotti in ogni suo aspetto, in altre parole alla sostenibilità del sistema produttivo (Sambo, 2011).

Gli ambienti meridionali, rispetto a quelli del nord Europa tecnologicamente più avanzati, da un lato risultano avvantaggiati dalle condizioni climatiche più favorevoli, che consentono una certa riduzione degli inputs energetici da somministrare alle colture, ma nello stesso tempo necessitano di un adeguamento tecnico, agronomico ed organizzativo in vista della globalizzazione dei mercati che renderà il consumatore sempre più esigente (Leonardi e Noto. 2005).

La scelta della qualità come fattore competitivo si configura come scelta obbligata per valorizzare la produzione orticola dell'Italia. La collocazione sul mercato di prodotti orticoli con forte connotazione di qualità certificata offre indubbiamente un vantaggio competitivo nei confronti di prodotti non certificati. L'attenzione dei consumatori verso la qualità dei prodotti vegetali ed alimentari in genere, riguarda sempre più aspetti che attengono alla sicurezza d'uso (igienica e sanitaria), al valore nutrizionale e salutistico del prodotto, alla quantità di servizio aggiunto (*convenience*); inoltre in base alla condivisione

di nuovi modelli di sviluppo, che si stanno delineando, l'intero processo di filiera (produzione, trasformazione e commercializzazione) deve seguire i paradigmi di sostenibilità sociale ed ambientale, per preservare, in quest'ultimo caso le risorse naturali non rinnovabili (suolo, acqua, aria, biodiversità e fonti energetiche) (Elia *et al.* 2010)

L'attenzione riposta verso la qualità nutrizionale e salutistica è dimostrata anche dall'introduzione sul mercato di prodotti in cui viene esaltata o migliorata la capacità antiossidante come le fragole o i pomodori con maggior contenuto in licopene.

In Italia, la coltura della fragola ha subito un costante ridimensionamento nell'ultimo ventennio. Gli attuali 3.700 ha sono concentrati in diverse aree colturali dalla Campania (Piana del Sele e agroaversano) Veneto (veronese), Basilicata (meta pontino), Emilia-Romagna (cesenate), Sicilia (marsalese), Calabria (lametino), Trentino e Piemonte (cuneese). In queste aree, la fragolicoltura ha subito un costante rinnovamento, sia varietale, sia dei processi di produzione. In particolare l'impiego di varietà rifiorenti al nord e di piantine fresche sia a radice nuda che cime radicate al sud hanno consentito di ampliare notevolmente i calendari di produzione delle fragole ormai presenti tutto l'anno sui mercati.

L'ampio flusso produttivo di fragole "made in Italy" appare un punto di forza per la competitività e la redditività delle nostre imprese fragolicole.

In Sicilia negli ultimi anni sono state svolte esperienze significative in merito al reperimento del materiale di propagazione, della scelta di varietà con elevati standards qualitativi, della certificazione della salubrità del prodotto, al fine di tutelare sia il consumatore che l'ambiente. Si è inoltre lavorato sull'aggregazione dell'offerta e sul marketing fondato sull'identificazione del prodotto col territorio.

Durante il triennio del dottorato in Agronomia Ambientale l'attività di ricerca è stata incentrata sull'intero sistema produttivo fragolico: in particolar modo sull'innovazione delle tecniche vivaistiche e sul miglioramento genetico per l'ottenimento di varietà più rustiche e resistenti idonee ad essere allevate con tecniche agronomiche più sostenibili.

PARTE GENERALE

La fragola, origine ed evoluzione

1. Introduzione

La pianta di fragola appartiene alla famiglia delle *Rosaceae* si configura come una pianta perenne e stolonante, con molte specie spontanee di origine europea e americana. Numerose sono le varietà ottenute dalle prime ibridazioni svolte nel XVIII secolo. Per le dimensioni del frutto si distinguono varietà a frutto grosso e a frutto piccolo. Le varietà a frutto grosso sono le più diffuse e si distinguono in varietà riflorenti e non riflorenti.

Le fragole sono state inserite tra i “super cibi” che “mantengono giovani” nella speciale classifica stilata dall’USDA (il Dipartimento dell’Agricoltura statunitense), per il contenuto record in sostanze benefiche per la salute.

1.1. Origine dell’ibrido *Fragaria x ananassa* Duch.

La fragola appartiene alla famiglia delle *Rosaceae*, genere *Fragaria*. Il corredo cromosomico di base del genere risulta $x=7$, le specie oggi coltivate risultano diploidi, esaploidi e ottaploidi.

La fragola come specie coltivata nasce circa trecento anni fa, grazie all’introduzione in Europa della *Fragaria chiloensis* L., proveniente dal Cile caratterizzata da notevoli dimensioni dei frutti rispetto alle tre fragole spontanee europee: *F. vesca* L. o fragolina di bosco, *F. moschata* Duch. e *F. viridis* Duch.

La *Fragaria chiloensis* L. fu importata in Europa da Amédeé François Frézier nel 1714, ma solo nel 1766 Antoine Nicholas Duchesne cominciò a studiarla con assiduità registrandone le caratteristiche sessuali dei fiori, le stagioni di fioritura e fruttificazione oltre che gli effetti dei vari agenti meteorologici.

La fragola a frutto grosso attuale deriva dall’ibridazione avvenuta casualmente nel 1766 tra *F. virginiana*, proveniente dagli Stati Uniti orientali e *F. chiloensis*. La specie ottaploide ottenuta, denominata *Fragaria x ananassa* ($2n = 2x = 56$), risulta caratterizzata

da frutti di elevate dimensioni i cui semi perfettamente germinabili producono piante con fiore perfetto e facilmente impollinabili (AA.VV., 2010).

1.2. Caratteristiche botaniche

La fragola è una pianta perenne erroneamente considerata erbacea. È costituita da un apparato radicale, da un fusto (rizoma o corona) e da un apparato fogliare. Le radici, dall'aspetto fibroso sorgono dalla corona vicino alla superficie del terreno. Si distinguono in primarie e secondarie; queste si originano dalle prime e formano la massa delle radici, con funzione, oltre che di assorbimento degli alimenti, anche di immagazzinamento di sostanze di riserva (Bonciarelli, 1995).

Il fusto è raccorciato contiene i tessuti vascolari ed ha anch'esso funzione di riserva, si sviluppa formando altri germogli con relative radici. Da esso partono lunghi piccioli, che portano le foglie. Queste sono palmate o pinnate, suddivise in tre fogliole, ma di frequente anche 4-5, hanno stipule connesse alla base, spessore variabile e colore verde più o meno intenso. Sono molto ricche di stomi, così da permettere un'intensa traspirazione. All'ascella delle foglie si formano gemme, che daranno origine a ceppi secondari, o stoloni o infiorescenze (Branzanti, 1985). Lo stolone è un germoglio lungo, sottile strisciante sul terreno alla cui estremità si forma una rosetta di foglie che, a contatto col terreno, emette radici formando una piantina con gli stessi caratteri genotipici della pianta madre. Dalla nuova corona parte un nuovo stolone, che agisce come un prolungamento del precedente.

Il fiore può essere "perfetto" (ermafrodita), contenente organi femminili e maschili (pistilli e stami), o "imperfetto" (unisessuale) con soli organi maschili o femminili.

Ogni fiore perfetto è costituito da un calice, composto normalmente da 5 sepali, liberi, aderenti o riflessi; una corolla composta di solito da 5 petali bianchi, di forma variabile da ellittici ad arrotondati od ovali; da stami, posti generalmente su tre verticilli e inseriti alla periferia del ricettacolo.

All'estremità del ricettacolo, internamente alla corona si trovano i pistilli, disposti a spirale, in numero variabile, composti da ovario stilo e stigma, contenente un ovulo che fecondato formerà un achenio, chiamato comunemente seme.

I fiori sono raccolti in infiorescenze, in realtà fusti modificati, in cui una brattea ad ogni nodo sostituisce la foglia, mentre la gemma, all'ascella di questa si sviluppa in una branca secondaria o asse dell'infiorescenza.

L'infiorescenza tipica delle varietà coltivate ha un asse primario, due secondari, quattro terziari ed otto quaternari. Ogni asse porta all'estremità un fiore.

Il frutto edule (bacca) è un "falso frutto" costituito dall'ingrossamento del ricettacolo, sul quale sono inseriti gli acheni, piccoli, di colore chiaro nella parte all'ombra e bruno-rossastro nella parte esposta al sole; in numero variabile come i pistilli. Dopo la fecondazione, gli ovuli sviluppandosi in acheni stimolano l'ingrossamento del ricettacolo, che diviene carnoso. La parte centrale del frutto, o "cuore", può essere molto o poco sviluppata, a tal riguardo si distinguono frutti a "cuore vuoto" (o cavo) da considerarsi come carattere negativo, o a "cuore pieno". Altro carattere commercialmente negativo che a volte può presentarsi nei frutti consiste nel distacco del frutto dal peduncolo con l'asportazione di una parte del cuore, distacco "con pennello". I frutti hanno forma diversa a seconda della cultivar: conici, conico-allungati, sferoidali, oblatti e reniformi.

1.3. Fisiologia ed esigenze ambientali

Nella fragola la differenziazione delle gemme e la successiva fioritura risultano funzione del numero di ore giornaliere e dei valori di temperatura. Le cultivar di fragola, infatti, si classificano in brevidiurne, longidiurne e neutrodiurne (day neutral):

Le brevidiurne sono cultivar che differenziano i propri fiori durante il periodo di giorno breve (con durata inferiore alle 12 ore), che si hanno nei nostri ambienti da fine estate (primi di settembre) alla primavera, a condizione che vi siano temperature idonee. Le cultivar unifere tradizionali, diffuse nei climi temperati, dal 40° al 60° parallelo, differenziano in autunno nell'arco di un periodo breve (da settembre fino ai primi geli) e realizzano quindi, nella primavera successiva, una produzione che matura in un periodo di tempo di circa 30 giorni. I selezionatori californiani hanno individuato delle cultivar, che grazie ad un fotoperiodo meno breve nei mesi invernali e alle temperature elevate, differenziano gemme per un lungo periodo ed hanno un più lungo periodo di fruttificazione. Quanto più ci si sposta dall'equatore verso i poli, tanto più il periodo di differenziazione delle gemme tende ad essere breve. Alcune cultivar unifere possono diventare bifere in dipendenza di determinate condizioni ambientali; e fornire una seconda fruttificazione, derivante da un secondo periodo di differenziazione a fiore che si compie in primavera, quando le giornate sono ancora brevi, ma si stanno allungando e si ha un innalzamento delle temperature. L'intervallo che intercorre nelle cultivar bifere fra la prima e la seconda produzione, proveniente dalla differenziazione primaverile, risulta ampio nei climi del nord Europa, dall'Olanda alla Scozia (la prima produzione tra giugno e

luglio, la seconda a 30-50 giorni di distanza dalla prima), mentre nella valle Padana la prima produzione è seguita dalla seconda a una distanza di 20-30 giorni, se si scende ancora più a sud, la seconda produzione segue la prima a distanza di appena una settimana (Baldini e Scaramuzzi, 1980).

Le longidiurne sono cultivar le cui gemme si differenziano in estate quando le ore di luce superano le 14 ore e fruttificano dalla primavera all'autunno. Questa tipologia di fragole non ha mai avuto grande diffusione, a causa delle condizioni climatiche, che nei mesi estivi, non permettono una buona allegagione dei frutti, a causa della scarsa vitalità del polline. Nelle neutrodiurne è la temperatura a svolgere un ruolo principale e, se favorevole, ne prolunga la fioritura e l'attività vegetativa; infatti per tali cultivar la lunghezza del giorno è un fattore indifferente. Questo carattere è stato introdotto partendo da un clone di *Fragaria ovalis* rinvenuto nello Utah, incrociato con le cultivar californiane. La fragola (*Fragaria x ananassa*) è una specie prevalentemente autogama ad impollinazione entomofila ma la propagazione gamica viene utilizzata solo per il miglioramento genetico mentre per scopi commerciali viene propagata in maniera agamica attraverso gli stoloni. In vivai opportunamente predisposti, quando la lunghezza del giorno supera le 12 ore (fotoperiodo lungo), quindi da giugno fino al massimo sviluppo vegetativo che si verifica a settembre, le piante madri differenziano gemme a legno ed emettono gli stoloni e quindi le piante figlie. L'interazione tra il fotoperiodo ed il termoperiodo nella fase di moltiplicazione in vivaio determina il corretto equilibrio tra l'induzione fiorale e la fase di sviluppo vegetativo che si avrà nei campi di coltivazione. Le varietà longidiurne che, invece nel periodo a giorno lungo differenziano esclusivamente gemme a fiore, produrranno pochissimi stoloni e spesso sulle piantine, non ancora radicate si hanno già fiori e frutticini.

La fragola è una specie microterma che cresce bene con temperature non troppo elevate: 18-22 °C di giorno, 10-13 °C di notte (Bonciarelli, 1995).

Per quanto riguarda il terreno, la fragola non si adatta a quelli pesanti, non ben drenati, a pH elevato per presenza di calcare o sali alcalini; i terreni migliori sono quelli a medio impasto, leggeri, leggermente acidi (pH 5,8-6,5).

1.4. Caratteristiche nutrizionali del frutto

In accordo alle Food Composition and Nutrition Tables (IV edizione, ed. Scherz H. and Senser F., Wissenschaftliche Verlagsgesellschaft, Stuttgart, 1989) 100 g di parte edibile di fragole contengono: 90,5 % di acqua, 0,9 g di proteine, 0,4 g di lipidi, 6,45g di carboidrati

disponibili e 2,0 g di fibra ed apportano un contributo calorico di 32 kcal/100 g.

Importante è il contenuto vitaminico, infatti 100 g di parte edibile contengono: 0,031 mg di tiamina, 0,054 mg di riboflavina, 0,51 mg di niacina, 0,016 mg di acido folico, 54 mg di vitamina C. Inoltre, i frutti contengono vitamina E sotto forma di alfa-tocoferolo (0,12 mg) e vitamina K (0,013 mg) e sono ricchi di calcio (36 mg/100 g) e ferro (0,96 mg/100 g), oltre a presentare un notevole apporto di potassio (147 mg) e magnesio (15 mg) e bassi livelli di sodio (2,5 mg). Anche fosforo, cloro e fluoro e boro sono presenti in quantità significative. Il rosso delle fragole è dato dalla presenza di carotenoidi (49 µg beta-carotene/100 g), sostanze che ritroviamo in grandi quantità anche nelle carote e nei kaki. È interessante notare che le fragole contengono anche fitosteroli, di cui il beta-sitosterolo risulta il più rappresentativo (10 mg/100 g).

Questi piccoli frutti sono preziosi dal punto di vista nutrizionale e salutistico anche perché sono molto ricchi di composti antiossidanti ed infatti l'Usda (United States Department of Agriculture), la massima autorità statunitense in materia di qualità dell'alimentazione, li ha inseriti tra "super cibi" ("alimenti nutraceutici o funzionali", "pharma food", "nutraceutical food", o "healty food"; Mariani Costantini *et al.*, 1999) poiché hanno una funzione potenzialmente benefica sulla salute umana, mantengono giovani e con buona memoria. È stato recentemente dimostrato che la capacità antiossidante totale (CAT) della fragola è normalmente più elevata (da due ad oltre dieci volte) rispetto a quella di mele, pesche, pere, uva, pomodori, arance e kiwi (Wang *et al.*, 1996; Battino *et al.*, 2004). Il consumo di antiossidanti con la dieta, infatti, è associato ad una diminuzione del rischio di malattie cardiovascolari (Hertog *et al.*, 1997), di diabete (Montonen *et al.*, 2004), di cancro (Ekstrom *et al.*, 2000) e di malattie neurodegenerative (Gilgun-Sherki *et al.*, 2004). Il potere antiossidante dipende dalla presenza di un gruppo numeroso e non omogeneo di sostanze bioattive, quali polifenoli come l'a. ellagico, l'a. p-cumarico, i flavonoidi, gli antociani, carotenoidi e vitamine come l'acido ascorbico (vit C), tutte accomunate dalla capacità di contrastare l'azione dei radicali liberi presenti nell'organismo umano (Magnani *et al.*, 2007). In particolare, l'azione antimutagena e anticancerogena della fragola è imputabile all'alto contenuto di vitamina C (che può arrivare fino a 80 mg/100 g), ai polifenoli (circa 200 mg/100 g), che hanno un'elevata capacità antiradicalica e ad un acido fenolico, che è l'acido ellagico (Mariani Costantini *et al.*, 1999; Moore e Sistrunk, 1980). Gli acheni (1% del peso del frutto) contribuiscono a circa l'11% dei fenoli totali e al 14% dell'attività antiossidante complessiva. L'acido ellagico, i glucosidi dell'acido ellagico e

gli ellagitannini sono i principali contribuenti dell'attività antiossidante degli acheni, che può essere ridotta con la lavorazione industriale.

La capacità antiossidante totale (CAT) degli alimenti dipende non solo dai singoli composti antiossidanti in essi presenti e dalle quantità in cui sono presenti, ma anche dagli eventuali effetti sinergici che si possono instaurare. A parità di concentrazione, inoltre, a composti diversi corrispondono differenti capacità antiossidanti. Nella fragola, polifenoli, tra cui c'è l'acido ellagico, contribuiscono alla CAT per il 50%, la vitamina C per il 20% (Guo *et al.*, 2003) e altri composti tra cui spiccano le antocianine per il restante 30% (Andersen *et al.*, 2004). Le prime ricerche in atto in Italia (Scalzo *et al.*, 2003; Battino *et al.*, 2004; Mezzetti *et al.*, 2005; Magnani *et al.*, 2007) sulla capacità antiossidante di differenti genotipi coltivati sembrano mettere in luce interessanti e significative differenze quantitative che possono concorrere a promuovere una nuova immagine positiva di questo frutto, unita anche alla “soddisfazione gustativa” che le nuove varietà, caratterizzate da frutti di più elevata dolcezza e con una più elevata aromaticità, stanno apportando.

Importanza e diffusione

2. Introduzione

La fragola rappresenta un'importante coltura da reddito in tutte le aree coltivate.

Nel mondo è stata oggetto di miglioramento sia della tecnica colturale che dell'innovazione varietale. Negli ultimi decenni la sua coltivazione ha subito una meridionalizzazione, verso le zone a inverno più mite e verso le aree del mondo in cui la manodopera influisce meno sui costi di produzione.

In Italia benché la fragola sia ancora una coltura di riferimento la sua coltivazione odierna è il risultato di un'evoluzione verso un sistema di coltivazione più efficiente.

2.1. La fragola nel mondo

Nel ventennio 1980-2000 la produzione mondiale di fragole è aumentata del 83% fino ad oltrepassare le tre milioni di tonnellate (FAOSTAT, 2011). Dal 2000 al 2010 si è registrato un ulteriore aumento del 24% fino a superare le 4 milioni di tonnellate. La superficie coltivata a fragola, stimata nel 2010 in circa 244.000 ettari (Figura 2.1.) è la risultante di un trend positivo realizzatosi nell'ultimo decennio, che denota un aumento delle rese unitarie dovuto sia all'innovazione varietale sia al miglioramento della tecnica colturale. L'aumento di produzione è stato osservato in ogni grande area di produzione nel mondo (Figura 2.2): in Europa ha subito minori incrementi soprattutto nell'ultima decade (+3%); nonostante ciò l'Europa rimane il principale bacino produttivo con più di 1,4 milioni di tonnellate di fragole prodotte, equivalenti al 33% della produzione mondiale e al 64% della superficie seguita da nord America (1 312 000 t, circa il 30%), Asia (802 352, 18%), centro-sud America (391 118 t, 9%), Africa (9%) e Oceania. (Fig.2.2.)

I principali paesi produttori sono: USA (1,3 milioni di t), Turchia (299 940 t, 7%), Spagna (275 300 t, 6,3%), Messico, Corea ed Egitto, seguiti da Polonia, Italia, Giappone e Germania; da soli questi paesi hanno realizzato nel 2010 quasi il 74% della produzione mondiale, ottenute sul 56% della superficie.(Figura 2.3).

Fra i paesi produttori il maggior incremento nell'ultimo decennio si è registrato in Egitto, Turchia, Messico e Germania, mentre i paesi che hanno visto un ridursi delle loro produzioni sono risultati Spagna, Italia e Giappone (Faostat, 2011).

I tre paesi con il maggior aumento di produzione sono quelli con il minor costo unitario della manodopera e con inverni a clima mite, al fine di confermare la continua meridionalizzazione della coltura. (AA.VV. 2010).

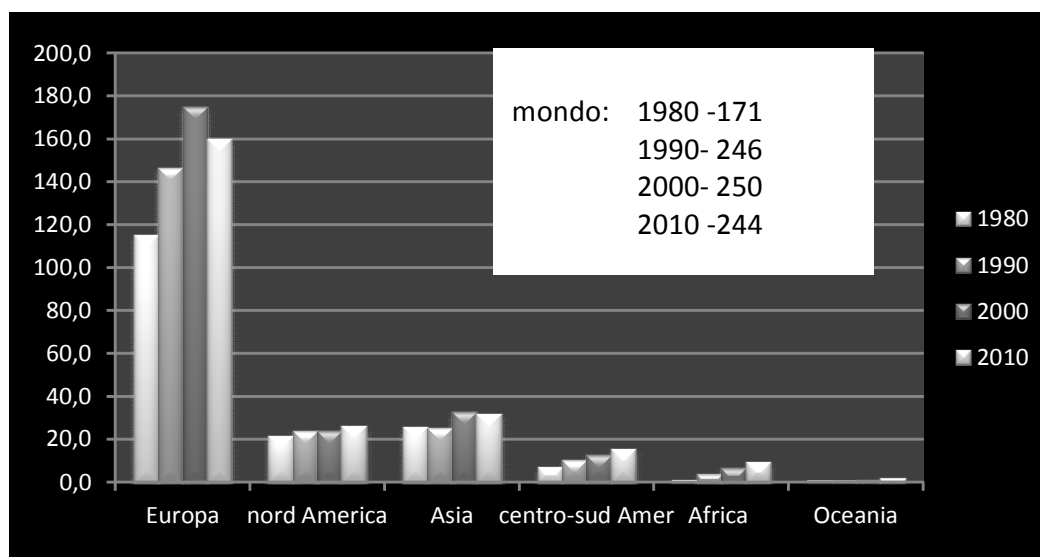


Fig. 2.1. Evoluzione delle superfici coltivate a fragola nel mondo (migliaia di ettari)
FAO stat, 2011

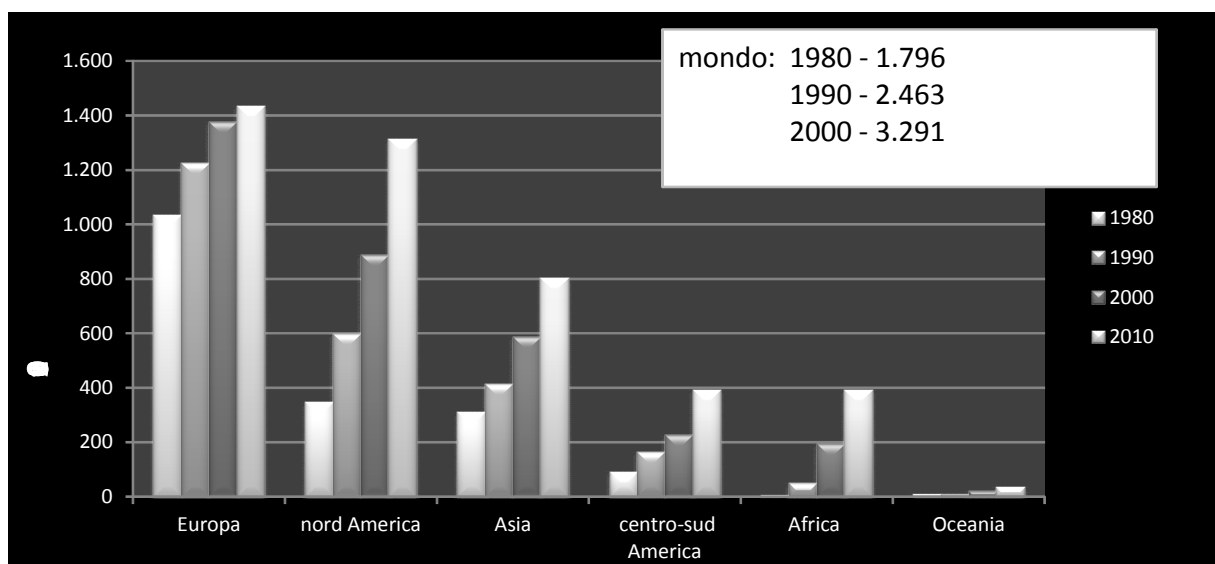


Fig.2.2. Evoluzione delle produzioni di fragole nel mondo (milioni di tonnellate)
FAO stat, 2011

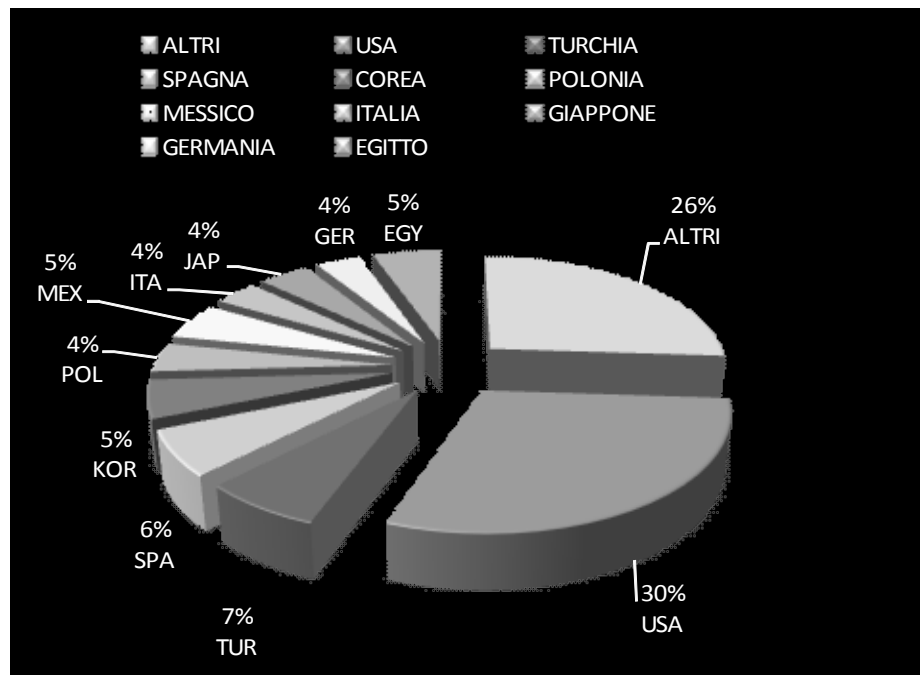


Fig.2.3. Produzione mondiale di fragole ripartita nei 10 principali paesi produttori (t)

Fonte: Faostat, 2011.

2.2. La fragola in Italia

L'Italia è il quarto Paese produttore di fragole all'interno dell'UE con sei mila ettari coltivati per l'80% in coltura protetta con una produzione media annua di 150 mila tonnellate (faostat, 2011). Assieme a Spagna, Polonia, Germania e Regno Unito è responsabile di più del 75% della produzione all'interno dell'UE.

Nonostante il dato assoluto evidenzi un trend positivo, in realtà la fragolicoltura in Italia ha subito nell'ultimo decennio un ridimensionamento (downsizing), che ha portato alla scomparsa delle aziende meno professionali ed efficienti. Nel corso degli anni infatti la scelta di strategie di standardizzazione estreme, ha spostato la competitività sul piano dei costi, ciò ha portato una selezione verso quelle aziende capaci di ridurre i costi di manodopera, che da soli incidono del 40%, e in grado di reggere il calo dei prezzi dovuto alla globalizzazione dei mercati.(Figura 2.4)

Tale selezione ha permesso la permanenza delle realtà maggiormente organizzate, anche grazie ad una gestione strategica dei calendari di raccolta, che ha consentito loro di ritagliarsi adeguati spazi di mercato. La direzione imboccata sembra risultata vincente visto che il consumo di fragole negli ultimi anni non è più solo da aprile a giugno.

Nelle aree settentrionali, il Veneto (17%) (Figura 2.5) si conferma la principale area fragolicola. In questa regione i fragoleti sono principalmente concentrati nell'area veronese e sono finalizzati a due flussi di produzioni, uno in autunno e l'altro in primavera. Interessante risulta la coltura per le aree alpine trentine e dell'Alto Adige dove i fragoleti sono principalmente finalizzati a produzioni estive con colture programmate in suolo e fuori suolo e in piccola parte, anche facendo ricorso a cultivar rifioranti.

Negli ambienti meridionali, Campania (23%), Basilicata(14%), Sicilia (9%) e Calabria(7%) sono le principali regioni fragolicole che finalizzano la produzione nei periodi invernale e primaverile facendo ricorso alla protezione pressoché totale degli impianti. (Elaborazione Cso 2011) (Figura 2.5)

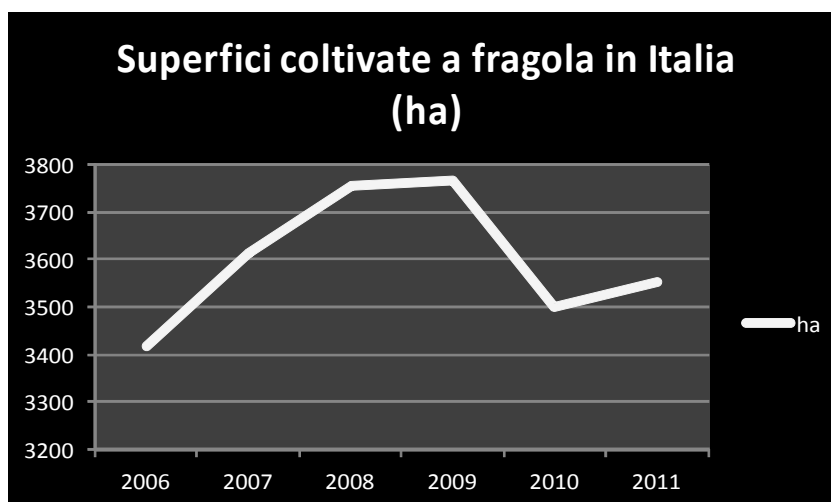


Fig.2.4 Evoluzione delle superfici destinate a fragola in Italia 2006-2011

Rielaborazione *cso*

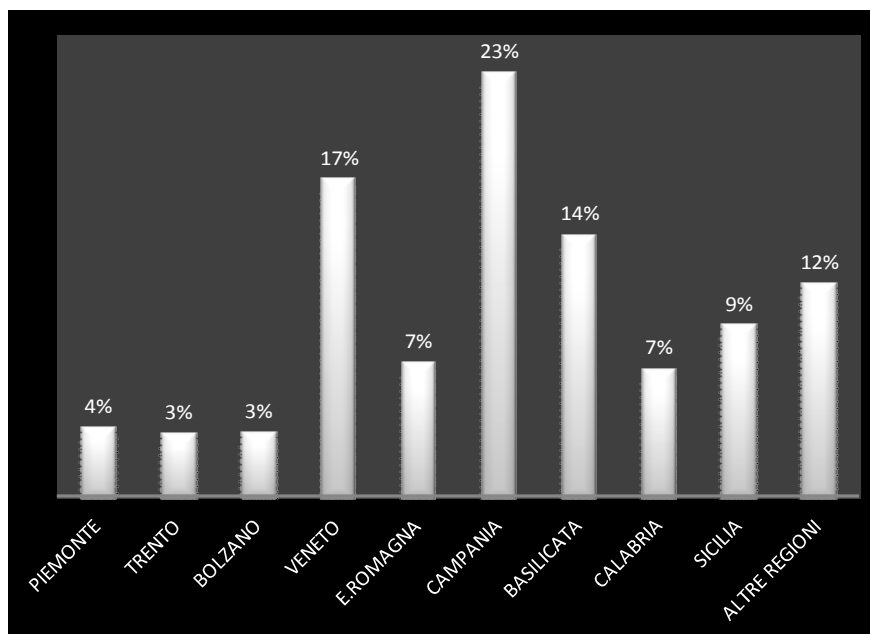


Fig.2.5. Superficie coltivata a fragola nei principali bacini produttivi italiani
Elaborazione cso, 2011

Tecnica colturale della fragola in ambiente protetto

3. Introduzione

La coltura della fragola in Italia avviene per l'80% in ambiente protetto, in aziende di piccole dimensioni ripetuta sugli stessi terreni senza adottare ampie rotazioni con il manifestarsi dei fenomeni della stanchezza del terreno dovuta all'accumulo nel suolo delle tossine emesse dagli apparati radicali e dalla presenza di una carica sempre più elevata di patogeni specifici della coltura che succede a se stessa per più cicli colturali. Le piante di fragola sono suscettibili a nematodi galligeni (*Meloidogyne spp.*) e fogliari (*Dytilencus dipsaci*, *Aphelenchoides fragariae*, *A. ritzemabosi*) e ai patogeni terricoli quali *Phytophthora cactorum*, *P. Fragariae*, *Verticillium dahliae* e *colletotrichum acutatum*.

Nell'ultimo ventennio la fumigazione pre-impianto dei terreni, è stata l'azione decisiva per la soluzione delle problematiche legate alla monosuccessione. Le recenti limitazioni imposte e la messa al bando del bromuro di metile (2004, tranne che per gli usi critici), ha stimolato la ricerca volta alla messa a punto di tecniche alternative in grado di permettere il raggiungimento di soluzioni a breve e lungo termine.

È necessaria, quindi, una strategia integrata di difesa contro malerbe, funghi e fitofagi tellurici, utilizzando tutti i mezzi agronomici suggeriti dall'ortodossia agronomica tradizionale, come le rotazioni colturali, i sovesci di piante biocide, l'utilizzo di varietà resistenti e/o tolleranti ai principali patogeni tellurici ed i metodi fisici (solarizzazione) e chimici attualmente disponibili.

3.1. La disinfezione del terreno

La fragola in Italia è coltivata in aziende di piccole dimensioni e viene ripetuta sugli stessi terreni senza adottare ampie rotazioni con la manifestazione dei fenomeni della stanchezza del terreno causata dall'accumulo nel suolo delle tossine emesse dagli apparati radicali e dalla presenza di una carica sempre più elevata di patogeni specifici della coltura che succede a se stessa per più cicli colturali. Le piante di fragola sono suscettibili a nematodi

galligeni (*Meloidogyne spp.*) e fogliari (*Ditylenchus dipsaci*, *Aphelenchoides fragariae*, *A. ritzemabosi*) (Bleve-Zecheo *et al.*, 1980; Tacconi e Lamberti, 1987) e ai patogeni terricoli quali *Phytophthora cactorum*, *P. Fragariae*, *Verticillium dahliae* e *colletotrichum acutatum*.

Nell'ultimo ventennio la fumigazione pre-impianto dei terreni, è stata l'azione decisiva per la soluzione delle problematiche legate alla monosuccessione. Fino a qualche anno fa questi trattamenti di geodisinfezione in pre-impianto si basavano quasi esclusivamente sull'impiego del bromuro di metile, ad azione anticrittogamica, insetticida, nematocida ed erbicida. La disinfezione del terreno era ormai diventata una pratica pre-impianto necessaria al fine di massimizzare le produzioni e la qualità dei frutti (Duniway, 2002a, b). L'abolizione di questo fumigante (dal 2004, tranne che per gli usi critici), considerato dannoso allo strato di ozono stratosferico, ha stimolato la ricerca volta alla messa a punto di tecniche alternative in grado di permettere il raggiungimento di soluzioni a breve e lungo termine.

3.1.1. Alternative chimiche al bromuro di metile

In Italia i prodotti chimici registrati alternativi al bromuro di metile sono la cloropicrina (Pic), l'1,3 Dicloropropene (1,3-D), e i generatori di metilisocianato quali metam sodio e dazomet (Lamberti *et al.*, 2003). Mentre i primi due si muovono nel suolo in forma gassosa essendo volatili, il metam sodio e il dazomet richiedono la presenza di acqua come agente veicolante e per tal motivo non possono essere considerati dei veri e propri fumiganti. Questi nuovi principi attivi hanno un'azione fitoiatrica parziale rispetto al bromuro di metile, a tal proposito l'industria è alla ricerca di altri fumiganti, che potrebbero essere registrati nel prossimo futuro al pari di quanto sta avvenendo negli Stati Uniti, come lo ioduro di metile e il disolfuro di metile (Spotti, 2009).

L'**1,3-Dicloropropene** (1,3-D) è un fumigante che risulta altamente efficace nei confronti di nematodi e di alcuni artropodi del terreno, dimostra però un'efficacia ridotta nei confronti di insetti, funghi e dei semi di infestanti. È caratterizzato da due isomeri: il cis- e il trans dicloropropene. L'isomero cis risulta maggiormente volatile e, pertanto, più efficace rispetto all'isomero trans. L'1,3-D è disponibile sia in formulato liquido al 97% di principio attivo, applicabile in pieno campo per iniezione diretta, sia in formulazione emulsionabile in acqua e distribuibile mediante *drip fumigation*. La possibilità di distribuire la sostanza fumigante sfruttando l'impianto di irrigazione porta sia alla riduzione complessiva delle dosi di applicazione, sia alla diminuzione delle emissioni nell'atmosfera che risultano fastidiose e dannose nelle vicinanze delle aree trattate. La

perdita del fumigante nell'atmosfera può essere ridotta notevolmente coprendo il terreno con film plastici impermeabili (VIF) che conferiscono maggior efficacia al trattamento permettendo una riduzione delle dosi applicate (Lucchi e Baruzzi, 2002). Questo fumigante non ha un'azione lesiva nei confronti dello strato d'ozono ed ha una vita ridotta nell'atmosfera che va da 7 a 12 ore, è però cancerogeno e potenzialmente inquinante per le falde acquifere (Messenger e Braun, 2000; De Lardereel *et al.*, 2001; Ajwa e Winterbottom, 2006), pertanto se ne prevede in un prossimo futuro l'abolizione.

La **cloropicrina** (o tricloronitrometano) è un prodotto liquido che viene normalmente iniettato nel terreno in pre-impianto. Ha azione anticrittogamica (Wilhelm e Koch, 1956; Wilhelm e Pavlou, 1980), insetticida per alcuni insetti terricoli, tra i quali il grillotalpa, erbicida e nematocida per le forme libere dei nematodi (Minuto *et al.*, 2003). Gli effetti nei confronti di questi ultimi sono piuttosto controversi; delle ricerche effettuate in Florida su pomodoro hanno dimostrato che la cloropicrina controlla piuttosto bene i nematodi a dosi di 390 kg ha⁻¹, tuttavia la produzione della coltura risulta inferiore rispetto a quella che si ottiene sterilizzando con bromuro di metile. Un vantaggio della cloropicrina è quello di non sterilizzare il terreno e di essere facilmente metabolizzata; essa non elimina l'intera popolazione tellurica di microrganismi, anzi incrementa la presenza dei batteri anaerobi gram-negativi, come *Pseudomonas*, che ne effettuano la dechlorazione. La cloropicrina è un fumigante che si diffonde molto bene nel terreno: la distribuzione può avvenire mediante iniezione diretta nel suolo, con l'ausilio di macchine fumigatrici trainate oppure in soluzione tramite *drip fumigation*. Anche per la cloropicrina la distribuzione sotto film plastico VIF permette di ottenere una maggior efficacia nel trattamento, con riduzione delle dosi di impiego limitando le emissioni nell'ambiente esterno (Lucchi e Baruzzi, 2002). La cloropicrina in passato è stata utilizzata insieme al bromuro di metile come additivo per rendere quest'ultimo percepibile all'olfatto (Awuah e Lobeer, 1991); in quanto caratterizzata da un odore piuttosto pungente e da un potente effetto lacrimogeno (Anonymous, 1992). Lo spettro d'azione di questo prodotto può essere completato utilizzandolo in miscela con un efficace nematocida come, ad esempio, l'1-3-Dicloropropene. Sperimentazioni su fragola hanno dimostrato che la miscela di cloropicrina e 1,3-D risulta un'ottima alternativa al bromuro di metile, in quanto consente di ottenere dei risultati produttivi paragonabili. La dose consigliata da applicare al terreno varia tra 20 e 40 g/m² di formulato. La cloropicrina, rispetto al bromuro di metile ha un minore tasso di evaporazione dal terreno per cui è necessario attendere un periodo maggiore prima di procedere all'impianto della coltura per evitare problemi di fitotossicità

(Smelt e Leistra, 1974; D'Anna *et al.*, 2007). Prima di impiantare la coltura bisognerebbe attendere almeno 15 giorni, di cui i primi 7-8 lasciando il terreno coperto con teli plastici impermeabili ai gas (Ajwa *et al.*, 2003). La degradazione fotolitica e la normale diluizione sono le principali fonti di dispersione della cloropicrina nell'atmosfera. La cloropicrina è fotolabile e viene degradata rapidamente in atomi di cloro e ossidi di azoto, per scissione del legame C-N. Questa sostanza non ha un'azione sullo strato di ozono ma è classificata come gas tossico per cui le operazioni di utilizzazione, conservazione e trasporto devono essere eseguite da personale specializzato, munito di apposita patente di abilitazione (Messenger e Braun, 2000; De Larderel *et al.*, 2001; Minuto *et al.*, 2003).

Il **metam sodio** è un biocida ad ampio spettro che può essere usato per il controllo di funghi, nematodi, insetti terricoli e infestanti, oltre a poter essere utilizzato efficacemente come erbicida. Successivamente alla somministrazione al terreno questo geodisinfestante si decompone in metil isotiocianato (MITC), che è il composto efficace contro i vari organismi viventi. Il metam sodio è un prodotto liquido che può essere somministrato prima dell'impianto di una coltura sotto forma di soluzione acquosa o spruzzandolo sulla superficie del suolo. I metodi convenzionali per l'applicazione non permettono una distribuzione uniforme del fumigante nel suolo, a causa della più bassa pressione di vapore e del più alto punto di ebollizione ciò comporta una più bassa capacità di penetrazione (Gullino, 1992). La somministrazione in soluzione liquida consente di incrementare la penetrazione nel terreno, ma può causare una maggiore possibilità di inquinamento della falda idrica. Il metam sodio non è in grado di controllare i nematodi galligeni (*Meloidogyne* spp.) e i funghi dei generi *Fusarium* e *Verticillium* (Anonymous, 1993a). Oltre alla scarsa capacità del fumigante di distribuirsi nel suolo, l'incapacità di controllare alcuni agenti patogeni è anche dovuta all'aumento di microrganismi che sono capaci di degradare il metam sodium (Smelt *et al.*, 1989).

Il **dazomet**, è anch'esso un precursore del metil isotiocianato, per cui è efficace nei confronti di infestanti, nematodi e funghi. Questo prodotto è disponibile in un formulato granulare che lo rende più facilmente manipolabile rispetto agli altri fumiganti. Esso viene incorporato uniformemente nel terreno mediante una fresatura.

Per migliorare la distribuzione del fumigante nel suolo sono necessarie elevate quantità di acqua (Lamberti *et al.*, 2002), che incrementano il rischio di contaminazione della falda acquifera (Kim, 1988; Anonymous, 1992). Limitazioni nell'uso di questo fumigante sono legate al fatto che bisogna attendere 60 giorni prima di poter impiantare la coltura, per prevenire i sintomi di fitotossicità (Anonymous, 1993 b).

Lo **ioduro di metile** è stato oggetto di notevoli attenzioni perché costituisce un sostituto completo del bromuro di metile. Fornisce un controllo dei patogeni ad ampio spettro, viene degradato per fotolisi dalla radiazione ultravioletta più rapidamente rispetto al bromuro (2-8 giorni); ed inoltre non degrada lo strato di ozono atmosferico; è liquido alla temperatura ambiente e, quindi, si diffonde meglio nel terreno garantendo un'applicazione più sicura (Ohr *et al.*, 1996; Eayre *et al.*, 2000). In Italia e in altri Paesi dell'UE sono in corso lavori per la sua registrazione. Attualmente sono disponibili i risultati di ricerche condotte negli Stati Uniti dall'Università della California su terreni coltivati a fragola e fumigati con ioduro di metile e cloropicrina in confronto con un trattamento standard di bromuro di metile e cloropicrina, (Aiwa *et al.*, 1999); gli esiti produttivi che sono stati osservati sono ritenuti dalla comunità scientifica interessanti e promettenti.

In Europa e negli Stati Uniti è in corso un'attività di ricerca ai fini regolativi anche di un altro fumigante, il **disolfuro di metile** (DMDS), sostanza i cui effetti biocidi contro nematodi e funghi parassiti del terreno sono stati notati alla fine degli anni '80. È una sostanza caratterizzata da una buona efficacia contro i parassiti tellurici, una buona mobilità nel suolo e miscelabile con cloropicrina migliora l'azione fungicida. L'Italia è interessata da questo processo scientifico e di registrazione, che vede coinvolta anche la coltura della fragola. Nel corso degli anni 2004-2005 sono state condotte prove negli areali fragolicoli romagnoli e campani, utilizzando il DMDS singolarmente, in differenti dosaggi ed in combinazione con cloropicrina, i cui dati sono stati pubblicati da Spotti (2009). Il lavoro ha messo in evidenza il potenziale di questo fumigante non solo nei confronti del testimone non trattato ma anche del fumigante chimico di riferimento, la cloropicrina in associazione a 1,3 dicloropropene.

Per la disinfezione del terreno è stata saggiata anche l'utilizzazione dell'**ozono**, che ha dimostrato un'ampia azione biocida ed è già ammesso per la fumigazione in postraccolta.

Questo prodotto si decompone rapidamente non lasciando residui. Da studi sull'utilizzazione dell'ozono per la fumigazione è emerso che determina una riduzione del potenziale di inoculo di *Verticillum* comparabile a quella ottenuta dal bromuro di metile.

L'ozono ha, secondo Messenger e Braun (2000), le potenzialità per essere un vero fumigante del suolo.

3.1.2. Alternative eco-compatibili al bromuro di metile

3.2.2.1. La Solarizzazione

La solarizzazione è una pratica a basso impatto ambientale che ha fatto registrare risultati interessanti soprattutto nei climi più caldi. È una tecnica di geodisinfezione che sfrutta, in un campo coperto con un film plastico, le radiazioni solari dei mesi estivi, per incrementare la temperatura del suolo. Prima di coprire il suolo con il film plastico si irriga abbondantemente fino al raggiungimento della capacità di campo, l'acqua condurrà il calore negli strati più profondi del terreno (Medina-Minguez, 2002).

Per la buona riuscita del trattamento sono necessari 30-45 gg, in funzione dell'andamento termico stagionale e temperature superiori a 35 °C. In Israele con la solarizzazione il suolo raggiunge le temperature di 47, 43 e 39°C rispettivamente a 10, 20 e 30 cm di profondità (De Lardereel *et al.*, 2000). Le alte temperature, che interessano soprattutto i primi strati di suolo, sono letali o sub-letali nei confronti di molti funghi patogeni, batteri ed erbe infestanti (Katen, 1981; Katen, 2000), molto efficaci contro i nematodi degli steli (Greco *et al.*, 1985) e meno contro i nematodi che sono capaci di muoversi nel suolo per più lunghe distanze. La solarizzazione riesce a controllare con successo specie di *Phytophthora*, *Pythium*, *Pyrenochaeta*, *Verticillium*, *Sclerotinia*, *Fusarium*, *Sclerotium* e di altri patogeni fungini (Ghini, 1993), riduce lo sviluppo di *Cynodon dactylon* e *Sorghum alpense* (Elmore *et al.*, 1993) e di alcune erbe infestanti annuali invernali (*Avena fatua*, *Capsella bursapastoris*, *Poa annua*, *Raphanus raphanistrum*, *Senecio vulgaris*, *Montia perfoliata*) (Katan e DeVay, 1991; Katan, 2000) ed estive (*Echinochloa crus-galli*, *Malva Parviflora* and *solanum nigrum*) (Bill, 1993). Prove di solarizzazione condotte in Sicilia hanno fatto riscontrare produzioni superiori a quelle ottenute con la fumigazione con bromuro di metile (D'Anna, 2003; Bonomo e Catalano, 2003). Solitamente si utilizzano film plastici trasparenti per permettere il passaggio delle radiazioni solari verso il terreno e per intrappolare il calore nello strato suolo-film pacciamante. Il materiale plastico può essere indifferentemente a base di polietilene, EVA o PVC anche se, quest'ultimo e i materiali a doppia parete con intercapedine, hanno assicurato un migliore effetto termico. Sono stati saggiati innovativi film plastici di colore argento, nero e trasparente ottenendo risultati incoraggianti per la coltivazione della fragola (Baruzzi *et al.*, 2005). Negli ultimi anni si sta diffondendo l'utilizzo di un film coestruso verde di spessore 40 µ, ottenuto per coestrusione di 2 strati di EVA di uguale spessore, uno dei quali con pigmento verde (fotoselettivo-riduzione per assorbimento della banda del visibile 500-600 µm) viene collocato verso il basso. I film coestusi colorati in verde sono in grado di realizzare,

rispetto ai neri, maggiori incrementi della temperatura del terreno ed inibire del tutto l'eventuale crescita delle erbe infestanti. L'introduzione sul mercato del coestuso verde ha risolto molti problemi legati allo smaltimento dei film plastici, in particolare nella disinfezione dei fragoletti. Attuando la solarizzazione con questa tipologia di film plastico, dopo aver lavorato, sistemato in prode baulate e bagnato il terreno sarà sufficiente applicare il telo verde ed avviare il processo di solarizzazione; lo stesso telo ricoprirà il suolo come pacciamante e basterà forarlo per procedere al trapianto ed iniziare così il ciclo produttivo. Tale tecnica ha determinato produzioni qualitativamente e quantitativamente uguali e/o superiori rispetto a quelle ottenute da piante allevate in terreno fumigato e pacciamato con PE nero (D'Anna *et al.*, 2009).

Spesso questa tecnica è integrata con l'interramento di materiale organico, a dosi moderate per evitare la contaminazione delle acque, in quanto il materiale organico decomponendosi emette sostanze ad azione fungistatica (ammoniaca, composti solforici, isotiocianati). Le limitazioni all'efficacia della solarizzazione si individuano nelle aree dove alte temperature, significativa nuvolosità e precipitazioni, sono casuali e ciò rende i benefici effetti della radiazione solare sotto film plastici imprevedibili. L'impiego della solarizzazione è reso problematico dall'occupazione del suolo per 45-70 gg (Ajwa *et al.*, 2003) e dallo smaltimento dei film plastici utilizzati per la pacciamatura. Per risolvere i problemi di impatto ambientale derivanti dall'utilizzo dei film plastici l'innovazione tecnologica propone nuovi materiali polimerici, talvolta biodegradabili, come il film di poliesterioammide o il film di agarosio (polisaccaride vegetale estratto dalle alghe marine con elevata idrofilia e biodegradabilità) (D'Anna *et al.*, 2005). Inoltre, la solarizzazione non è efficace nei confronti dei funghi patogeni localizzati a elevate profondità (*Armillaria* spp.) e di alcune erbe infestanti (*Cyperus* spp.).

3.2.2.2. La Biofumigazione

La sostanza organica svolge un ruolo molto importante nel terreno e il suo impoverimento determina una riduzione dell'attività biologica. La sostanza organica è sempre fonte di equilibrio, anche in funzione della difesa delle piante e non solo per l'apporto equilibrato dei nutrienti che rafforza la pianta, ma anche per la diversificazione e moltiplicazione dei microrganismi terricoli, che svolgono un'azione di contrasto verso la specializzazione e colonizzazione di ceppi patogeni. La costante presenza di un elevato tenore di sostanza organica, infatti, consente di mantenere un'elevata attività biologica e condizioni di "repressività" nei confronti dei patogeni dell'apparato radicale.

La tecnica della biofumigazione consiste nell'interramento di prodotti vegetali principalmente della famiglia delle *Brassicaceae* in grado di rilasciare nel terreno molecole volatili ad azione biocida. Sin dalla fine del secolo scorso, infatti, a livello internazionale in diversi centri di ricerca internazionali è stato avviato lo studio del sistema GL-MIR responsabile delle proprietà biologiche della biofumigazione naturale (Brown e Morra 1997; Rosa *et al.*, 1997).

Le specie appartenenti alla famiglia delle *Brassicaceae* sono caratterizzate, infatti, dalla presenza sia negli organi vegetativi che in quelli riproduttivi di composti glicosidici, i glucosinolati (GL) che in presenza dell'enzima endogeno mirosinasi (MIR) ed in ambiente acquoso, vengono rapidamente idrolizzati con produzione di una serie di metaboliti secondari principalmente rappresentati da isotiocianati ed in misura minore da nitrili, epitionitrili e tiocianati. Queste molecole svolgono nella pianta un ruolo di difesa, legato alla loro attività biocida nei confronti di alcuni funghi patogeni del terreno responsabili del cosiddetto fenomeno della stanchezza, di nematodi ed elateridi (Sanchi *et al.*, 2005, Curto *et al.*, 2008, Furlan *et al.*, 2004).

Pur essendo stata esplorata anche la possibilità tecnologica di isolare il sistema GLMIR per utilizzarne i principi attivi in purezza, le applicazioni pratiche della biofumigazione hanno finora previsto esclusivamente l'uso di materiali tal quali non sottoposti ad alcun processo di estrazione o concentrazione chimica ma caratterizzati, grazie ad uno specifico programma di miglioramento genetico, da un elevato contenuto del sistema Glucosinolati-Mirosinasi. Tale scelta infatti consente di offrire una risposta che non sia finalizzata al contenimento dei patogeni target, ma che sia invece in grado di determinare nel medio-lungo periodo un incremento complessivo della fertilità dei terreni derivato dalla somministrazione programmata di prodotti organici con diverse caratteristiche tecnologiche e dalle inequivocabili attività biostimolanti (Lazzeri *et al.*, 2009).

I numerosi studi su tali materiali hanno evidenziato anche la piena sinergia con altre tecniche quali la solarizzazione o l'uso di organismi antagonisti e si prestano quindi alla definizione di vere e proprie strategie per la coltivazione di colture orticole e frutticole basate sui principi di ecocompatibilità e biodiversità.

Per la biofumigazione sono utilizzate, specifiche selezioni di *Brassicaceae* idonee per la biomassa e l'elevata concentrazione di glucosinolati, coltivate con specifiche tecniche a ridotti input chimici, che vengono inserite come colture intercalari nella rotazione di colture ortive.

Possono essere utilizzate piante biocide da sovescio o fieni, formulati secchi e prodotti liquidi. Per quel che concerne le piante biocide da sovescio, l'interramento dovrebbe essere effettuato nel periodo di inizio-piena fioritura della coltura, fase vegetativa che consente la maggiore produzione di biomassa, senza nel contempo correre il rischio di produzione di nuova semente che potrebbe divenire infestante della successiva coltivazione ortiva. L'interramento deve prevedere l'uso di tecniche che permettano una macinazione fine delle piante (per attivare la reazione di idrolisi dei GL in esse contenuti) ed il successivo rapido interrimento dei residui (per limitare la perdita per volatilizzazione dei prodotti di idrolisi caratterizzati da elevata volatilità) (Lazzeri *et al.*, 2009). Importante è la scelta che l'agricoltore deve compiere riguardo la specie biocida da utilizzare per il sovescio poiché è funzione delle principali problematiche che di volta in volta si vanno ad affrontare. Dalla fine anni '90 infatti sono state studiate due diverse strategie in funzione del contenuto quali-quantitativo in GL nei diversi organi della pianta:

Piante ad azione trappola (*Eruca sativa* cv Nemat) selezionate per il contenuto nell'apparato radicale in GL tiofunzionalizzati e per questo in grado di svolgere nel terreno un'azione di pianta trappola nei confronti di alcuni patogeni del terreno quali soprattutto i nematodi galligeni. Questi infatti sono attirati sulla radice dagli abbondanti essudati radicali della pianta biocida, ma, nel momento in cui attaccano la radice, provocando la rottura dei tessuti radicali e avviando la reazione di idrolisi dei GL, sono inibiti a completare il proprio ciclo di sviluppo (Curto *et al.*, 2005).

Ampiamente sperimentate ed applicate in orticoltura, queste piante sono state utilizzate solo marginalmente nella rotazione della fragola a seguito di segnalazione di danni da *Meloidogyne incognita* nella fragolicoltura meridionale.

Piante ad azione biofumigante (*Brassica juncea* sel ISCI20, ISCI99, ISCI 34, ISCI 61) selezionate per un elevato contenuto del glucosinolato sinigrina nella parte aerea, forniscono in fase di piena fioritura, quantità di biomassa variabili tra 5 e 20 t ha⁻¹ di sostanza secca a seconda delle condizioni pedoclimatiche e dell'epoca di coltivazione (Lazzeri *et al.*, 2003b). La trinciatura della coltura prima dell'interramento determina l'avvio dell'idrolisi dei glucosinolati col rilascio dei corrispondenti prodotti di degradazione volatili che svolgono nel terreno un'efficace azione allelopatica di riequilibrio della flora microbica. La persistenza nel terreno di questi prodotti non supera le 72 ore dal momento dell'interramento (D'Avino *et al.*, 2005), in via cautelativa è consigliato attendere qualche giorno prima del trapianto o una decina di giorni prima della

semina della successiva coltura, per evitare fenomeni di fitotossicità sulla coltura successiva.

Le piante biocide possono essere utilizzate anche sottoforma di fieno, formulati secchi e prodotti liquidi.

I fieni di piante ad azione biocida sono coltivati in terreni marginali, la *B. juncea* viene seminata in autunno e successivamente affienata all'inizio della stagione tardo primaverile estiva, con le piante in fase di piena fioritura. Una volta prodotti, i fieni possono essere rotoimballati e trasportati sui terreni orticoli ove una volta distribuiti vengono interrati prima di una leggera irrigazione per attivare il rilascio dei prodotti ad azione biocida. Questa tecnica presenta il vantaggio di poter apportare la sostanza organica senza occupare il terreno ortivo per la coltivazione delle piante da sovescio con positivi risvolti economici. Gli svantaggi riguardano la diminuzione della biodiversità sul terreno orticolo rispetto alla pratica dei sovesci verdi e la degradazione di una quota dei GL durante la fase di affienamento, che può raggiungere, in concomitanza di precipitazioni durante la fase di essiccazione, anche il 50% del totale (Lazzeri *et al.*, 2009).

I formulati secchi a base di farine disoleate di *Brassicaceae* si basano sull' utilizzo di farine vegetali opportunamente disoleate, formulate e pellettate con procedura brevettata (Lazzeri *et al.*, 2002; Lazzeri *et al.*, 2008) al fine di modulare nel tempo il rilascio dei prodotti di idrolisi dei GL e massimizzarne così, anche grazie alla sostanza organica interrata, il ruolo di incremento quantitativo e qualitativo della microflora tellurica. Questi prodotti sono stati considerati particolarmente adatti ad una utilizzazione per le coltivazioni ad alto reddito (nelle quali rientra anche la fragola) in quanto non richiedono i tempi ed il lavoro richiesti dai sovesci di piante sia fresche che secche e sembrano quindi adatti soprattutto per quelle colture che mal si prestano alla coltivazione delle piante biocide in semina intercalare. Oltre all'azione biofumigante correlata al contenuto unitario in GL da 8 a 10 volte superiore ai sovesci, la composizione chimica delle farine biocide presenta un'interessante potenzialità fertilizzante sia per il contenuto in azoto organico a lento rilascio, sia in fosforo assimilabile e potassio che ne giustifica l'inquadramento commerciale come ammendanti organici ammessi in agricoltura biologica (Lazzeri *et al.*, 2009).

La sperimentazione dei pellet in fragolicoltura condotta a Cesena nel 2004-'05 su fragola in regime convenzionale e biologico ha evidenziato un incremento di produzione nelle tesi trattate con la formulazione commerciale biofumigante e con la farina di disoleazione tal quale rispetto al controllo non trattato (letame). La valutazione fitopatologica delle piante

in fase avanzata di raccolta ha confermato quanto emerso dai dati produttivi: le piante delle tesi trattate con la formulazione commerciale biofumigante non hanno mostrato fenomeni di sofferenza in grado di ridurre il potenziale produttivo, la tesi non trattata ha mostrato sempre, fin dalla ripresa vegetativa, una vigoria minore ed una colorazione fogliare decisamente più clorotica. Le piante della tesi con la farina di disoleazione sono risultate nel complesso maggiormente produttive, ma da un punto di vista fitosanitario hanno mostrato una situazione intermedia rispetto alle altre due tesi (Lazzeri *et al.*, 2009). I prodotti liquidi sono emulsioni acquose in olio vegetale contenenti piccole dosi di farine. Vi sono due diverse formulazioni (per il trattamento dell'apparato fogliare e per quello radicale) entrambe basate sullo sfruttamento della solubilità dei prodotti di idrolisi dei GL in una matrice oleosa, che svolge, quindi, oltre ad un effetto fisico asfissiante nei confronti di funghi ed insetti, anche un'azione di *carrier* dei prodotti biofumiganti, rallentandone la dispersione nell'atmosfera (Rongai *et al.*, 2006; Lazzeri *et al.*, 2008).

3.2.2.3 Varietà tolleranti e/o resistenti ai principali patogeni terricoli

Lo sviluppo di cultivar che si adattano a specifiche condizioni ambientali potrebbe essere la strategia più efficace per ridurre o eliminare l'uso di fitofarmaci. Varietà resistenti o tolleranti ad uno o pochi patogeni specifici sono già disponibili per diverse specie coltivate, in particolare, per la fragola vi sono varietà resistenti a *Verticillium dahliae*, che però non hanno avuto successo (Browne *et al.*, 1999). In Inghilterra, Florence è una cultivar che presenta una moderata resistenza a *Verticillium spp.*

I risultati di alcuni studi condotti in California e Florida hanno mostrato che la produzione delle piante di fragola su terreno non fumigato è sempre stata inferiore a quella delle piante coltivate su terreno fumigato. Inoltre non si è mai evidenziato materiale genetico idoneo ad essere coltivato in terreni non fumigati senza perdite significative di produttività. Per questa ragione gli studi americani hanno concluso che ci sono poche possibilità di ottenere cultivar adatte a terreni non fumigati (Chandler *et al.* 2001).

Analoghi studi eseguiti in Italia hanno, indicato l'esistenza, fra il materiale genetico selezionato a Cesena, di accessioni in grado di ben adattarsi ai suoli non fumigati (Faedi *et al.*, 2000; Baruzzi *et al.*, 2002). Recenti prove eseguite nel cesenate da Baruzzi *et al.*, (2008a) hanno fatto emergere la presenza di alcune varietà, quali Record, Roxana, e tre nuove varietà, Tecla, Zeta e Unica, ottenute dal breeding pubblico, (Faedi *et al.*, 2008), caratterizzate da resistenza e/o tolleranza ai patogeni dell'apparato radicale e quindi in grado di ben comportarsi su terreno non fumigato e biologico e che ben si adattano all'utilizzo come pianta fresca "cima radicata". Questa tipologia di pianta si è confermata

di grande interesse per i terreni non fumigati e per le coltivazioni biologiche dove ha evidenziato un miglior comportamento produttivo rispetto a quello delle piante frigoconservate.

3.2.2.4. La coltivazione fuori suolo

La tecnica del "fuori suolo" o "coltivazione senza suolo" rappresenta un'importante innovazione di coltivazione introdotta negli ultimi anni nel settore delle colture specializzate e protette, ed un'alternativa alla disinfestazione chimica effettuata con bromuro di metile. È una tecnica che consente di isolare la coltura dal suolo infetto ed utilizzare, con risultati ottimali, aree che viceversa difficilmente sarebbero in grado di ospitare la stessa specie per ulteriori cicli di coltivazione. Questi sistemi di coltivazione oltre a permettere di superare i problemi correlati con la stanchezza del terreno consentono anche il controllo della nutrizione minerale in modo da ottenere un miglioramento qualitativo della soluzione. Nei Paesi Bassi, infatti, sin dal 1980, l'uso del bromuro di metile nei sistemi colturali in serra è stato eliminato con l'adozione dei sistemi fuorisuolo (Braun e Supkoff, 1994).

Le coltivazioni in fuori suolo però non sono del tutto immuni dai patogeni contro i quali si effettua la disinfezione. La bassa attività biologica e la mancanza di diversità della popolazione microbica, tipica della maggior parte dei substrati nuovi non utilizzati, li rende maggiormente sensibili alla ricolonizzazione da parte di organismi patogeni fungini appartenenti ai generi *Fusarium*, *Pythium* e *Phytophthora*, mentre rari sono gli attacchi da parte di nematodi galligeni. È stato, però, osservato che diversi tipi di compost possono svolgere un'attività repressiva nei confronti dei microrganismi fitopatogeni ovvero hanno la capacità di contenere, più o meno efficacemente, uno o più patogeni nonostante la coltivazione di ospiti suscettibili e la presenza di condizioni pedologiche e ambientali favorevoli all'espressione della malattia (Garibaldi, 1983). La capacità repressiva del compost può avere origine chimico-fisica, ovvero essere legata a specifiche caratteristiche fisiche quali il pH, o microbiologica, in quanto legata alla presenza di una microflora antagonista, oppure, come accade più spesso, avere entrambe le origini (Hoitink e Fahy, 1986).

Le colture fuori suolo si possono suddividere in base al tipo di supporto della pianta in: colture su substrato (artificiale, minerale o organico o un mix di questi) e colture senza substrato dove non si prevede alcun supporto organico per l'ancoraggio dell'apparato radicale, il quale è più o meno immerso in una soluzione nutritiva quali Nutrient Film Technique NFT e Floating System. Un altro tipo di classificazione può essere eseguita in

funzione della gestione della soluzione nutritiva ovvero del riutilizzo o meno del drenato. Infatti distinguiamo colture a ciclo aperto e colture a ciclo chiuso. Nelle colture a ciclo aperto, la soluzione drenante non viene riutilizzata e normalmente viene utilizzata per la fertirrigazione di colture esterne su terreno. In ogni caso rappresenta una fonte di perdite di acqua e nutrienti ma soprattutto d'inquinamento. Nelle colture a ciclo chiuso, invece, la soluzione esausta viene recuperata, reintegrata e risomministrata alla coltura. Questa però deve essere sottoposta a disinfezione al fine di garantire un basso rischio di redistribuzione di eventuali patogeni tramite la stessa soluzione riciclata (Runia et al., 1988; Runia, 1994; Stanghellini *et al.*, 1996; Zinnen, 1988). È quindi evidente che il sistema a ciclo chiuso rispetto a quello a ciclo aperto, presenta maggiori rischi dal punto di vista fitopatologico, anche se riduce la dispersione nell'ambiente e i consumi di acqua e di sostanze fertilizzanti (Tognoni e Serra, 1994). Diversi sono i sistemi di lotta diretti che possono essere adottati per la disinfezione della soluzione circolante riutilizzata: il calore, i raggi ultravioletti, gli ultrasuoni, l'ozono, la filtrazione e i mezzi chimici (Van Os e Stanghellini, 2001).

I sistemi di disinfezione tramite calore prevedono un riscaldamento dell'acqua di ricircolo alla temperatura di 95 °C per 30 secondi (Runia, 1988). Questa tecnica presenta dei limiti legati alla presenza di calcio e di altri elementi che in seguito al trattamento precipitano. Gli UV sono radiazioni elettromagnetiche che, a lunghezza d'onda tra 200 e 280 nm, possiedono un elevato potere biocida, massimo a 253,7 nm (Runia, 1994). I principali problemi che questa tecnica incontra sono legati alla torbidità delle acque, poiché la presenza di particolato e i chelati metallici possono ridurre l'assorbimento energetico dei diversi strati di soluzione (Stanghellini e Rasmussen, 1994).

L'ozono gassoso iniettato nella soluzione, preventivamente stabilizzata a pH 4, al fine di prolungare l'azione ossidante dell'ozono stesso (Runia 1988; Stanghellini e Rasmussen, 1994) permette di ottenere risultati soddisfacenti su *Verticillium dahliae*, *Fusarium oxysporum* f. sp *lycopersici* e virus del mosaico del tabacco (TMV) (Minuto *et al.*, 2002) e, inoltre grazie alla sua elevata reattività con essudati radicali e residui di fitofarmaci, riesce a ridurre i rischi connessi con lo smaltimento delle soluzioni circolanti potenzialmente inquinate da fitofarmaci (Runia 1988; Stanghellini e Rasmussen, 1994). L'impiego di ultrasuoni, tecnica ancora poco studiata, causa un danno fisico alle strutture cellulari fungine e batteriche.

La filtrazione su sabbia e la tecnica di più semplice e pratica utilizzazione per la lotta a diverse specie di *Phytophthora* (Vankuik, 1994) e ad altri parassiti vegetali (Van Os and Postma, 2001; Wohanka, 1995) presenti nelle soluzioni riciclate. La tecnica prevede

l'impiego di sistemi di filtrazione lenta su sabbia, all'interno dei quali, oltre a meccanismi di azione fisici (Wohanka, 1995) è coinvolta la microflora batterica in grado di inattivare organismi parassiti fungini, batterici e virali (Van Os e Postma, 2001).

Per quanto riguarda l'uso di prodotti chimici, svariate sono le motivazioni che rendono difficile l'applicazione di tale metodologia, innanzitutto non ci sono prodotti regolarmente registrati per i sistemi fuori suolo e comunque i periodi di sicurezza da rispettare sarebbero molto lunghi e si potrebbero inoltre verificare fenomeni di resistenza e di fitotossicità (Garibaldi *et al.*, 2001). Tra i mezzi chimici, l'uso di sostanze cloro geniche e del cloro gassoso, nonostante venga suggerito da alcuni autori (Poncet *et al.*, 1999) non risulta un'interessante opportunità per i rischi di fitotossicità (Garibaldi *et al.*, 2001) e i danni a operatori presenti nelle aree di coltivazione.

3.2. Impianto

Il terreno prima dell'impianto è preparato con una aratura a 30 cm per interrare la sostanza organica, a base di vinaccia esausta da distilleria e letame in quantità complessiva di 100 t ha⁻¹, e ripetute lavorazioni superficiali per coprire i concimi chimici e preparare un buon letto d'impianto.

Successivamente si prosegue con la concimazione minerale, che di solito si effettua con kg ha⁻¹: 50 N; 150 di P₂O₅; 150 di K₂O e 60 di zolfo.

L'impianto della fragola è tradizionalmente effettuato su prode ben baulate, con un'altezza al colmo variabile da 10 a 35 cm a seconda della tessitura del terreno. In quasi tutte le aree fragolicole i fragoleti sono costituiti con due file per prode, ad eccezione degli ambienti di montagna (es. cuneese) dove è dominante la fila singola.

La pacciamatura della fragola è tradizionalmente effettuata con un film plastico scuro di polietilene, con fori posti ad una distanza variabile di 30-40 cm fra le due file e 20-40 cm sulla fila in funzione della vigoria della varietà, del tipo di pianta e di coltura. In alcune aree (veronese, Piana del Sele) si ricorre alla pacciamatura totale del terreno, per avere un efficace controllo delle erbe infestanti e minori variazioni del regime idrico e termico del suolo a causa delle più ridotte perdite per irradiazione (Faedi e Baruzzi, 2002).

Negli ambienti di montagna non sono rari gli esempi di film di pacciamatura, sempre di polietilene, ma di colore bianco (verso l'esterno). I vantaggi sono da ricercare nel ritardo della maturazione dei frutti rispetto al film plastico completamente nero, aspetto di grande interesse per gli ambienti che finalizzano la loro produzione verso periodi più tardivi senza avere danni sui frutti da scottature solari (Faedi e Baruzzi, 2002).

Del tutto limitato, dopo il forte interesse iniziale, è risultato l'impiego di film plastici "riflettenti" che, impiegati in coltura protetta, avevano l'obiettivo di anticipare la maturazione dei frutti a seguito di un aumento della temperatura all'interno del tunnel. Il loro utilizzo non si è mai diffuso ampiamente per la fragilità del materiale plastico, soprattutto nel periodo invernale. I materiali utilizzati per la pacciamatura rappresentano un potenziale problema ambientale, a causa delle difficoltà legate allo smaltimento. Per rimediare a tale inconveniente sono stati posti in commercio materiali biodegradabili: film di agarosio (polisaccaride estratto da alghe marine) e film di poliesteroammide.

3.3. Tipologia di piante

Per la buona riuscita del fragoletto la scelta del tipo di pianta gioca un ruolo fondamentale. La moderna fragolicoltura esige materiali di propagazione col più alto livello di garanzia genetica sanitaria. Per questo motivo è consigliato l'utilizzo di piante "certificate", esenti dalle avversità più diffuse (virosi, crittogame, batteriosi, acari, nematodi galligeni e fogliari) e corrispondenti geneticamente alla varietà dichiarata al momento dell'acquisto. Queste piante, provenienti da vivai opportunamente predisposti per la produzione di piante certificate, sono soggette ad una serie di controlli genetico sanitari da parte degli organi responsabili della certificazione in atto a livello nazionale. Il materiale conferito è contraddistinto da un cartellino apposto nella confezione di vendita che ne garantisce l'origine ed i controlli avvenuti (Lucchi, 2002).

Le piante che si possono utilizzare per realizzare un fragoletto possono essere: frigoconservate (A, A+ Waiting bed e Tray plant) e piante fresche (a radice nuda e cime radicate):

Piante "A": vengono prodotte in appositi vivai costituiti nel periodo primaverile, in terreni sabbiosi ben drenati e livellati ed estirpate meccanicamente in inverno, nella fase di pieno riposo vegetativo. Una volta giunte alla sala di lavorazione, vengono asportate le foglie restanti lasciandone solo una o due centrali più giovani, e poi selezionate in base al diametro del colletto che deve essere compreso, per queste categorie, fra 8-12 mm.

Successivamente le piante vengono poste in casse di legno, confezionate in sacchi di polietilene trasparente e sottoposte ad un trattamento fungicida che unisce la funzione di prevenzione dallo sviluppo di funghi a quella di inumidire bene le piante per ottenere un rapido congelamento ed una corretta frigoconservazione alla temperatura costante di -1-2 °C (Lucchi, 2002). L'impianto con questa tipologia di piante viene effettuato a fine luglio inizio agosto nelle aree fragolicole del nord Italia e a fine agosto per quelle del sud e delle isole.

Piante “A+”: piante di elevate dimensioni con calibro al colletto maggiore di 14 mm. Si ottengono da appositi vivai nei quali viene eseguita una distribuzione uniforme della catena stolonifera e, in alcuni casi, a partire dal mese di luglio, si asportano le piante madri e le piante più giovani non radicate. Queste operazioni favoriscono, evitando l'eccessiva densità del vivaio, l'ingrossamento delle piantine. Questa tipologia di pianta viene frigoconservata con una rosetta di foglie giovani e vengono utilizzate negli impianti per produzioni in estate-autunno (Lucchi e Antonacci, 1997).

Piante “WB”: piante di grosso calibro, prodotte in appositi letti di attesa (waiting bed) originate da una pianta frigoconservata di piccole dimensioni (A-) o da una pianta fresca “a radice nuda” o “cima radicata”, messe a dimora verso la fine di giugno - primi di agosto, alla distanza di piantagione di cm 30-35 x 30-35, alla densità di 120-180.000 piante/ha. Lo scopo principale è quello di ottenere tramite un ulteriore ciclo vegetativo l'ingrossamento delle piante di partenza. Se questa è frigoconservata, le piante ingrossate subiscono una seconda frigoconservazione prima della loro messa a dimora in campo, presentando quindi una parte di tessuti con un'età di due anni. Più giovani di quasi un anno risultano, invece, le piante WB, ottenute da piante fresche. Le piante vengono selezionate in base al numero di germogli che presentano al momento dell'estirpazione (in genere da 1 a 3) e frigoconservate con le giovani foglie. L'utilizzo di queste piante è finalizzato principalmente alle colture programmate. Devono garantire in brevi periodi, produzioni elevate e frutti di elevata qualità e pezzatura uniforme.

Piante “TP” (Tray plant): Sono piante anch'esse ingrossate non in vivai, ma su un substrato di torba, in contenitori alveolati di plastica con fori di 7-8 cm di diametro, partendo da piante fresche cime radicate, ottenute da cime di stoloni prelevati durante l'estate, e posti a radicare in ambienti protetti, muniti di sistema di irrigazione tipo mist e allevate con opportune fertirrigazioni. L'utilizzo di queste piante si è avuto inizialmente presso alcune stazioni sperimentali del nord Europa, per far fronte ai problemi sanitari e ai lunghi periodi di frigoconservazione che si riscontravano con l'utilizzo delle piante WB. In pieno riposo vegetativo, le piante vengono frigoconservate con il proprio pane di terra e con le foglie centrali più giovani, fino al momento della piantagione che avviene generalmente nel periodo primaverile.

Piante fresche o vegetanti: Si distinguono due ulteriori tipologie: “a radice nuda” e con pane di terra o “cime radicate”. Attualmente gli impianti di fragola in Sicilia sono effettuati: il 48% con piante fresche “a radice nuda”, il 39% con cime radicate, ed il 13% con piante frigoconservate.

Piante fresche “a radice nuda”: sono prodotte in vivai appositamente costituiti in primavera; estirpate meccanicamente, in genere, ai primi di ottobre, vengono subito commercializzate senza foglie, poiché vengono tagliate appena al di sopra del colletto (Lucchi, 2002). Le piantine sono poste, in cassette di legno, in posizione eretta dentro sacchi di film plastico per mantenere l'apparato radicale con un buon grado di umidità.

Piante fresche “Cime radicate”: sono ottenute prelevando da vivai opportunamente predisposti (in fuori suolo o in situ distribuendo della paglia sotto gli stoloni per evitarne la radicazione in campo) piantine figlie non radicate ma provviste di abbozzi radicali. Le piantine vengono messe a radicare in contenitori alveolati di polistirolo riempiti di torba o fibra di cocco e posti in ambiente ombreggiato e sotto *mist*. La radicazione avviene in 25-30 gg e le piantine sono pronte per il trapianto, che in Sicilia avviene tra fine settembre inizio ottobre (D'Anna e Moncada, 2003).

Il consenso dei produttori verso la pianta fresca (“a radice nuda” e con pane di terra “cime radicate”) rispetto a quella frigoconservata è da attribuire a diversi fattori:

- maggiore tolleranza agli stress abiotici e ai patogeni dell'apparato radicale grazie alla più giovane età dei tessuti e ai minori tempi in cui la pianta rimane a contatto col terreno;
- piantagione più tardiva, di oltre un mese rispetto a quella delle piante frigoconservate con conseguenti minori consumi irrigui e maggiore tempo disponibile per effettuare la solarizzazione del terreno nel pre-impianto;
- maggiore precocità di maturazione e più lunga durata del periodo produttivo; fattori che consentono una migliore efficienza complessiva della pianta e una migliore gestione della manodopera in azienda;
- minori costi di produzione per riduzione degli interventi colturali quali asportazione dei fiori dopo il trapianto e degli stoloni in autunno;
- miglioramento delle caratteristiche qualitative dei frutti, soprattutto del residuo secco rifrattometrico.

3.3.1 Produzione di piante fresche a “radice nuda”

Sono ottenute principalmente in Spagna, in vivai di altura, anche se in questi ultimi anni sono iniziate produzioni nell'Europa dell'Est (Polonia, Bielorussia). L'attività vivaistica si è diffusa in queste zone in quanto caratterizzate da freddi autunnali molto precoci; determinanti per le piante prima del loro trapianto in campo (ottobre). Per garantire una programmazione delle estirpazioni, i vivai sono costituiti a diverse altitudini: da 700-800 m fino a 1.000-1.200 m. Le piante vengono prodotte in vivai costituiti su terreni sabbiosi.

Le buone disponibilità idriche della zona permettono un'efficiente irrigazione e produzioni elevate per ettaro (fino a 700.000 piante).

Le piante, defogliate meccanicamente prima dell'estirpazione, vengono selezionate in due sole categorie in base al calibro del colletto, e si presentano con una o due foglie per pianta, in modo da favorire l'attecchimento e una rapida ripresa in campo dopo la piantagione (ridotta superficie traspirante ma presenza di strutture in grado di fotosintetizzare). Confezionate in casse di legno, vengono quindi immediatamente spedite per essere poste a dimora nelle aree meridionali di tutto il bacino del mediterraneo.

Il periodo che intercorre tra estirpazione e messa a dimora delle piante nei fragoletti deve essere il più breve possibile (2-3 giorni) ed il trasporto deve essere effettuato a basse temperature (4-6°C) ed alta umidità per evitare i fenomeni di disidratazione dei tessuti. Spesso, questo periodo è troppo lungo, anche a causa della notevole distanza tra i vivai e le zone di coltivazione, con conseguenti stress alle piante che causano ritardi di ripresa vegetativa o addirittura un'alta incidenza di morie (Baruzzi *et al.*, 2007).

Controversa e ancora dibattuta è l'importanza del numero di ore di "freddo" (temperatura < 7 °C) a cui le piante fresche devono essere sottoposte nei vivai prima della loro estirpazione (Voth e Bringhurst, 1990; Faedi *et al.*, 1986; Voth e Bringhurst, 1970). In genere al momento dell'estirpazione (inizio ottobre), il quantitativo di freddo che si ha in Spagna o in Polonia, a differenza della California, non è molto elevato. Spesso infatti al fine di incrementare il numero di ore in freddo alle piante si tende a ritardarne l'estirpazione dai vivai, con riflessi negativi sul comportamento produttivo delle piante in campo poiché la pianta non riesce a raggiungere un sufficiente sviluppo vegetativo prima dell'inverno. Alcune prove sperimentali hanno fornito utili indicazioni sul ruolo del freddo nei vivai di piante fresche. In Florida, piante prodotte in vivai situati vicino alle zone di produzione e quindi senza ore di freddo sono risultate in grado di produrre al pari delle piante fresche prodotte nei vivai localizzati in Canada, che invece avevano subito molte ore in freddo (circa 1000) prima dell'estirpazione (Chandler *et al.*, 2001). Anche in Italia alcune esperienze hanno dimostrato la buona efficienza produttiva di piante fresche che non avevano ricevuto ore di freddo prima dell'estirpazione (Noto, 1975; Faedi *et al.*, 1986; D'Anna e Accardi, 1991; Recupero *et al.*, 1995; Faedi *et al.*, 2004; Baruzzi *et al.*, 2007; D'Anna *et al.*, 2007); al contrario la fragolicoltura californiana si basa sull'impiego di piante fresche che hanno accumulato nei vivai prima dell'estirpazione un quantitativo vicino alle 1000 ore di freddo (Voth e Bringhurst, 1970; Voth 1989; Voth e Bringhurst). Appare ipotizzabile che possano coesistere, per le cultivar adatte agli ambienti

meridionali, due risposte diverse al quantitativo di freddo invernale. È, infatti possibile ottenere buone produzioni in assenza totale di freddo o con l'apporto di un elevato quantitativo (Faedi *et al.*, 1986). Il problema sembra essere l'entrata o meno nella fase di dormienza delle piantine in vivaio prima della loro messa a dimora nei campi di produzione: una volta che questa fase è iniziata, solo un adeguato quantitativo di ore di freddo è efficace per interromperla. Al contrario, quando la dormienza non è ancora iniziata il trapianto a fine settembre-inizio ottobre nei campi di produzione e il cambiamento del termoperiodo, favorito anche dalla protezione della coltura, permette una pronta ripresa dell'attività vegetativa e poi produttiva delle piante. Generalmente, le piante fresche prodotte nei vivai polacchi e spagnoli, sono sottoposte ad un limitato numero di ore di freddo, che è sufficiente per avviare la dormienza ma non per interromperla. In questo caso una volta messe a dimora nei campi di coltivazione possono avere un ritardo nella ripresa vegetativa e quindi avere ripercussioni negative sul livello produttivo complessivo (Baruzzi *et al.*, 2007). È necessario disporre sempre di piante ben sviluppate, ottenute in vivai con densità non elevata, poiché l'eccessiva fittezza induce le piante a filare, concimate in maniera adeguata, evitando di fornire l'azoto in maniera sproporzionata, che causa un prolungamento dell'attività vegetativa e un ritardo ed una riduzione della differenziazione delle gemme, che deve iniziare già nei vivai prima dell'estirpazione (Savini *et al.*, 2004).

Il ricorso alle piante fresche non è privo di inconvenienti:

- repentini abbassamenti di temperatura in inverno possono causare l'arresto dell'attività vegeto-produttiva, per questo si attua la forzatura anticipata della coltura fin dalla prima metà di ottobre;
- piantagioni ritardate (oltre la prima decade di ottobre), dovute troppo spesso alla tardiva disponibilità del materiale vivaistico di origine estera, causano un ridotto sviluppo della pianta e conseguenti limitati livelli produttivi. Prove sperimentali, condotte a Marsala, hanno dimostrato che l'anticipo di piantagione di 11 giorni (dal 28 al 17 ottobre) consente un incremento del 35% della produzione precoce raccolta fino a marzo (D'Anna *et al.*, 2000).
- percentuale (in alcuni casi molto elevata) di fallanze che si possono riscontrare dopo il trapianto.

L'impiego quasi esclusivo di materiale vivaistico prodotto in vivai esteri, determina, in considerazione della lontananza dei vivai dalle zone di produzione, forti stress dovuti ai tempi di trasporto molto lunghi e conseguente difficoltà di ripresa vegetativa delle piante

dopo la loro messa a dimora in campo. In particolare il taglio dell'apparato fogliare, la perdita di una parte dell'apparato radicale nelle fasi di estirpazione dai vivai, la perdita elevata di sostanza di riserva e di acqua per i lunghi trasporti ne compromettono l'attecchimento e la produttività.

Negli ultimi anni, proprio per queste ragioni, sono iniziate alcune interessanti sperimentazioni sull'attività vivaistica nelle zone d'altura del sud Italia (monte Pollino, altopiano della Sila, monti Sicani, Nebrodi, Etna e Madonie), al fine di produrre piante fresche direttamente nelle aree fragolicole meridionali, vicino alle aree di coltivazione (Baruzzi *et al.*, 2007; D'Anna *et al.*, 2007b; D'Anna *et al.*, 2009;). In particolare, l'affermarsi di una attività vivaistica in Sicilia potrebbe avere un potenziale risvolto economico per le aree di montagna spesso svantaggiate e rifornire i fragolicoltori siciliani di piante fresche a costi più contenuti per i minori tempi di trasporto, che intercorrono tra il vivaio e la zona di coltivazione, e di migliore qualità per il mantenimento dell'apparato fogliare, che incide favorevolmente sulla ripresa vegetativa, sulla precocità di maturazione e sulla produttività complessiva.

3.3.2 Produzione di piante fresche “cime radicate”

La cime radicata è un tipo di pianta fresca, originata da stoloni con piantine figlie, che non hanno mai radicato ma provviste di abbozzi radicali (D'Anna e Moncada, 2003).

Può essere prelevata da appositi vivai d'altura, in cui è stata distribuita della plastica nera o della paglia, per impedire la formazione di radici o da coltivazioni fuorisuolo in cui gli stoloni sono lasciati pendere verticalmente. Quest'ultimo metodo sembra dare i migliori risultati con 200-300 cime/m² (6 piante madri/ m²: 1,5-0,15 X 0,2 m) (Dijkstra, 1993; D'Anna e Iapichino, 2000). Le piante devono essere fertilizzate in maniera frequente e devono essere rimossi i fiori, così come avviene anche per le piante fresche a radice nuda. Per preparare gli espianti, il fusto dello stolone viene tagliato ad una lunghezza di 1,5-2 cm, lasciando un peduncolo sufficiente per facilitare la successiva sistemazione nei contenitori alveolati, riempiti con fibra di cocco. Le piantine prelevate dallo stolone devono presentare primordi radicali ben visibili. È meglio evitare di prendere le piantine più vecchie, poiché tendono ad avere abbozzi radicali rinsecchiti o in fase di suberificazione. È stato osservato che non c'è alcuna differenza di radicazione tra le piante posizionate in prossimità della pianta madre e quelle in cima al filamento stolonifero, ma queste ultime non presentano radici suberificate (D'Anna e Iapichino, 2002). Questi Autori hanno inoltre osservato che “cime radicate” di Tudla[®]Milsei ottenute da vivai fuori suolo e provenienti da piante poste all'estremità del filamento stolonifero hanno prodotto

più precocemente rispetto a quelle poste più vicino alla pianta madre. Questo comportamento potrebbe essere spiegato con il maggiore ombreggiamento che queste piantine subiscono in vivaio (giorno corto) che ha permesso una precoce differenziazione a fiore ed una precoce fioritura e maturazione dei frutti.

Le piantine ottenute dagli stoloni sono disposte in contenitori di polietilene con 84 alveoli di cm 40 x 60, irrorati con sistema di nebulizzazione e posti in ambiente ombreggiato (Faedi e Paglierani, 1995). È necessario che, durante i primi tre giorni, l'umidità dell'aria che circonda le piantine sia del 100% e dopo una settimana si riduca del 40-50% (Hennion *et al.*, 1997).

Le piantine radicano in 25-30 giorni e possono essere trapiantate nei campi di coltivazione, con ottime percentuali di attecchimento. Le piantine con pane di terra trapiantate, nelle aree mediterranee, durante la seconda decade di settembre, non subiscono stress di trapianto, si sviluppano rapidamente e producono precocemente (20-40 gg prima rispetto alle piante fresche vegetanti e alle frigoconservate) frutti di pezzatura omogenea durante tutto il periodo di raccolta.

Questo tipo di piante presenta le stesse caratteristiche positive delle piante fresche a radice nuda e impone la necessità di coprire i tunnel entro metà ottobre, ma presentano inoltre il vantaggio di avere minori problemi di ripresa dopo il trapianto consentendo una maggiore omogeneità d'impianto.

La diffusione delle piante fresche "cime radicate" sta aumentando anche negli ambienti settentrionali (cesenate e cuneese) dove sono preferite alle piante frigo conservate non tanto per ottenere un anticipo di maturazione (2-3 giorni), ma per la possibilità di posticipare l'epoca di piantagione, con notevoli risparmi idrici, per le ridotte mortalità all'impianto, per l'equilibrato sviluppo vegeto-produttivo e per la maggiore tolleranza che questa pianta presenta nei confronti dei patogeni dell'apparato radicale (Sances e Ingham, 1996). Va comunque sottolineato che non tutti i genotipi si adattano a questa tecnica culturale, per la limitata e tardiva capacità rizogena della pianta (Faedi *et al.*, 1996). Alcuni studi hanno indicato proprio nell'utilizzo delle piante "cime radicate" una probabile alternativa all'impiego della fumigazione del terreno (Durner *et al.*, 2002); uno dei più grandi vantaggi delle piante fresche "cime radicate" rispetto alle frigoconservate, e che sono piante giovani, che in soli 20-25 giorni sono pronte per essere trapiantate in campo e quindi sono meno esposte ai patogeni del terreno, che invece possono colpire le piante frigoconservate già nei vivai di moltiplicazione. Alcuni studi condotti in California ed in Italia (Faedi *et al.*, 2000; Baruzzi *et al.*, 2008) hanno evidenziato un maggior livello

produttivo delle “cime radicate” su terreno non fumigato ed in coltivazioni biologiche, rispetto alle piante frigoconservate (Faedi *et al.*, 2000).

3.3.3. Epoca d’impianto delle piante fresche

L’impianto autunno-vernino con piante fresche “a radice nuda” e “cime radicate” ha influenzato irrevocabilmente il mercato fragolicolo siciliano, incrementando considerevolmente le produzioni precoci. Questa tecnica permette di estendere la stagione di raccolta, anticipandone l’inizio (gennaio-febbraio). Le piante fresche “a radice nuda” provenienti dai vivai d’altura spagnoli, dell’est europeo e negli ultimi anni, in via sperimentale, dai vivai costituiti nelle aree d’altura del sud Italia (D’Anna *et al.*, 2006; Baruzzi *et al.*, 2007), vengono trapiantate da metà ottobre fino alla fine dello stesso mese. Le piante fresche “cime radicate” con trapianto a fine settembre si stanno sempre più diffondendo tra i produttori fragolicoli siciliani, poiché anticipano ancor di più delle piante fresche “a radice nuda”, l’inizio della raccolta (D’Anna *et al.*, 2000; D’Anna, Moncada, 2003; D’Anna *et al.*, 2003; D’Anna *et al.*, 2004).

Da precedenti ricerche è stato osservato che nel meridione un impianto precoce con materiale fresco (Faedi *et al.*, 1986; D’Anna 1993; D’Anna *et al.*, 2000) permette di ottenere produzioni elevate rispetto ad uno più tardivo (fine ottobre), mentre in questo ultimo caso, il peso medio dei frutti è risultato più elevato (D’Anna *et al.*, 2000; D’Anna *et al.*, 2004). Un anticipo del trapianto anche soltanto di 10 giorni si traduce, infatti, in considerevoli incrementi produttivi (+ 35%) ottenibili entro marzo, periodo produttivo molto interessante sotto il profilo economico (D’Anna *et al.*, 2000). I fragolicoltori siciliani tendono all’anticipo del trapianto proprio per puntare sulla precocità di maturazione e quindi per ottenere maggiori remunerazioni. Viste le notevoli interazioni tra cultivar, tipo di pianta e ambiente pedo-climatico, l’epoca d’impianto non può essere generalizzata, la soluzione scaturisce, quindi, da un idoneo connubio tra ambiente di coltivazione e idonea tecnica colturale.

3.4. La protezione della coltura

La protezione della coltura può essere effettuata per incrementare la precocità di maturazione dei frutti o per proteggere la coltura da eventuali danni da pioggia ed in questo caso la copertura viene effettuata dopo la fioritura.

Per incrementare la precocità di maturazione dei frutti si è passati dal tradizionale film di polietilene (0,2 mm di spessore) al polietilene additivato o all’EVA che consentono un maggior effetto serra. Il tradizionale film di polietilene, più economico dei film additivati,

è ancora molto impiegato nelle protezioni non finalizzate ad anticipare la maturazione dei frutti.

In Sicilia sono utilizzati tunnel medi singoli semplici ed economici, con strutture portanti in archi di metallo e film plastici in PE o EVA senza apertura laterale, larghi 4 m, alti al colmo 2 m e lunghi 25-30 m in grado di coprire 4 file binate. In genere sono sprovvisti di sistemi di apertura laterale e il film plastico è direttamente ancorato al suolo per limitare i danni da vento. Queste strutture presentano aperture inadeguate (fessurazioni del film) che consentono uno scarso arieggiamento delle piante (D'Anna, 1994). In questi tunnel l'aumento di temperatura, che nelle ore di maggiore insolazione può raggiungere temperature di oltre 30 °C, può determinare elevate percentuali di frutti deformati, per cattiva impollinazione e stati di stress alle piante con conseguenti riduzioni della pezzatura dei frutti. Attualmente, l'orientamento è rivolto verso tunnel multipli, realizzati con archi metallici zincati con campate di larghezza di 4,5-5 m altezza in gronda 0,8-1 m ed al colmo 2,5 m con copertura con film plastico non fissato in gronda per consentire l'apertura laterale (D'Anna, 1999). Questi consentono un notevole miglioramento dell'effetto serra, per il maggior volume interno e migliorano l'arieggiamento delle piante, grazie all'innalzamento del film plastico nei punti di congiungimento degli archi e all'agevole apertura delle testate del tunnel.

In Sicilia, la copertura dei tunnel con piante frigoconservate, si pratica normalmente nei primi 20 giorni di dicembre, subito dopo si effettua una defogliazione delle piante in modo da togliere le foglie vecchie e malate e circa il 20% di quelle nuove; tale operazione, inducendo un moderato stress vegetativo, favorisce la sintesi degli ormoni florigeni ed accelera la fioritura. Per le piante fresche, la copertura avviene dopo pochi giorni dall'impianto, al fine di ottenere una maggiore precocità di maturazione ed una produzione più elevata rispetto alla copertura effettuata più tardivamente.

Negli ambienti meridionali, come nel metapontino, in cui sono piuttosto frequenti abbassamenti termici, o ritorni di freddo nei mesi di gennaio e febbraio, quando la pianta è già in fioritura o all'inizio della produzione, gli impianti realizzati con piante fresche vengono protetti con un doppio film plastico di copertura.

Nel cesenate, la coltura protetta tradizionale è realizzata con un tipo di tunnel singolo, provvisto di spondine laterali apribili per consentire un adeguato arieggiamento delle piante poste su 4-5 bine. La copertura è posta in opera alla fine di gennaio e consente un anticipo di maturazione di 25-30 giorni rispetto al pieno campo. Vi è la tendenza di impiegare tunnel multipli, analoghi a quelli utilizzati in altre aree settentrionali (veronese)

e meridionali, posti in opera verso la fine della fioritura per proteggere la fruttificazione dalle piogge primaverili, che causano l'insorgenza di marciumi sui frutti. Questo tipo di tunnel è privo di spondine laterali e di chiusura delle testate in modo da consentire il più ampio arieggiamento delle piante. L'effetto serra è limitato, anche per l'utilizzo di un film plastico di polietilene e l'anticipo di maturazione, rispetto al pieno campo, è trascurabile (nell'ordine di 3-4 giorni) (Faedi e Baruzzi, 2002). Inoltre, nel cesenate, unica zona italiana dove la coltura di pieno campo ha un ruolo ancora dominante, da qualche anno si è diffuso l'utilizzo del "tessuto non tessuto" per coprire prevalentemente i fragoletti costituiti con varietà a maturazione medio-tardiva. In genere, la posa in opera sulle piante avviene a fine febbraio, dopo la pulizia del fogliame e viene rimosso solo all'inizio della fioritura, avendo cura di ripristinarlo nelle giornate in cui si possono verificare brinate primaverili notturne e mattutine. Questa protezione consente un anticipo di maturazione di circa una settimana.

È opportuno non prolungare la copertura delle piante oltre l'inizio fioritura in quanto si può precludere una perfetta allegagione e l'innalzamento delle temperature diurne, può portare ad un eccessivo sviluppo delle piante.

Nel veronese, la tipologia tradizionale utilizzata è un tunnel multiplo con aperture laterali fra un arco e l'altro. La copertura viene posta in opera alla fine di settembre al fine di proteggere le piante durante la raccolta autunnale dei frutti e non viene più rimossa.

Successivamente i tunnel vengono aperti per consentire alle piante di soddisfare nel periodo invernale il proprio fabbisogno in freddo. La chiusura del tunnel viene eseguita nuovamente alla fine di gennaio e in qualche caso, per accentuare l'anticipo di maturazione, le piante vengono coperte col tessuto non tessuto. La possibilità di protezione continua della coltura consente alle piante di avere temperature più miti rispetto all'esterno. È questo il motivo che in queste aree sono coltivate anche varietà adatte a climi più meridionali (es. Tudla®Milsei, Tethis, Nora) (Faedi e Baruzzi, 2002; Baruzzi *et al.*, 2008).

Nel cuneese, alla tradizionale coltura protetta finalizzata all'anticipo della maturazione, che interessa in modo marginale alcune zone di pianura, si sono sempre più diffuse protezioni delle colture finalizzate a produzioni nel periodo tardivo (meta-fine giugno, in relazione all'altitudine). Si tratta di strutture molto semplici realizzate con archi leggeri, su cui è posto un film di copertura di polietilene, senza spondine laterali, in grado di proteggere 4-5 file singole. La copertura è adottata anche per le coltivazioni di varietà rifiorenti finalizzate a produzioni di fragole nel periodo estivo-autunnale. Per ridurre la

temperatura all'interno dei tunnel si utilizzano le reti ombreggianti (al 20-25%) (Faedi e Baruzzi, 2002).

3.5. Irrigazione

La sensibilità della coltura a stress idrici è elevata durante tutto il ciclo colturale, in conseguenza della scarsa profondità ed efficienza dell'apparato radicale che limita l'assorbimento dell'acqua dal suolo. In ambiente protetto, inoltre, in cui non si hanno gli apporti di acqua dovuta alla pioggia l'irrigazione è indispensabile.

Diverse prove sperimentali hanno evidenziato gli incrementi produttivi dovuti all'irrigazione, sia per il maggior numero di frutti per pianta che del loro peso medio.

Irrigazioni eccessive determinano, però, un netto peggioramento nelle qualità organolettiche dei frutti. In genere, i produttori tendono ad apportare volumi irrigui troppo elevati basati su turni troppo lunghi che non tengono conto, della superficialità dell'apparato radicale e dell'elevata portata degli impianti a manichetta forata, posta sotto la pacciamatura.

Attualmente il sistema più diffuso per l'irrigazione del fragoleto è quello di tipo localizzato con manichetta forata posta sotto il film di pacciamatura. Questa può essere "a camera singola" di elevate dimensioni (diametro 5 cm, portata 4 litri/ metro di manichetta / minuto), che non garantisce un'elevata uniformità di distribuzione oltre i 25- 30 m di lunghezza delle file, e che per questo ormai non è utilizzata e i modelli a "doppia camera" (tipo "Ecodrip" o "T-tape"; diametro 2 cm, portata 10 l / m ora) che presentano una buona uniformità di distribuzione, anche con lunghezze fino a 100 m (Rossi Pisa e Tosi, 1988). In qualche caso, è opportuno posare in opera due manichette una vicino a ciascuna fila di piante della bina. Queste soluzioni tecniche sono di particolare interesse nei terreni particolarmente argillosi e pesanti che tendono a fessurarsi con facilità qualora non si fornissero volumi di adacquamento elevati, sufficienti a bagnare completamente tutta la proda. L'eventuale formazione di crepe ha risvolti ovviamente negativi sull'integrità dell'apparato radicale delle piante.

Sono disponibili anche ali gocciolanti che, attualmente, costituiscono la soluzione tecnicamente più avanzata per uniformare ancor di più la distribuzione dell'acqua. Sono provviste di gocciolatori (portata 1-2 litri/h) autocompensanti distanziati tra loro 20-30 cm e possono essere riutilizzate per 4-5 cicli colturali (Faedi e Baruzzi, 2002).

3.6. Concimazione e fertirrigazione

Un piano razionale di fertilizzazione delle coltura deve considerare la fertilità del suolo e conoscere l'ammontare degli elementi nutritivi asportati dalla pianta durante il ciclo

colturale (esigenze nutrizionali) al fine di sincronizzare la somministrazione degli elementi nutritivi durante il ciclo colturale con le effettive richieste nutrizionali; inoltre appare un aspetto di fondamentale importanza la conoscenza del ciclo degli elementi nutritivi all'interno della pianta (Tagliavini *et al.*, 2009).

È importante evidenziare che la fragola viene in genere coltivata secondo un ciclo annuale con tecniche che si differenziano nelle diverse aree di produzione italiane: negli ambienti settentrionali gli impianti sono realizzati nel periodo estivo con piante frigoconservate e sono finalizzati principalmente a produzioni nella primavera successiva; negli ambienti meridionali invece vengono messe a dimora principalmente piante fresche a “radice nuda” o “cime radicate” in grado di fornire un lungo flusso produttivo invernale e primaverile (dicembre-giugno). Le differenti tecniche di coltivazione influiscono notevolmente sulle esigenze nutrizionali e la conoscenza della dinamica dell'assorbimento dei nutrienti appare fondamentale per una sincronizzazione della disponibilità degli elementi nutritivi nel terreno con le esigenze specifiche della pianta. A tale riguardo, studi condotti in Italia ed in Francia su fragola hanno evidenziato come i livelli di assorbimento dei principali elementi siano influenzati dalla produttività (biomassa prodotta per ettaro) e dalla cultivar considerata. In particolare, in analoghe condizioni colturali, le asportazioni di N, P e K per tonnellata di fragole prodotte sono state su livelli piuttosto simili, malgrado la produttività dalle diverse cultivar adottate (Raynal-Lacroix *et al.*, 1999; Tagliavini *et al.*, 2000). La bibliografia riporta tuttavia in alcuni casi, di asportazioni molto variabili il che suggerisce come sia la fertilità del suolo, sia la tecnica colturale sia il genotipo, possano influenzare le asportazioni finali di nutrienti da parte della fragola.

L'influenza della somministrazione dell'elemento nutritivo sul livello delle asportazioni da parte della pianta è particolarmente evidente per l'azoto. Il fabbisogno nutrizionale deve invece essere definito sulla base delle quantità che la pianta deve assumere di un determinato elemento per l'ottenimento della migliore performance colturale possibile, sia dal punto di vista della qualità della produzione che del minor impatto ambientale della stessa (Tagliavini *et al.*, 2009).

Recenti studi condotti nel cesenate sulla dinamica delle asportazioni di nutrienti da parte della pianta di fragola hanno consentito di individuare le esigenze della coltura nelle diverse fasi del ciclo colturale (Tagliavini *et al.*, 2000 e 2001). La pianta effettua la maggior parte delle asportazioni, principalmente di azoto e potassio, dalla ripresa vegetativa primaverile fino alla raccolta.

La concimazione della fragola avviene per fertirrigazione, che aumenta l'efficacia di distribuzione del concime poiché viene più rapidamente assorbito dalle piante e permette una certa riduzione dei quantitativi di nutrienti apportati. La tecnica della fertirrigazione è sempre più gestita da sistemi in grado di controllare la conducibilità (EC) della soluzione nutritiva che si distribuisce: valori di $EC > 1,7$ sono sconsigliati per la coltura della fragola in quanto su molte varietà si riscontrano fenomeni di tossicità. Spesso le attrezzature utilizzate per la gestione della soluzione nutritiva nelle colture fuori suolo vengono impiegate anche per le colture in suolo, si ha la possibilità di apportare quindi una certa dose di fertilizzante ad ogni irrigazione e anche di acidificare (pH 5,5-6) l'acqua irrigua attraverso l'aggiunta di acido citrico o fosforico o nitrico. Per questi ultimi due acidi e in particolare per l'acido nitrico, è importante controllare bene gli apporti nel bilancio nutritivo della coltura al fine di evitare un eccessivo sviluppo vegetativo della pianta.

L'azoto viene distribuito per il 20% prima del trapianto, la restante parte si somministra tramite fertirrigazioni. Il fosforo e il potassio vanno somministrati per il 60% al momento dell'impianto insieme alla sostanza organica, la restante parte va data con due fertirrigazioni, come per l'azoto. La fragola si avvantaggia di concime azotato sotto forma organica e di apporto di acidi umici alla dose di $0,06 - 0,07 \text{ t ha}^{-1}$, da somministrare soprattutto nel primo periodo vegetativo (ottobre, novembre e dicembre).

Complessivamente (in preimpianto e fertirrigazione) per una produzione di $30-40 \text{ t ha}^{-1}$ vanno somministrati: kg ha^{-1} 200 - 250 di N; 130 - 150 di P_2O_5 ; 300 - 350 di K_2O .

In presenza di suoli sub alcalini vanno apportati $800-1000 \text{ kg ha}^{-1}$ di zolfo polverulento come correttivo e $40-60 \text{ kg ha}^{-1}$ di ferro sottoforma di chelato.

Calendario dell'offerta

4. Introduzione

L'evoluzione delle superfici e i cambiamenti della tecnica colturale, hanno determinato un significativo cambiamento del flusso di produzione a livello nazionale.

4.1. Stagionalità della fragola in Italia

La fragola in Italia si considera ancora come un prodotto stagionale. Negli anni '80 in aprile e maggio si concentrava più dell'80% della produzione a livello nazionale. Questo aspetto ha creato in alcune annate pericolose concentrazioni di prodotto sul mercato che insieme ad altre ragioni (aumento dei costi di produzione, difficoltà di reperimento della manodopera) hanno determinato la crisi che ha interessato la fragola negli anni successivi.

Attualmente, si registra un flusso di produzione che insiste in pratica su quasi dieci mesi l'anno. Risulta diminuita la concentrazione di prodotto nei mesi di aprile e maggio, mentre è aumentata l'offerta nei mesi invernali ed estivi (Figura. 4.1).

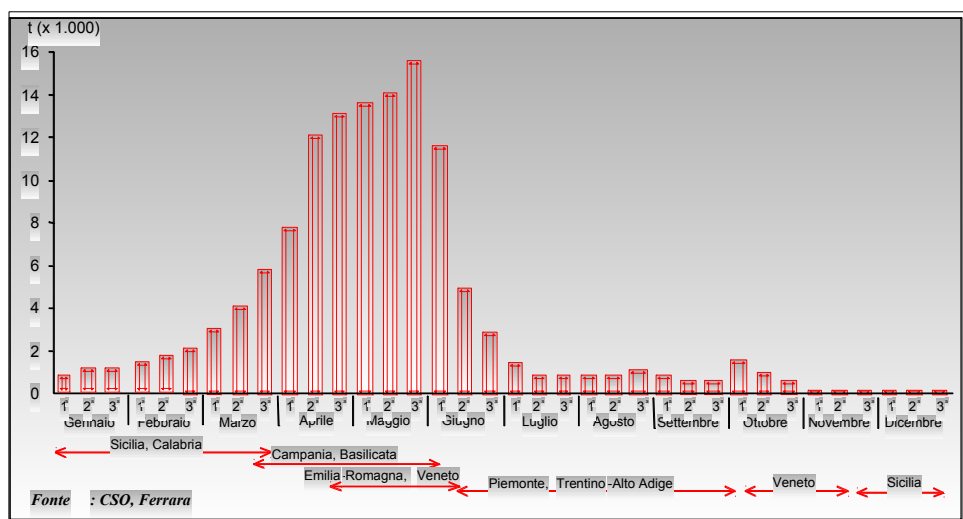


Fig. 4.1- flusso produttivo di fragole in Italia.

La tendenza attuale è di accentuare ulteriormente questo trend, cercando di allungare

il periodo di produzione dei principali areali fragolicoli, sia con l'impiego di adeguate tecniche di coltivazione finalizzate sempre più alla “destagionalizzazione” della coltura, sia attraverso l'impiego di cultivar rifioventi (Faedi *et al.*, 2009).

La fragolicoltura italiana è ormai in grado di fornire produzioni in tutti i periodi dell'anno, grazie alla disponibilità di validi standard varietali e di diverse tecniche colturali.

Le produzioni meridionali iniziano già in fine dicembre-inizio di gennaio, la Sicilia, in particolare, è l'areale che consente il massimo anticipo di produzione: col giusto anticipo degli impianti si possono raccogliere i primi frutti già a Natale, e divengono sempre più consistenti in marzo, ma soprattutto in aprile e maggio, quando si sovrappongono con quelle settentrionali di pianura ottenute prima in coltura protetta e, dopo circa 20 giorni, in pieno campo. Dopo la seconda-terza decade di giugno, e per tutti i mesi estivi, la produzione di fragole diminuisce fortemente e le uniche aree in grado di fornire produzioni di qualità sono quelle più fresche di montagna, con coltivazioni di varietà unifere (fino alla prima decade di luglio), ma soprattutto con le “colture programmate” attraverso l'impiego di piante “ingrossate” (A+, WB, TP), messe a dimora in suolo o fuori suolo e l'utilizzo di varietà rifioventi. Le produzioni di montagna terminano coi primi freddi autunnali, ma il flusso produttivo di fragole prosegue fino a novembre, nell'area veronese grazie alla tecnica colturale, “autunnale” (Caracciolo *et al.*, 2009). La fragola è disponibile dalle diverse aree di produzione quasi dodici mesi all'anno. La sensazione di avere la disponibilità di un prodotto stagionale troppo a lungo, condiziona certamente in modo negativo la percezione della qualità dello stesso, indipendentemente dalla reale situazione. E' quasi un luogo comune, infatti, che le fragole siano prive di sapore perché coltivate in serra o siano troppo grosse, come emerge ormai costantemente dalle ricerche realizzate sul consumatore. Sul fronte commerciale, poi, malgrado i progressi, il nostro Paese ha perso smalto nello scenario europeo dell'ultimo decennio, sopraffatto dalle produzioni spagnole, malgrado anche queste ultime nel recente passato abbiano incontrato diverse difficoltà. È significativo, a questo proposito, che indipendentemente dalla vocazionalità o meno dell'area, i consumatori tendano a considerare di maggiore qualità le fragole locali rispetto a quelle che provengono da altre zone. È proprio sfruttando questa situazione, che si potrebbe implementare un progetto di marketing nazionale volto alla riqualificazione del prodotto “fragola italiana” sia sul mercato interno che su quelli esteri. Il nuovo concetto di prodotto dovrebbe superare la logica della vecchia stagionalità, per portare la fragola italiana ad essere un prodotto

consumabile almeno nove mesi l'anno, valorizzando le diverse provenienze, dalla Sicilia alle vallate alpine, nei loro rispettivi calendari ed accomunando il prodotto nazionale nella garanzia delle tecniche di produzione e nella qualità intrinseca delle diverse varietà adattate ai differenti ambiti territoriali. In questo senso si potrebbe così tramutare una nostra debolezza, la frammentazione della produzione in molteplici varietà, in un valore e si acquisirebbe un vantaggio distintivo su tutti i competitors europei, vale a dire un ampio calendario di commercializzazione (Della Casa, 2009).

5. Introduzione

La fragola grazie all'attrattività del suo aspetto, al gusto e all'aroma è uno dei frutti preferiti dal consumatore. Per il consumatore il concetto di qualità (Testoni e Lovati, 1998) coinvolge fattori derivanti da stimoli visivi, olfattivi e tattili, da stimoli organolettici (sapore) o da aspettative salutistiche (reali o virtuali) che implicano una salubrità peculiare (produzioni bio) o da contenuti di sostanze nutraceutiche.

5.1 caratteristiche della qualità in fragola

La fragola grazie all'attrattività del suo aspetto, al gusto e all'aroma è uno dei frutti preferiti dal consumatore. Per il consumatore il concetto di qualità (Testoni e Lovati, 1998) coinvolge fattori derivanti da stimoli visivi, olfattivi e tattili, da stimoli organolettici (sapore) o da aspettative salutistiche (reali o virtuali) che implicano una salubrità peculiare (produzioni bio) o da contenuti di sostanze nutraceutiche.

L'aspetto dei frutti è un elemento comune di valutazione qualitativa di tutti i soggetti della filiera ed alcune componenti come il colore, il peso, la freschezza sono parametri oggettivi considerati ormai da più di un decennio nei vari lavori eseguiti sulle valutazioni qualitative delle fragole (Lovati *et al.*, 2000; Arcuti *et al.*, 2001; Nuzzi *et al.*, 2002; Avitabile Leva *et al.*, 2003). Sono sempre apprezzate le tonalità dei frutti di colore rosso brillante con elevata stabilità e costanza del colore nell'arco della commercializzazione a cui sono associati i parametri colorimetrici qualitativi scaturiti dalla sperimentazione ed utilizzati come indici di riferimento: $L^* > 37$, $a^* > 32$ e $b^* > 24$. Per quanto riguarda la forma e le dimensioni dei frutti si preferiscono le varietà di forma conica, regolare, leggermente allungata e con pezzatura medio-grossa dei frutti (25-30 g). Inoltre, il consumatore attribuisce notevole importanza alla uniformità di pezzatura dei frutti nelle confezioni, che devono essere rigorosamente trasparenti con il contenuto ben visibile.

Anche la freschezza, valutabile attraverso il mantenimento di un calice verde e turgido, presenta buoni standard, sia per le innovazioni tecnologiche (filmatura che crea una buona

umidità), sia per le tecniche di trasporto e di vendita in ambiente refrigerato. D'altra parte, anche nella fase di validazione delle nuove selezioni, ci si preoccupa di valutare la freschezza del calice dopo un periodo standard che simula la commercializzazione, e di suggerire le accessioni più idonee. Il residuo secco rifrattometrico e l'acidità delle fragole sono due indici facilmente determinabili e costantemente monitorati dalla ricerca nella valutazione delle nuove accessioni, poiché il loro rapporto influenza il sapore del frutto, che rimane l'elemento di giudizio più tangibile del consumatore. L'apprezzamento non è univoco, essendo legato alle diverse abitudini di consumo ed alle influenze alimentari delle differenti aree geografiche, ma un equilibrato rapporto acidi/zuccheri rende più graditi i frutti a fasce molto ampie di consumatori. Anche la consistenza rappresenta un parametro qualitativo di fondamentale importanza, poiché frutti di consistenza elevata (600-800 g) permettono una miglior maneggevolezza del prodotto in fase sia di raccolta che di commercializzazione e come conseguenza pratica una minor percentuale di frutti ammaccati e/o marci. Ma tenendo conto che la consistenza è negativamente correlata con la percezione di succosità e quindi all'immediatezza del sapore, ci si chiede come reagirà il consumatore in termini di accettabilità di fronte a valori di consistenza di 1000 g presentato da alcune recenti cultivar (Testoni e Lovati, 2004).

Per quel che concerne la salubrità, essa può essere definita secondo due aspetti principali: l'uno riferito all'agrotecnica, in cui le produzioni biologiche con assenza di residui chimici di sintesi stanno assumendo sempre più interesse, l'altro legato alle caratteristiche intrinseche delle fragole, ove assume crescente significato la presenza di composti ad effetto nutraceutico (Sansavini, 2003) come l'acido ascorbico, l'acido ellagico, i flavonoidi ecc., che sono inizialmente recepite dalla parte più edotta e dinamica dei consumatori. Le attese dei consumatori verso alimenti sani e genuini, contenenti sostanze volte ad accrescere il benessere fisico e con valenza farmaceutico-terapeutica, sono notevolmente cresciute anche sulla spinta dei "media" che estrapolano ed enfatizzano risultati di studi clinico-dietologici su singoli composti (Sansavini, 2003).

5.2. I fattori che influenzano la qualità dei frutti

L'espressione delle caratteristiche qualitative e nutrizionali delle fragole è notoriamente sotto controllo del genotipo ed infatti l'attività di breeding ha permesso miglioramenti delle caratteristiche qualitative dei frutti, tuttavia la qualità è la risultante di numerosi fattori, non solo genetici, che interagiscono tra loro. Pertanto l'espressione di alcune caratteristiche qualitative è in funzione sia del fattore genetico, ma anche di quello climatico-ambientale ed agronomico.

In Italia, l'incremento della pezzatura del frutto, così come quello della consistenza della polpa, la dolcezza e l'aroma dei frutti e il contenuto dei composti bioattivi (polifenoli, acido ascorbico) sono i principali caratteri ricercati nella selezione del nuovo materiale genetico. Tuttavia la variabilità di tutti questi caratteri è molto elevata, poiché esiste una forte interazione genotipo x ambiente che rende difficile la valutazione dell'effetto genetico sull'espressione del carattere osservato. Il breeding pubblico italiano ha perseguito fin dall'inizio della propria attività l'obiettivo di aumentare la pezzatura del frutto, quale fattore necessario per ridurre i costi di raccolta. La pezzatura del frutto varia nello stesso genotipo in funzione della posizione che esso occupa sull'infiorescenza (i frutti più grossi sono quelli ottenuti dal fiore primario) ed è correlata positivamente con il numero di acheni (Sherman e Janick, 1966; Janick e Eggert, 1968; Hortiński, 1991). In genere, la dimensione del frutto è inversamente proporzionale al numero dei frutti prodotti dalla pianta, nonostante casi di genotipi "outliner" caratterizzati da frutti grossi ed elevata carica produttiva (Hancock e Bringhurst, 1988). Il contenuto di solidi solubili totali (SST) e l'acidità titolabile hanno un controllo genetico, più forte per l'ultimo carattere rispetto al primo; quest'ultimo è maggiormente dipendente dalle condizioni ambientali (Shaw, 1990). La consistenza del frutto è un carattere geneticamente indipendente dal contenuto di solidi solubili totali (Yashiro *et al.*, 2002) e dalla dimensione del frutto (Hansche *et al.*, 1968).

Per quanto riguarda l'aspetto nutrizionale, studi condotti su semenzali ottenuti da combinazioni di incrocio fra genotipi caratterizzati da diversi contenuti di polifenoli totali (PFT), contenuto in acido ascorbico (AA) e capacità antiossidante (CAT), hanno messo in evidenza, che predisponendo di appositi incroci fra parentali con frutti di elevate caratteristiche nutrizionali, se ne può incrementare il quantitativo contenuto nei frutti (Battino *et al.*, 2004; Capocasa *et al.*, 2008; Darrow *et al.*, 1947). In particolare, si è visto che utilizzando genotipi di *Fragaria virginiana glauca* nella selezione di incrocio si aumenta la CAT dei frutti di fragola (Mezzetti *et al.*, 2005).

La luce, la temperatura, l'acqua, che regolano l'attività fotosintetica della pianta, sono variabili che influenzano notevolmente la qualità dei frutti (Beverly *et al.*, 1993). Il genotipo fornisce risultati produttivi e qualitativi diversi, in funzione delle condizioni climatiche che si verificano durante il ciclo colturale, influenzando notevolmente le caratteristiche qualitative delle fragole: la dolcezza, espressa in solidi solubili totali (°Brix), si riduce quando, in prossimità della raccolta, si verificano basse temperature e nuvolosità (Kader, 1988; Morris e Sistrunk, 1991; Nelson *et al.*, 1972; Sistrunk e Moore, 1971), condizioni che inducono anche ad un innalzamento dell'acidità titolabile (Kidmose

et al., 1996); valori elevati di temperatura diurna/notturna, attorno ai 30/22 °C, nel periodo successivo alla fioritura fino alla raccolta, determinano scarsi contenuti di solidi solubili e di acidità dei frutti, mentre valori di temperatura \leq a 25 °C, ma con escursione termica fra giorno e notte pari a 7 – 8 °C, favoriscono l'incremento degli stessi parametri (Wang e Camp, 2000). La consistenza della polpa del frutto tende a diminuire nei casi di precipitazioni piovose concomitanti al periodo di raccolta, ma aumenta quando si hanno basse temperature e scarsa luminosità (Kader, 1988.); l'aroma si esalta se, nel periodo della maturazione, ci sono notti fresche e giornate molto soleggiate (Morris e Sistrunk, 1991).

Anche il profilo nutrizionale risente delle condizioni climatiche durante il periodo della raccolta: il contenuto in acido ascorbico è più alto nei frutti raccolti in giorni soleggiate e con temperature non molto elevate (18 - 25 °C); i polifenoli totali e la capacità antiossidante invece, aumentano con l'innalzarsi delle temperature minime notturne (Wang e Camp, 2000; Wang e Zheng, 2001; Davik *et al.*, 2006).

Studi condotti su numerose cultivar in coltura di pieno campo a confronto con quella protetta (in suolo e fuori suolo), hanno mostrato come il sistema colturale influisca sulla qualità del frutto (D'Antuono *et al.*, 2000; Recamales *et al.*, 2007; Voća *et al.*, 2006). In particolare, nell'area cesenate, si è evidenziato come la coltura protetta comporti un anticipo di maturazione dei frutti, che si presentano più grossi rispetto a quelli in coltura di pieno campo ed in fuori suolo, ma con più scarse caratteristiche qualitative del frutto (minor dolcezza, acidità, consistenza e anche con un più basso contenuto in acido ascorbico). Per contro, i frutti prodotti in coltura protetta hanno mostrato un colore più brillante rispetto a quelli del pieno campo e simile a quelli del fuori suolo. Altri studi, condotti in Croazia, hanno confermato risultati simili solo per la pezzatura e la consistenza del frutto, ma non per le caratteristiche colorimetriche, la dolcezza (SST) e il contenuto in acido ascorbico (Voća *et al.*, 2006). I sistemi di produzione a basso impatto ambientale, come le tecniche di coltivazione integrate o biologiche, destano un notevole interesse presso i consumatori per la maggiore "salubrità" intesa come limitati o nulli contenuti in residui di antiparassitari. Limitate sono le informazioni sugli effetti di questi sistemi di coltivazione sulla qualità dei frutti. Esperienze condotte in Finlandia e Spagna (Cayuela *et al.*, 1997; Hakala *et al.*, 2003) non hanno evidenziato differenze significative tra alcuni caratteri dei frutti raccolti in coltura biologica ed integrata. Invece uno studio preliminare condotto nel cesenate su 7 cultivar di fragole coltivate in biologico e integrato ha invece evidenziato differenze significative per alcuni parametri (D'Antuono *et al.*, 2005). Nel

sistema biologico si sono prodotti frutti caratterizzati da minore consistenza della polpa, colore più intenso, minore contenuto zuccherino, maggiore acidità e, talvolta con più alti contenuti di polifenoli. È stata riscontrata una significativa interazione tra sistema di produzione e varietà, che indica come la qualità dei frutti in regime biologico possa essere ottimizzata con l'uso di cultivar specifiche. Per quanto riguarda la tipologia di pianta utilizzata, studi condotti in Sicilia (D'Anna *et al.*, 2006 e 2007) hanno evidenziato come la pianta fresca ("a radice nuda" e "cima radicata"), fornisca un prodotto qualitativamente migliore, soprattutto in termini di residuo secco rifrattometrico e consistenza della polpa del frutto, rispetto a quello della pianta frigoconservata.

La fragolicoltura in Sicilia

6. Introduzione

La superficie fragolicola è in crescita, tale crescita è il risultato di innovazioni nella tecnica colturale e nel prodotto fragola che si è realizzata con l'introduzione di nuove cultivar con migliori caratteristiche qualitative dei frutti.

La coltura è dislocata per oltre il 60% nella Sicilia occidentale (Marsala, Petrosino, Campobello di Mazara, Mazara del Vallo) la restante parte si rinviene nel siracusano, nelle pendici dell'Etna e sui Nebrodi.

6.1. La realtà siciliana

Nell'ultimo triennio la superficie investita a fragola in Sicilia ha fatto registrare un'aumento del 9%, attestandosi, nel 2009, sui 312 ha (dati CSO di Ferrara). Questo incremento è legato ai successi economici dei fragoleti a sua volta dovuti alle innovazioni della tecnica colturale, come l'utilizzo delle piante fresche a radice nuda o in substrati (cime radicate) e all'introduzione di nuove cultivar con migliori caratteristiche qualitative dei frutti.

La coltura è dislocata per oltre il 60% nella Sicilia occidentale (Marsala, Petrosino, Campobello di Mazara, Mazara del Vallo) la restante parte si rinviene nel siracusano, nelle pendici dell'Etna e sui Nebrodi.

I motivi dello sviluppo nella costa occidentale della Sicilia sono da ricercare nel clima mite di quest'area (temperature minime invernali medie intorno ai 13 °C e massime estive non superiori a 32 °C; ventosità e luminosità elevate) nella tipologia di terreno (terre rosse mediterranee o litosuoli "Sciare marsalesi" con scarsa presenza di sostanza organica) e nell'elevata disponibilità d'acqua di falda, d'ottima qualità. La produzione fragolicola in quest'areale, avviene esclusivamente in ambiente protetto (tunnel piccoli e multipli) e si contraddistingue per l'elevata precocità di maturazione dei frutti ed il lungo calendario di raccolta che inizia nella prima decade di dicembre con le piante fresche "cime radicate" e si protrae fino alla seconda decade di maggio, con produzioni che possono raggiungere le 60 t ha⁻¹.

La Sicilia, ed in particolare l'areale marsalese, rappresenta nel contesto fragolicolo nazionale la zona più precoce, simile alla zona di Huelva in Spagna. La produzione che si ottiene, ricade in un periodo di forte carenza di prodotto italiano, realizzando prezzi sul mercato piuttosto elevati. Per massimizzare la precocità di maturazione ed ottenere frutti di elevata qualità (colore brillante, equilibrato rapporto RSR/acidità, elevata consistenza della polpa) è sempre più importante l'utilizzo di piante fresche sia a "radice nuda" che "cime radicate" di elevata "qualità", difficili da reperire sul mercato per la nota carenza di un sistema vivaistico nazionale in grado di produrre piante fresche direttamente nelle aree di coltivazione, base essenziale per garantire i minori "stress" alla pianta fresca.

Attualmente il "sistema fragola" in Sicilia, in particolare nell'areale marsalese (Marsala, Mazara e Petrosino), garantisce redditività ai produttori, occupazione per molta manodopera stagionale, soprattutto quella impiegata nelle operazioni di impianto (meta agosto per le piante frigoconservate, settembre per le cime radicate e ottobre per le piante fresche a radice nuda) e di raccolta (da dicembre a maggio) e alimenta un importante indotto rappresentato dall'entità dei mezzi tecnici impiegati per la coltivazione e dal considerevole flusso commerciale di esportazione (nord Italia ed in misura minore estero) ad esso connesso.

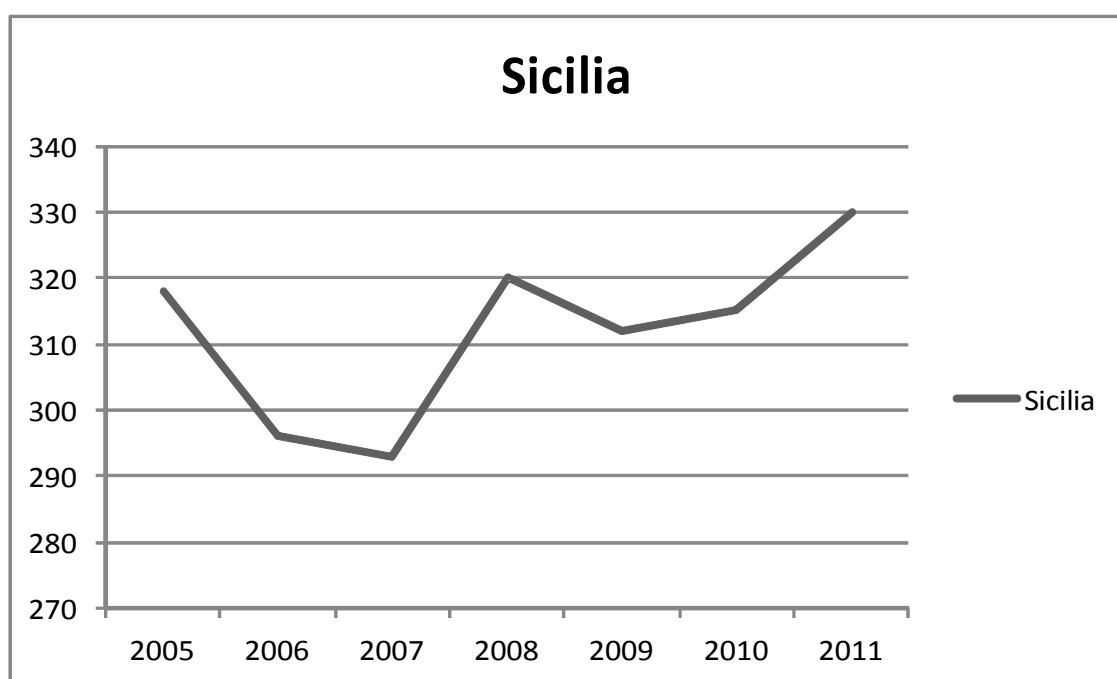


Fig.6.1. Evoluzione delle superfici fragolicole siciliane (fonte Cso-Ferrara)

6.2. Le varietà per la Sicilia

Un presupposto necessario per raggiungere elevati livelli produttivi e qualitativi e la scelta varietale, che è strettamente collegata alla tipologia di materiale vivaistico ed alla tecnica

colturale. Attraverso il progetto “Liste Varietali Fruttiferi - Fragola” finanziato dal Mi-PAAF, vengono annualmente valutate in Sicilia numerose accessioni provenienti dal breeding mondiale.

Per ciascuna varietà si redige annualmente una scheda in base ai rilievi eseguiti durante l'intero ciclo vegeto-produttivo che riguardano la pianta (accestimento, habitus vegetativo, densità del fogliame, vigore, uniformità di vigore, produttività), foglia (forma della foglia mediana, forma dei denti, dimensione del lembo, colore, brillantezza, stipole), fiore (epoca di fioritura, dimensioni e forma dei petali e della corolla, capacità di rifiorire) e frutto (peso medio ponderato, forma, resistenza della superficie, brillantezza e uniformità del colore, dimensione del calice dei sepal e degli acheni, consistenza della polpa, sapore e qualità organolettiche).

A partire dall'autunno, e per tutto il ciclo vegeto-produttivo viene rilevata la suscettibilità delle piante a malattie (es. oidio, vaiolatura fogliare, alternariosi e batteriosi, *Xanthomonas fragariae*). Dopo l'inverno, alla ripresa vegetativa, viene rilevato il numero di germogli (accestimento) per ciascuna pianta. Successivamente viene rilevata la data di inizio (2 fiori aperti per ciascuna pianta), piena (50% di fiori aperti) e fine della fioritura principale, quella originata dalla differenziazione autunnale. Per le varietà brevidiurne (bifere) che presentano una seconda fioritura (originata da una differenziazione di gemme nei mesi invernali primaverili), circa 20 giorni dopo quella principale, viene stimata l'intensità. Anche per le varietà rifiorenti viene stimata l'intensità della capacità di rifiorire.

Durante la raccolta vengono eseguiti i seguenti rilievi o determinazioni:

- peso della produzione raccolta da tutte le piante delle parcelle sperimentali distinguendo il prodotto commerciale (frutti integri con diametro ≥ 22 mm) da quello di scarto costituito da frutti piccoli (diametro < 22 mm), deformati o colpiti da marciumi; peso di 20 frutti, scelti a caso, di ogni raccolta.

Questi dati vengono poi utilizzati per calcolare la produzione totale a pianta (commerciale + scarto) espressa in grammi; il peso medio ponderato dei frutti; l'indice di precocità di maturazione, espresso dalla media ponderata dei giorni necessari a raccogliere tutta la produzione a partire dal 1° gennaio (indice =1). Vengono inoltre effettuati, su campioni di 20 frutti appena raccolti nelle staccate principali i seguenti rilievi o determinazioni: la resistenza della superficie del frutto alla compressione (g) con durometro digitale; consistenza della polpa (g) con penetrometro manuale; residuo secco rifratto metrico (°Brix) con rifrattometro digitale; acidità titolabile (meq/100 g) utilizzando idrossido di sodio (NaOH) 0,1 n con blu di bromotimolo come indicatore di viraggio della soluzione (pH 7,8); conte-

nuto di acido ascorbico (vit. C) con strumento digitale *Rqflex* che ne permette la determinazione quantitativa con cartine colorimetriche, sfruttando il sistema Reflectoquant secondo il principio della riflettanza; le caratteristiche colorimetriche del frutto: con il colorimetro automatico a riflettanza che rileva la tonalità rossa (a^*), gialla (b^*) e la brillantezza (L^*).

Il Progetto redige annualmente una lista di varietà più consigliate per ciascun areale di produzione: aree meridionali (Sicilia, Basilicata, Campania, Calabria), settentrionali (Verona, Cesena) e di alta montagna (Val del Martello, Trento, Cuneo).

La Lista 2011 per gli ambienti meridionali ed in particolare per la Sicilia è composta dalle cultivar: Candonga®Sabrosa, Camarosa, Coral®Rociera, Kilo, Naiad®CIVL35 e Nora, Siba e Ventana.

Candonga®Sabrosa, di origine spagnola, è sicuramente la cultivar che sta riscontrando i maggiori consensi sia da parte dei produttori che dei consumatori siciliani. È caratterizzata da una pianta rustica, a maturazione intermedia come pianta fresca, più tardiva come pianta frigo. L'habitus assurgente – compatto della pianta e la facilità di distacco del frutto velocizzano le operazioni di raccolta. Questa varietà, seppur mediamente tardiva e non molto produttiva, è molto apprezzata dai consumatori per le eccezionali caratteristiche qualitative ed organolettiche dei frutti (elevata dolcezza e notevole consistenza della polpa che consente una lunga shelf life dopo la raccolta), riconosciute oltretutto dai mercati, su cui spuntare un prezzo tendenzialmente superiore rispetto alle varietà tradizionali (Baruzzi e Faedi, 2008).

Camarosa è una cultivar adatta agli ambienti meridionali, molto diffusa nelle aree fragolicole campane e calabresi, ma in Sicilia non ha trovato le migliori condizioni per estrinsecare le sue potenzialità produttive e qualitative. Si adatta all'impiego di piante fresche, il frutto è di bella forma, molto consistente, di buone caratteristiche qualitative ma di un colore un po' troppo scuro e non sempre brillante. La pianta è suscettibile ad antracnosi (A.A.V.V, 2002).

Naiad®Civl 35 è una cultivar unifera, precoce e di elevata produttività. È molto produttiva nei periodi più precoci di raccolta soprattutto con piante fresche “cime radicate”. La pianta è di elevato vigore, soprattutto se frigoconservata, molto rustica e tollerante ai patogeni dell'apparato radicale. Il frutto è di grossa pezzatura, di bella forma conico-allungata molto regolare anche nelle raccolte precoci, consistente e di buon sapore.

La colorazione è intensa, brillante in inverno ma negli altri periodi può divenire disform e, in concomitanza degli innalzamenti termici, un po' scura. È suscettibile ad oidio e vaiolature fogliari (Baruzzi *et al.*, 2009a).

Nora cultivar diffusa recentemente nell'ambito del programma pubblico di miglioramento genetico, può rappresentare un'alternativa a Tudla Milsei soprattutto per precocità di maturazione, rusticità della pianta e migliore qualità dei frutti. Questi risultano dolci, di buon sapore e di forma conica molto regolare grazie all'elevata fertilità pollinica e colorazione rosso-aranciata brillante. Si adatta molto bene all'impianto autunnale come pianta fresca. I limiti sono legati alla non elevata consistenza della polpa.

Kilo ha una pianta rustica, di medio-elevato vigore e accestimento e di produttività molto elevata, soprattutto nei periodi di raccolta tra gennaio-marzo; con una fruttificazione, la sua produttività aumenta soprattutto se impiegata come pianta fresca "cima radicata". Risulta resistente e tollerante ai patogeni del suolo e oidio (*Sphaerotheca macularis*) e moderatamente sensibile all'antracnosi (*Colletotrichum acutatum*) e alla batteriosi (*Xanthomonas fragariae*). Il frutto è di forma conica, molto regolare anche nel periodo invernale grazie all'elevata fertilità pollinica; di bella colorazione rossa, sempre brillante sia d'inverno che in concomitanza di innalzamenti termici; resiste alle manipolazioni grazie alla buona tenuta della superficie, nonostante la non elevata consistenza della polpa, il contenuto zuccherino è piuttosto scarso a causa dell'elevata produttività della pianta.

Siba è una cultivar caratterizzata da precocità di maturazione; rusticità della pianta; elevata consistenza della polpa e buon sapore dei frutti. La produttività non è sempre elevata a causa della diminuzione della pezzatura del frutto che si può registrare nel prosieguo della raccolta.

Ventana è una cultivar di origine californiana, a maturazione molto precoce adatta agli ambienti meridionali. È suscettibile agli stress termici, alla salinità dei terreni e dell'acqua di irrigazione, che nei casi più gravi provocano il collasso della pianta. Il residuo secco rifrattometrico e la consistenza sono medio-bassi, probabilmente legati allo stato di stress delle piante soprattutto in concomitanza degli innalzamenti termici (marzo-aprile). Presenta, inoltre una notevole suscettibilità ai patogeni radicali (Baruzzi *et al.*, 2009a). È una varietà spesso utilizzata come parentale nelle combinazioni di incrocio per l'ottenimento di nuovi genotipi adatti per l'areale siciliano poiché molto produttiva soprattutto nei periodi precoci. Inoltre, i frutti sono di grossa pezzatura, bella forma, sempre molto regolare anche nel periodo invernale, di colore rosso intenso e molto brillante.

6.3. Il miglioramento genetico della fragola in Sicilia

La fragola è una specie in cui è particolarmente accentuata l'interazione genotipo-ambiente.

Attualmente non esistono cultivar in grado di esprimere la massima potenzialità produttiva in condizioni ambientali molto diverse, pertanto necessitano genotipi pienamente adatti alle varie aree di coltivazione. Vi è quindi la necessità di individuare attraverso il miglioramento genetico nuove varietà che possano valorizzare le elevate potenzialità, nella fattispecie, del territorio siciliano. In Sicilia fino al 2004 era attiva un'azione di miglioramento genetico condotta con finanziamenti pubblici (ex Progetto "Frutticoltura" del MiPAAF) che ha consentito la diffusione commerciale di varietà come Eglà, Teodora e Clea (Arcuti *et al.*, 1994), Paros (Faedi *et al.*, 1998), Demetra e Rubea (Faedi *et al.*, 2003) che però hanno avuto un limitato successo presso i produttori. Solo le recentissime varietà Nora, Kilo e Palatina (Faedi *et al.*, 2009) sembrano suscitare un certo interesse in alcuni ambienti, come Nora nell'area di Marsala (TP) e Kilo nel Lametino (CZ).

Dopo il Progetto "Frutticoltura", il breeding della fragola in Sicilia è proseguito grazie al supporto finanziario del Dipartimento di Agronomia Ambientale e Territoriale, oggi Dipartimento dei Sistemi Agro-Ambientali, dell'Università di Palermo, integrato a partire dal 2009 da finanziamenti ministeriali nell'ambito del Progetto finalizzato FRUMED – sottoprogetto INNOVA.

Il programma di breeding in Sicilia mira ad ottenere validi genotipi caratterizzati da basso fabbisogno in freddo invernale, adatti ad essere impiegati in fragoleti come piante fresche, con piante di elevata produttività e rusticità, tolleranti e/o resistenti ai principali patogeni radicali, e frutti di grossa pezzatura ed elevate caratteristiche qualitative: consistenza, sapore, aroma. Negli ultimi anni il consumatore è sempre più interessato alla presenza di composti "bio-attivi" nei frutti e quindi si ricercano anche cultivar con frutti di alto valore nutrizionale, inteso soprattutto come contenuti di sostanze antiossidanti (Acido ascorbico, acido ellagico, flavonoidi ecc.).

La metodologia operativa applicata in Sicilia è quella del breeding classico, che prevede la programmazione e l'esecuzione di incroci seguendo schemi di ricombinazione complementare e metodi di selezione ricorrente. La scelta dei parentali viene effettuata sulla base delle performance di numerosi genotipi già osservati in Sicilia e negli altri areali meridionali (Campania, Basilicata e Calabria). Ciò al fine di individuare i migliori parentali in grado di apportare uno o più caratteri marcatamente espressi in quell'ambiente

specifico (Baruzzi *et al.*, 2009a).

La selezione delle progenie di semenzali ottenuti dagli incroci, in genere intervarietali, viene eseguita soggettivamente dai *breeders* direttamente nei campi sperimentali. La successiva valutazione delle selezioni (= semenzali selezionati) nei campi parcellari di I° e II° livello, avviene tenendo conto anche di rilievi oggettivi eseguiti secondo la già descritta metodologia ben collaudata nell'ambito dei progetti MiPAAF "Frutticoltura" (Faedi *et al.*, 2006) e Liste di Orientamento Varietale.

Infine, il collaudo finale delle migliori selezioni, prima dell'eventuale loro licenziamento, viene effettuato per uno o due anni direttamente dagli Organismi Produttivi coinvolti nelle azioni, estendendo le valutazioni fino agli aspetti commerciali e alla risposta del mercato all'innovazione che di volta in volta si propone.

PARTE SPERIMENTALE

SCOPO DELLA RICERCA

Il frutto fragola mantiene nell'immaginario collettivo del consumatore un'immagine di freschezza, bellezza e salubrità, il settore produttivo e commerciale italiano a tutt'oggi sono impegnati da un lato a "normalizzare" il prodotto, dall'altro a mantenerne vive le sue peculiarità agendo su diversi fronti:

- sui modelli di consumo verso una destagionalizzazione del prodotto e spingendo gli acquisti ben oltre il solo periodo primaverile;
- sulle strategie delle imprese con un'organizzazione commerciale e produttiva efficace, rafforzando la filiera produttiva con fornitori organizzati ed in grado di fare massa critica ottimizzando i volumi, la logistica e la catena del freddo;
- sul lato del marketing: instaurando una comunicazione col consumatore dichiarando le varietà per creare valore aggiunto ed accompagnare la differenziazione della gamma;
- sul lato della ricerca rafforzando la ricerca varietale così da renderla capace di accompagnare sempre più le valutazioni di marketing, attraverso le analisi qualitative che servono da supporto ad ogni settore della filiera.

Il consumatore nel corso degli anni è divenuto sempre più attento alla salubrità degli alimenti. Questa dipende sia dall'agrotecnica adottata, in particolare assumono sempre maggiore interesse le produzioni biologiche e integrate, sia dal valore nutrizionale e quindi dal contenuto di sostanze volte ad accrescere il benessere fisico e con valenza farmaceutico-terapeutica. In quest'ottica, la fragola è stata inserita tra i "super cibi", poichè è molto ricca di composti antiossidanti (vitamina C, polifenoli, acido ellagico ecc..) che hanno un'azione positiva contro le malattie croniche e degenerative, come cancro, malattie cardio-vascolari ed invecchiamento cellulare. Grazie al lavoro degli operatori del settore oggi la fragola è presente sulle nostre tavole, quasi dodici mesi l'anno. La sensazione di avere la disponibilità di un prodotto stagionale troppo a lungo, però, condiziona in modo negativo la percezione della qualità dello stesso, indipendentemente dalla reale situazione. È quasi un luogo comune, infatti, che le fragole siano prive di sapore perché coltivate in serra, o siano troppo grosse e brillanti per non avere origini transgeniche, come emerge ormai costantemente dalle ricerche realizzate sul consumatore.

Alla luce di ciò, durante il triennio di ricerche si è cercato di individuare una tecnica colturale in ambiente protetto, che permetta di ottenere produzioni precoci, più remunerative per i produttori siciliani e frutti di qualità con elevato valore nutrizionale.

La fragolicoltura siciliana è concentrata in aziende dirette coltivatrici medio-grandi, con ritorno frequente nello stesso appezzamento (monocoltura) e ripetute fumigazioni del terreno al fine di limitare l'incremento della carica dei patogeni. Scopo di una delle ricerche condotte durante il corso di dottorato di ricerca è stato di verificare ed ampliare la conoscenza su alcuni mezzi eco-compatibili a basso impatto ambientale, quali la solarizzazione con film plastici innovativi. Inoltre, anche l'individuazione di nuove varietà resistenti e/o tolleranti ai principali patogeni terricoli potrebbe permettere la riduzione di inputs chimici di sintesi. Durante il triennio di ricerca (2009-'11) è stato effettuato un approfondito lavoro di miglioramento genetico della fragola, realizzando incroci intervarietali, selezionando nuovi semenzali, valutando nuove selezioni (semenzali selezionati e selezioni in fase avanzata di studio) con l'obiettivo di ottenere nuove cultivar idonee all'areale siciliano (caratterizzate da basso fabbisogno in freddo invernale, adatte ad essere impiegate come piante fresche), tolleranti ai patogeni terricoli, con elevate produzioni precoci e di qualità.

Nel primo anno, oltre ad aver effettuato un approfondito lavoro di ricerca bibliografica, spaziando su vari argomenti inerenti la gestione dei sistemi colturali in serra, il vivaismo, le tecniche alternative al bromuro di metile, il miglioramento genetico e la qualità delle specie ortive ed in particolare della fragola, ho iniziato a seguire diverse prove sperimentali in campo, inerenti:

- I mezzi alternativi al bromuro di metile per la disinfezione dei terreni coltivati a fragola, soprattutto quelli eco-compatibili, quali la solarizzazione, utilizzando film plastici innovativi;
- L'influenza della concimazione sulla qualità di fragole ottenute da piante fresche;
- La messa a punto di un protocollo per l'ottenimento di piante fresche "a radice nuda" e con pane di terra "cime radicate";
- Il confronto varietale per la costituzione della "Lista di orientamento varietale, fragola", che rappresenta un riferimento per le scelte di frutticoltori e vivaisti e di miglioramento genetico della fragola per la costituzione di nuove accessioni valide per l'areale di coltivazione siciliano.

Nel secondo anno ho continuato a seguire le prove presso i campi sperimentali siti a Marsala:

- confronto tra le piante fresche di fragola;
- costituzione di campi sperimentali con tipologie di piante fresche e frigo;
- innovazione varietale;

- reattività delle nuove varietà alla coltivazione con le diverse tipologie di pianta;
- comportamento bio-agronomico di selezioni ottenute da incroci effettuati in Sicilia allevate con diverse tipologie di pianta

In particolare mi sono occupata della selezione delle progenie di semenzali ottenuti da incroci, in genere intervarietali, della valutazione delle selezioni (= semenzali selezionati al primo anno e in fase avanzata di studio, rispettivamente nei campi parcellari di I° e II° livello) e della valutazione di nuove varietà italiane ed estere.

Nel terzo anno ho seguito prevalentemente ricerche che riguardano l'influenza delle diverse accessioni all'utilizzo di piante prodotte in Sicilia attraverso l'analisi qualitativa di frutti di nuove accessioni ottenute da diverso materiale vivaistico.

Influenza di diverse dosi di azoto su produzione e qualità di fragole da piante fresche “cime radicate”

7. Introduzione

La fragola in Italia è coltivata secondo un ciclo annuale con tecniche agronomiche diverse per ogni area di produzione: negli ambienti settentrionali gli impianti sono realizzati nel periodo estivo con piante frigoconservate e sono finalizzati principalmente a produzioni primaverili; negli ambienti meridionali invece vengono messe a dimora principalmente piante fresche in grado di fornire un lungo flusso produttivo invernale e primaverile (dicembre-giugno). Le differenti tecniche di coltivazione influiscono notevolmente sulle esigenze nutrizionali e la conoscenza della dinamica dell'assorbimento dei nutrienti è fondamentale per una sincronizzazione della disponibilità degli elementi nutritivi nel terreno con le esigenze specifiche della pianta (Tagliavini *et al.*, 2009). A tale riguardo, studi condotti in Italia ed in Francia su fragola hanno evidenziato come i livelli di assorbimento dei principali elementi siano influenzati dalla produttività (biomassa prodotta per ettaro), dalla fertilità del suolo, dalla tecnica colturale e dal genotipo (Raynal-Lacroix *et al.*, 1999; Tagliavini *et al.*, 2000; Tagliavini *et al.*, 2009;).

Scopo delle tecniche di concimazione è ottenere un elevato standard qualitativo dei frutti ed un buon livello produttivo, minimizzando nello stesso tempo le possibili perdite di elementi nutritivi con le acque di ruscellamento, favorendo un equilibrato sviluppo delle piante e riducendo indirettamente il rischio di fisiopatie e la necessità di interventi di difesa fitosanitaria. Per raggiungere questi obiettivi il piano di fertilizzazione deve prendere in considerazione sia le caratteristiche chimico fisiche dei suoli e la loro dotazione in elementi nutritivi sia il fabbisogno delle colture per azoto, fosforo e potassio stimato in funzione delle rese attese, delle fasi fenologiche corrispondenti ad un più accentuato assorbimento di elementi nutritivi, delle modalità di distribuzione più

efficienti, e dell'interazione con altre pratiche agronomiche che possono influenzare la fertilità del terreno.

L'azoto riveste indubbiamente un ruolo prioritario non solo per la sua influenza sull'attività vegeto-produttiva delle piante, in quanto entra nella composizione delle proteine e della clorofilla, ma anche sulla qualità dei frutti (colore, conservabilità ecc). La presenza eccessiva di azoto provoca un ritardo della maturazione dei frutti ed una riduzione della consistenza della polpa. L'apporto eccessivo di elementi nutritivi può determinare una forte salinizzazione che può danneggiare la fragola, specie particolarmente sensibile, e nei casi più gravi può causare il collasso delle piante. Gli eccessi nutrizionali comportano elevati rischi per la rizosfera e per le falde riducendo la fertilità del suolo, aumentando il rischio di desertificazione e deteriorando la qualità delle acque. La presenza di residui e derivati delle concimazioni nelle falde acquifere di aree ad agricoltura intensiva, in particolare dei nitrati, per effetto di concimazioni azotate eccessive (Thompson *et al.*, 2006) segnala la necessità di una corretta gestione delle tecniche di fertilizzazione ai fini del conseguimento della sostenibilità delle colture orticole e della fragola in particolare.

Il fabbisogno nutrizionale, quindi, deve essere definito sia sulla base della quantità di un determinato elemento che la pianta deve assumere per l'ottenimento della migliore performance produttiva e qualitativa che del minor impatto ambientale dello stesso.

In quest'ottica di sostenibilità ambientale e ottenimento di elevati standard produttivi e qualitativi, il Dipartimento dei Sistemi Agro-Ambientali (S.Ag.A. ex D.A.A.T.) di Palermo ha condotto delle prove per individuare la concimazione più idonea al fine di ottimizzare le potenzialità produttive di piante fresche “cime radicate” di due cultivar di fragola diffuse nell'areale siciliano (Candongia®Sabrosa e Nora) riducendo gli apporti di azoto nel rispetto delle norme del codice di buona pratica agricola.

7.1. Materiali e Metodo

La ricerca è stata condotta nell'annata agraria 2008-'09, presso l'azienda didattico-sperimentale del dipartimento S.Ag.A. “Istituto Opera Pia Castelnuovo”, sita a Palermo.

Il protocollo sperimentale ha previsto l'utilizzo di piante fresche “cime radicate” di 2 cultivar Candonga®Sabrosa e Nora e di 5 diverse dosi di azoto in fertirrigazione: 120; 170; 220; 270 e 320 kg ha⁻¹.

Si è operato in ambiente protetto, su terra rossa di media fertilità a tessitura franco sabbiosa, a reazione sub alcalina (pH 7,4), con calcare attivo del 4,8 %; fosforo

disponibile 40 ppm; potassio scambiabile 330 ppm; azoto totale 2,07 ‰; sostanza organica totale 3,75%.

La coltivazione è stata effettuata in una serra a doppia navata (38 m x 16 m), con struttura in metallo con copertura in polimetacrilato nelle pareti e in PE additivato con EVA nel tetto. L'impianto è stato effettuato su un terreno coltivato nell'ultimo triennio a fragola e annualmente solarizzato. In estate il terreno è stato lavorato ed è stata interrata la sostanza organica (100 t ha⁻¹) e i concimi minerali (100 kg ha⁻¹ P₂O₅ e 600 kg ha⁻¹ S, con funzione di correttivo). Successivamente, è stata eseguita la sistemazione in prode alte 30 cm, la posa dell'impianto di irrigazione a microportata con tubo di polietilene con fori distanti 20 cm, sotto la pacciamatura con film plastico di PE trasparente ed il terreno è stato sottoposto a solarizzazione per 60 giorni (luglio-agosto). Nei primi 15 cm di profondità sono state rilevate le temperature, mediante termometri a microprocessore con memorizzazione dei dati a scansione ad intervalli di 30 minuti e sono state ottenute $T \geq 37^{\circ}\text{C}$ per 500 ore. A settembre il terreno è stato coperto con PE plastico nero con funzione pacciamante.

Le piante fresche "cime radicate" sono state messe a dimora il 19 settembre, a file binate, realizzando una densità di 8 piante/m².

Sono stati effettuati 10 interventi di fertirrigazione, in particolare sono stati forniti 110 kg ha⁻¹ di P₂O₅, 330 kg ha⁻¹ di K₂O, 4 g/m² di chelato di ferro (in tutte le tesi in prova) e la dose di azoto è stata in funzione della tesi (120, 170, 220, 270, 320 kg ha⁻¹).

Il disegno sperimentale adottato è stato a parcella suddivisa (split-plot), con unità elementare di 4,6 m² ripetuta 3 volte, in cui la tesi principale è stata la diversa dose di azoto, 120, 170, 220, 270, 320 kg ha⁻¹ e quella secondaria la cultivar (Candongia[®] Sabrosa e Nora).

Su dieci piante di ciascuna parcella, a dicembre, gennaio e febbraio, sono stati rilevati il numero di germogli/pianta. In ogni raccolta sono stati pesati i frutti commerciali (frutti integri con diametro > 22 mm) e di scarto (frutti piccoli, deformi e affetti da marciumi) ed è stato calcolato il peso medio ponderato di un campione di 20 frutti scelti a caso.

Su un campione di 10 frutti scelti durante le raccolte di febbraio, marzo e aprile sono stati rilevati:

- il colore della superficie del frutto su due punti diametralmente opposti, mediante colorimetro automatico a riflettanza (Minolta mod. Chromater Reflectance II) che rileva la tonalità rossa (a*), gialla (b*) e la brillantezza (L*). Per determinare la tonalità del frutto si è poi calcolato l'indice Chroma secondo la formula: $[(a^2+b^2)]^{1/2}$.

la consistenza della polpa (g) dei frutti con penetrometro (mod. Chatillon con puntale di 6 mm di diametro); da questi frutti è stato poi ottenuto il succo per determinare:

- il residuo secco rifrattometrico (°Brix), con rifrattometro digitale (mod. Atago, PR-32 Alpha) per rilevare i solidi solubili totali;
- l'acidità del succo (meq/100 g), utilizzando idrossido di sodio (NaOH) 0,1 N con blu di bromotimolo, come indicatore di viraggio della soluzione (pH 7,8);
- il contenuto in acido ascorbico (mg / 100 g), mediante metodo colorimetrico con strumento digitale Rqflex (Merck), sfruttando il sistema Reflectoquant secondo il principio della riflettanza;

I dati sperimentali rilevati sono stati utilizzati per calcolare: la produzione commerciale a pianta raccolta mensilmente e totale, il peso medio ponderato mensile e generale; il valore medio del residuo secco rifrattometrico (°Brix), della consistenza della polpa (g), dell'acidità titolabile (meq/100 g di s.f), dell'acido ascorbico (mg / 100 g di s.f), della brillantezza (L) e della tonalità del colore del frutto (Indice Chroma).

Come indice di qualità dei frutti, si è calcolato il rapporto fra acidità titolabile e RSR.

I dati sono stati sottoposti all'ANOVA e le medie messe a confronto col test di Duncan.

7.2. Discussione dei Risultati

La percentuale di attecchimento è risultata elevata (98%). Il ritmo di crescita (dopo l'attecchimento) è stato soddisfacente; a dicembre le piante hanno manifestato un buon accostamento in media 1,6 germogli/pianta, senza differenze tra le diverse tesi in prova. A gennaio le tesi concimate con 270, 170 e 120 kg ha⁻¹ di azoto si sono differenziate dalle altre producendo più di 2 germogli/pianta (in media 2,5) e tra le varietà si è distinta Candonga® Sabrosa che ha prodotto in media 2,4 germogli/pianta. In febbraio la tesi con la maggior somministrazione di azoto (320 kg ha⁻¹) ha fornito un numero medio di 4,1 germogli/pianta; per quel che concerne le varietà, queste hanno prodotto in media 3,6 germogli/pianta, senza differenziarsi statisticamente all'analisi della varianza. (Tab.7.1)

La produzione di frutti è iniziata nel mese di gennaio per tutte le tesi in prova. Le produzioni fornite nei primi due mesi di raccolta, in media 36 g / pianta, non sono state influenzate dalle diverse dosi azotate. La varietà più produttiva è stata Nora, che si è distinta per aver prodotto circa il 40% di frutti in più rispetto a Candonga® Sabrosa (46,6 g/pianta rispetto 27 g/pianta). Nel mese di marzo la produzione commerciale di frutti è

incrementata mediamente del 75% e la resa più elevata è stata fornita dalla tesi concimata con 320 kg ha⁻¹ di N (116,9 g/pianta), mentre quella più bassa è stata fornita dalla tesi con somministrazione di 220 kg ha⁻¹ di azoto (83,4 g/pianta). Ad aprile, la produzione è ulteriormente aumentata per tutte le tesi in prova, in media del 73% rispetto al mese precedente e la più produttiva è stata quella che ha previsto una dose di azoto di 270 kg ha⁻¹. In maggio, la produzione si è ridotta notevolmente per tutte le tesi in prova ed è stata in media 11,9 g/pianta. La produzione commerciale totale è stata mediamente sufficiente. Complessivamente, le piante che hanno prodotto di più (429,5 g/pianta) sono state quelle in cui sono stati somministrati 270 kg ha⁻¹ di N (dose utilizzata dai fragolicoltori siciliani), mentre le meno produttive sono risultate quelle che hanno ricevuto una concimazione intermedia (220 kg ha⁻¹ di N, 336,1 g/pianta). L'interazione varietà x concimazione non è mai risultata significativa per la produzione commerciale. (Tab 7.2)

Il peso medio dei frutti è stato elevato nei mesi di gennaio, febbraio e marzo, in media rispettivamente 26,2; 21,9 e 22,9 g. Il peso medio è stato influenzato nei primi 2 mesi di raccolta dalla varietà; Nora ha prodotto i frutti col peso medio più elevato, 29,7 g a gennaio e 24,2 a febbraio, mentre nel terzo mese è stata la variabile concimazione ad aver influenzato la pezzatura. Negli ultimi 2 mesi di staccate il peso medio si è ridotto notevolmente indipendentemente dalla dose di concimazione adottata e dalla varietà. Il peso medio generale dei frutti è stato influenzato solo dalla dose di concimazione, ed in particolare le piante coltivate con 170 kg ha⁻¹ di N hanno fornito i frutti con il peso medio più elevato (20,1 g) ma senza differenziarsi statisticamente da quelli prodotti da piante concimate con dosi di 320, 220 e 120 kg ha⁻¹, mentre il peso medio più basso è stato rilevato sui frutti delle piante concimate con 270 kg ha⁻¹ (18,1 g). (Tab 7.3)

La percentuale di scarto non è stata influenzata dalle diverse dosi di concimazione ma soltanto dalla varietà, Candonga® Sabrosa ha infatti fornito la maggiore produzione di scarto, 30 % rispetto al prodotto totale, soprattutto a causa del notevole calo della pezzatura che si è riscontrato nei mesi di marzo, aprile e maggio (frutti <22 mm). (Tab 7.2)

La qualità dei frutti è stata influenzata dalle variabili in studio. (Tab 7.4) I frutti più consistenti (in media 725 g) sono quelli prodotti dalle piante coltivate con dosi di concimazioni medio-basse (120, 170 e 220 kg ha⁻¹). Per quel che concerne le caratteristiche organolettiche della polpa, i frutti col più alto contenuto in solidi solubili totali sono quelli prodotti con una concimazione medio-bassa (7,4 °Brix); anche il contenuto in acidi totali più elevato è stato riscontrato nei frutti delle piante concimate con

una dose di azoto medio-bassa (in media 10,5 meq/100 g di s.f.). Nel complesso i frutti con il più equilibrato rapporto totale/solidi solubili totali (1,5) sono quelli forniti dalle tesi con una concimazione variabile da 120 a 220 kg ha⁻¹ di azoto. Tra le varietà, si è sempre distinta Candonga®Sabrosa, con frutti di elevata consistenza (764 g) e con un buon rapporto acidità totale/solidi solubili totali, pari a 1,4. Per i parametri consistenza del frutto, contenuto in solidi solubili totali e acidità titolabile l'interazione tra i due fattori è risultata significativa ed in particolare, Candonga®Sabrosa se coltivata con una dose medio-bassa (170-220 kg ha⁻¹) di N si è differenziata statisticamente per aver prodotto i frutti più consistenti (in media 850 g) e con maggior contenuto in solidi solubili totali (7,7 °Brix) ed con equilibrato contenuto in acidi totali. Per quanto riguarda il contenuto in acido ascorbico (vitamina C) ed il colore della superficie del frutto, si sono distinte le fragole prodotte dalle piante con somministrazione di 120 kg ha⁻¹ di azoto, 58,5 mg/100 g di s.f. e colorazione rosso-aranciato brillante (L 39,1 e I.Chroma 48,5), mentre quelli prodotti da piante concimate con dosi di N più elevate sono risultati più opachi e di colore rosso più scuro. Tra le varietà, Nora si è differenziata statisticamente rispetto a Candonga®Sabrosa, per il maggior contenuto di vitamina C (52,4 mg/100 g s.f.) e il colore brillante e rosso aranciato dei frutti. Per questi parametri l'interazione varietà x dose di azoto è risultata significativa all'analisi della varianza, in particolare, Nora coltivata con il minor apporto di azoto si è distinta per aver prodotto frutti di colore rosso aranciato brillante (Chroma: 49,6; L: 40,9) e con il maggior contenuto in vitamina C, 70 mg/100 g s.f..

7.3. Conclusioni

La Sicilia rappresenta nel contesto fragolicolo nazionale la zona di produzione più precoce. L'utilizzo delle piante fresche "cime radicate" permette di ottenere buone produzioni di qualità già nel mese di gennaio. L'individuazione della tecnica di coltivazione più idonea, anche in termini di fertilizzazione, permette di ottimizzare le potenzialità della coltura.

L'azoto è tra tutti i nutrienti l'elemento maggiormente in grado di influenzare la produttività e anche la qualità delle fragole. Attraverso la tecnica della fertirrigazione oggi si è in grado di assicurare una distribuzione localizzata degli elementi nel volume di suolo maggiormente esplorato dalle radici, in condizioni ottimali di disponibilità idriche per la pianta. È in questo modo possibile incrementare l'efficienza del fertilizzante, riducendone le quantità attraverso apporti tempestivi e limitandone dunque le perdite per lisciviazione.

Questa ricerca condotta sugli effetti dell'azoto sui parametri vegeto-produttivi e qualitativi della fragola evidenzia una variabilità dei risultati piuttosto ampia, dipendente dai livelli di azoto disponibile per le piante e dalle dosi somministrate alla coltura. L'andamento produttivo stagionale ha messo in evidenza come la tesi concimata con una dose totale di azoto pari a 270 kg ha^{-1} , solitamente fornita dai fragolicoltori siciliani, abbia fatto rilevare sempre le produzioni più elevate, ma senza differenze significative all'analisi statistica, nel periodo precoce (gennaio-marzo), rispetto alle tesi trattate con dosi inferiori (120 e 170 kg ha^{-1} di azoto). Dal punto di vista qualitativo le tesi che hanno ricevuto le minori dosi dell'elemento N (120 e 170 kg ha^{-1}) hanno fornito i frutti più consistenti, in media 735 g , con un buon contenuto in solidi solubili totali, mediamente $7,3$ °Brix, con il più elevato contenuto in vitamina C, in media $53 \text{ mg}/100 \text{ g}$ di s.f. e con un colore rosso aranciato brillante.

Si può affermare che la formulazione di un corretto piano di concimazione va modulata in funzione del livello di fertilità del suolo, dello stato nutrizionale della pianta e della varietà per evitare eccessi di azoto e nello stesso tempo ottenere produzioni di qualità. È stato infatti osservato che Candonga® Sabrosa coltivata con dosi di azoto medio-basse (170 e 220 kg ha^{-1}) ha prodotto i frutti più consistenti e di maggiore contenuto in solidi solubili totali. Non si è avvantaggiata di una concimazione azotata bassa di 120 kg ha^{-1} , producendo frutti di colore rosso aranciato brillante, con un buon tenore zuccherino ($7,4$ °Brix) ed elevato contenuto in Vit C ($70 \text{ mg}/100 \text{ g}$ s.f.).

In conclusione, in presenza di terreni coltivati per molti anni con specie orticole in ambiente protetto, sottoposte ad intense e continue concimazioni con apporto basso o nullo di acqua piovana, che permetterebbe l'allontanamento dei sali residui nel terreno per lisciviazione, la somministrazione di basse dosi di azoto permette di ottenere produzioni uguali rispetto a dosi doppie o triple e frutti di qualità superiore, riducendo l'impatto ambientale e i costi di produzione

Tab.7. 1 - Palermo, 2008-'09 - Numero di germogli

Fattori	germogli (n.)		
	Dicembre	Gennaio	Febbraio
<i>concimazione - kg/ha di azoto</i>			
320	1,4 a	1,4 b	4,1 a
270	1,6 a	2,4 a	3,7 ab
220	1,4 a	1,4 b	3,2 b
170	1,7 a	2,5 a	3,6 ab
120	1,6 a	2,4 a	3,4 b
<i>Varietà</i>			
Candongia	1,5 a	2,4 a	3,7 a
Nora	1,6 a	1,6 b	3,5 a
<i>Interazione</i>			
Concimazione x Varietà	n.s	*	n.s

Valori contraddistinti da lettere uguali non sono significativi con $P \leq 0.05$

* significatività $P \leq 0.05$

Tab. 7.2 - Palermo, 2008-'09 - Produzione commerciale mensile e totale (g/pianta) e scarto (%)

Fattori	Produzione commerciale mensile e totale (g/pianta)						scarto (%)
	Gennaio	Febbraio	Marzo	Aprile	Maggio	Totale	
<i>concimazione - kg/ha di azoto</i>							
320	26,8 a	33,1 a	116,9 a	194,2 ab	10,2 a	381,2 ab	20,6 a
270	41,0 a	35,2 a	108,1 ab	229,4 a	15,8 a	429,5 a	18,6 a
220	36,7 a	40,8 a	83,4 b	167,1 b	8,1 a	336,1 b	23,9 a
170	31,7 a	41,8 a	113,0 ab	177,5 b	12,3 a	376,3 ab	26,8 a
120	39,5 a	33,1 a	102,2 ab	194,2 ab	12,9 a	381,9 ab	21,3 a
<i>Varietà</i>							
Candongia	36,5 a	27,0 b	110,9 a	195,5 a	10,2 a	382,9 a	30,2 a
Nora	33,8 a	46,6 a	98,6 a	194,9 a	13,5 a	387,9 a	14,3 b
Interazione concimazione x varietà	n.s	n.s	n.s	n.s	n.s	n.s	n.s.

Valori contraddistinti da lettere uguali non sono significativi con $P \leq 0.05$

* significatività $P \leq 0.05$

Tab. 7.3.- Palermo, 2008-'09 - Peso medio e mensile dei frutti (g)

Fattori	Peso medio e mensile dei frutti (g)					
	Gen	Feb	Mar	Apr	Mag	Generale
<i>concimazione - kg/ha di azoto</i>						
320	24,7 a	23,7 a	23,1 ab	14,7 a	11,4 a	18,8 ab
270	26,5 a	20,6 a	22,4 ab	13,6 a	11,1 a	18,0 b
220	26,9 a	21,2 a	21,1 b	14,5 a	9,4 a	18,8 ab
170	25,8 a	23,6 a	23,3 ab	14,6 a	11,4 a	20,1 a
120	26,9 a	20,6 a	24,8 a	14,3 a	11,2 a	18,9 ab
<i>Varietà</i>						
Candongia	22,7 b	19,8 b	22,4 a	14,1 a	10,3 a	18,4 a
Nora	29,7 a	24,2 a	23,5 a	14,5 a	11,5 a	19,4 a
Interazione concimazione x varietà	n.s	n.s	n.s	n.s	n.s	*

Valori contraddistinti da lettere uguali non sono significativi con $P \leq 0.05$

* significatività $P \leq 0.05$

Tab. 7.4 - Aspetti Qualitativi nei Frutti

Fattori	Consistenza (g)	RSR (°brix)	Acidità Totale (meq/100 g)	Acido Ascorbico (mg/100 g)	BrillantezzaL *	Chroma Index
<i>concimazione - kg/ha di azoto</i>						
320	645 b	6,2 ac	7,3 c	44,0 b	36,2 b	46,3 b
270	623 b	7,1 a	10,0 b	47,0 b	36,6 b	46,8 b
220	715 ab	7,0 ab	10,3 ac	47,5 b	36,9 b	46,9 b
170	769 a	7,4 a	10,8 ab	48,5 b	36,9 b	48,3 a
120	701 ab	7,1 a	11,2 a	58,5 a	39,1 a	48,5 a
<i>Varietà</i>						
Candongia	764 a	7,4 a	10,1 a	45,8 b	35,0 b	46,3 b
Nora	617 b	6,7 b	9,5 b	52,4 a	39,3 a	49,6 a
Interazione concimazione x varietà	*	*	*	*	*	*

Effetti della tipologia di pianta e dell'epoca d'impianto su Fragola in Sicilia

8. Introduzione

L'impianto autunno-vernino con piante fresche "a radice nuda" e "cime radicate" ha influenzato irrevocabilmente il mercato fragolicolo siciliano, incrementando considerevolmente le produzioni precoci. Questa tecnica permette di estendere la stagione di raccolta, anticipandone l'inizio (gennaio-febbraio). Le piante fresche "a radice nuda" provenienti dai vivai d'altura spagnoli, dell'Est europeo e negli ultimi anni, in via sperimentale, dai vivai costituiti nelle aree d'altura del sud Italia (D'Anna *et al.*, 2006; Baruzzi *et al.*, 2007), vengono trapiantate da metà ottobre fino alla fine dello stesso mese. Le piante fresche "cime radicate" con trapianto a fine settembre si stanno sempre più diffondendo tra i produttori fragolicoli siciliani, poiché anticipano ancor di più delle piante fresche "a radice nuda", l'inizio della raccolta (D'Anna *et al.*, 2000; D'Anna, Moncada, 2003; D'Anna *et al.*, 2003; D'Anna *et al.*, 2004).

Da precedenti ricerche è stato osservato che nel meridione un impianto precoce con materiale fresco (Faedi *et al.*, 1986; D'Anna 1993; D'Anna *et al.*, 2000) permette di ottenere produzioni elevate rispetto ad uno più tardivo (fine ottobre), mentre in questo ultimo caso, il peso medio dei frutti è risultato più elevato (D'Anna *et al.*, 2000; D'Anna *et al.*, 2004). Un anticipo del trapianto anche soltanto di 10 giorni si traduce, infatti, in considerevoli incrementi produttivi (+ 35%) ottenibili entro marzo, periodo produttivo molto interessante sotto il profilo economico (D'Anna *et al.*, 2000). I fragolicoltori siciliani tendono all'anticipo del trapianto proprio per puntare sulla precocità di maturazione e quindi per ottenere maggiori remunerazioni. Viste le notevoli interazioni tra cultivar, tipo di pianta e ambiente pedo-climatico, l'epoca d'impianto non può essere

generalizzata, la soluzione scaturisce, quindi, da un idoneo connubio tra ambiente di coltivazione e un'ideale tecnica colturale.

Scopo del presente studio è stato quello di individuare l'adeguata tecnica di coltivazione, di due varietà di fragola, Florida Fortuna e Candonga® Sabrosa, utilizzando le due tipologie di piante fresche trapiantate in due epoche diverse per massimizzarne la precocità, la qualità dei frutti e la produttività.

8.1. Materiali e Metodo

Lo studio è stato condotto nel 2010-'11, presso i campi sperimentali del Dipartimento dei Sistemi Agro-Ambientali (ex DAAT, sezione di Orticoltura e Floricoltura) a Marsala (TP).

Il protocollo sperimentale ha previsto l'utilizzo di piante fresche "cime radicate" e "a radice nuda" di 2 varietà Candonga® Sabrosa e Florida Fortuna.

Si è operato in ambiente protetto, utilizzando tunnel multipli con 10 arcate di 4,5 m (larghezza) x 2,4 m (altezza) x 30 m (lunghezza), su un terreno proveniente dalla trasformazione delle tipiche "sciare" siciliane, costituito da prevalente componente sabbiosa (< 80%), a reazione subalcalina (pH 8,5), con alto calcare attivo (8,8 %), ben dotato di K₂O scambiabile (660 ppm), fosforo (68 ppm), azoto totale (2,0 ‰) e di sostanza organica dovuta all'apporto annuale di vinaccia esausta di distilleria (10 t/ha). L'impianto è stato effettuato su terreno coltivato nell'ultimo triennio a fragola e sottoposto annualmente a geodisinfestazione per *drip fumigation*, con una miscela di cloropicrina (20 g/m²) + 1,3 dicloropropene (20 g/m²), somministrata 30 giorni prima del trapianto. La tecnica colturale adottata è stata quella tipica della coltura protetta di Marsala (D'Anna *et al.*, 2005). In estate il terreno è stato lavorato, livellato e sistemato in prode alte 40 cm, poi pacciamate con film di PE nero, sotto il quale è stato posto l'impianto di irrigazione a microportata.

Le piante fresche "cime radicate" sono state messe a dimora il 9 e 20 settembre 2010, a file binate, realizzando una densità di 8 piante/m², mentre quelle "a radice nuda" il 21 e 29 ottobre, con una densità di 9 piante/ m².

Durante il ciclo vegeto-produttivo sono stati effettuati 15 interventi di fertirrigazione, apportando complessivamente: N 200 kg ha⁻¹, P₂O₅ 150 kg ha⁻¹, K₂O 300 kg ha⁻¹ e chelato di ferro 60 kg ha⁻¹. La copertura dei tunnel multipli è stata eseguita nella seconda decade di novembre con film plastico in PE trasparente additivato con EVA dello spessore di 120 μ.

È stato adottato un disegno sperimentale a split-plot completo, con unità elementare di 15 m² ripetute 3 volte, nelle file centrali del tunnel, in cui il fattore principale è la tipologia di pianta fresca, quello secondario l'epoca di impianto ed il terzo la varietà.

In ciascuna parcella ed in ogni raccolta sono stati pesati i frutti commerciali (frutti integri con diametro >22 mm) e di scarto (frutti piccoli, deformi e affetti da marciumi) ed è stato calcolato il peso medio ponderato di un campione di 20 frutti commerciali scelti in ogni raccolta.

Su un campione di 10 frutti scelti in ogni parcella, durante le raccolte effettuate in gennaio, febbraio, marzo e aprile sono stati rilevati i seguenti valori:

la consistenza della polpa (g) dei frutti con penetrometro (mod. Chatillon con puntale di 6 mm di diametro);

il residuo secco rifrattometrico (°Brix), con rifrattometro digitale (mod. Atago, PR-32 Alpha) per rilevare i solidi solubili totali;

l'acidità del succo (meq/100 g), utilizzando idrossido di sodio (NaOH) 0,1 N con blu di bromotimolo, come indicatore di viraggio della soluzione (pH 7,8)

I dati sperimentali rilevati sono stati utilizzati per calcolare: la produzione commerciale a pianta raccolta mensilmente e quella totale, il peso medio ponderato mensile e generale; il valore medio del residuo secco rifrattometrico (°Brix), della consistenza della polpa (g) e dell'acidità titolabile (meq/100 g di s.f).

I dati sono stati sottoposti all'ANOVA e le medie messe a confronto col test di Duncan.

8.2. Discussione dei Risultati

Nei mesi di dicembre e gennaio la produzione è stata influenzata dalle tre variabili in studio. La raccolta è iniziata nella prima decade di dicembre con le piante fresche "cime radicate" di Florida Fortuna messe a dimora nella prima epoca d'impianto che hanno fornito 74,7 g/pianta, mentre Candonga ha iniziato dopo 20 giorni con la stessa tipologia di pianta (4,2 g/pianta). Le piante fresche a radice nuda la prima staccata si è avuta nella prima decade di gennaio tuttavia a fine mese la maggiore produzione è stata fornita da Florida Fortuna. Nei mese di febbraio e marzo la produzione è stata influenzata da varietà e tipo di pianta, la più produttiva è risultata Candonga (68,6 e 149,8 g/pianta) e le "cime radicate" hanno fornito il 60% in più rispetto a quelle "a radice nuda" (81 e 198,6 g/pianta). Ad aprile la tipologia di pianta e l'epoca d'impianto hanno influenzato statisticamente la produzione, le piante fresche "a radice nuda hanno prodotto 79,3 g/pianta ed in epoca precoce sono stati forniti 77,3 g/pianta. A maggio la produzione è

stata influenzata da tutte le variabili in studio ed in particolare Florida Fortuna è stata la più produttiva (58,6 g/pianta), le piante fresche “a radice nuda” hanno fornito le produzioni più elevate 73,9 g/pianta e le piante trapiantate nella seconda epoca hanno prodotto di più rispetto a quelle trapiantate nella prima (59,6 g/pianta). La produzione totale è stata influenzata soltanto dalla tipologia di pianta, le piante fresche “cime radicate” hanno fornito, indipendentemente dalla varietà e dall’epoca d’impianto, il 42% in più rispetto a quelle “a radice nuda” (rispettivamente 470,9 e 272,1) (Tab. 8.1).

Per quel che concerne le interazioni tra le variabili in studio, a dicembre le quattro interazioni sono risultate significative all’ANOVA, ed in particolare la produzione maggiore è stata fornita da Florida Fortuna “cima radicata” trapiantata nella prima epoca (74,7 g/pianta); a gennaio solo l’interazione tipo pianta x epoca d’impianto non è risultata significativa, e Florida Fortuna cime radicate con trapianto anticipato (9 settembre) si è confermata essere la più produttiva (82,4) mentre a febbraio, marzo ed aprile le interazioni tra le 3 variabili sono sempre risultate significative, in particolare nel primo mese si è distinta Candonga come “cima radicata” con trapianto ritardato (20 settembre; 129,1 g/pianta); a marzo Florida Fortuna “cima radicata” con trapianto il 20 settembre ha fornito la maggiore produzione (241,1 g/pianta) mentre ad aprile la più produttiva è stata Florida Fortuna a radice nuda con trapianto a fine ottobre (91,3 g/pianta). A maggio sono risultate significative le interazioni tra varietà e tipo pianta (Fortuna come pianta fresca, 77 g/pianta), tra varietà ed epoca d’impianto (Candonga con trapianto ritardato 69g/pianta); tra tipo pianta ed epoca d’impianto (piante fresche a radice nuda con trapianto a fine ottobre, 75 g/pianta). La produzione totale è stata influenzata solo dall’interazione tra varietà ed epoca d’impianto, Florida Fortuna trapiantata in epoca precoce ha fornito la produzione più elevata indipendentemente dalla tipologia di pianta (378,6 g/pianta) (Tab. 8.1).

Il peso medio ponderato dei frutti è stato influenzato dalla tipologia di pianta fresca utilizzata, infatti le “cime radicate” hanno fornito frutti di peso medio maggiore (21,7 g). L’interazione dei fattori allo studio non è mai risultata significativa (Tab. 8.2).

La consistenza della polpa è stata influenzata dalla varietà e dalla tipologia di pianta, i frutti più consistenti sono stati forniti da Candonga (830,3 g) e dalle piante fresche “a radice nuda” (871,9). L’interazione dei fattori allo studio è sempre risultata significativa, ed in particolare, Candonga coltivata come pianta fresca “a radice nuda” con trapianto a fine ottobre ha fornito i frutti più consistenti (946,7 g) (Tab. 8.2).

Il contenuto in solidi solubili totali è stato influenzato soltanto dalla varietà, Candonga ha fornito i frutti più dolci, 9,5 °Brix. Per quanto riguarda l'interazione dei fattori allo studio è risultata significativa solo quella tra tipo pianta ed epoca d'impianto, le cime radicate con trapianto anticipato (9 settembre) hanno fornito i frutti col maggior contenuto in solidi solubili totali (9,6°Brix) (Tab.8. 2).

L'acidità totale dei frutti è stata influenzata dalla varietà e dall'epoca d'impianto, Candonga ha fornito i frutti con il più alto contenuto in acidi totali, che grazie all'elevato residuo secco rifrattometrico conferisce al frutto un sapore equilibrato e i frutti delle piante messe a dimora in epoca tardiva presentano un contenuto più elevato in acidi totali (11,7 meq/100 g). L'interazione tipo pianta x epoca d'impianto e varietà x tipo pianta x epoca d'impianto è risultata significativa; i frutti prodotti da Candonga come piante fresche “a radice nuda” e trapiantate nella seconda epoca hanno evidenziato il maggior contenuto in acidi totali (16,6 meq/100g) (Tab. 2).

8.3. Conclusioni

Complessivamente, le piante fresche “cime radicate” hanno evidenziato un miglior comportamento agronomico rispetto a quelle “a radice nuda”.

Florida®Fortuna “cima radicata” messa a dimora nella prima decade di settembre è apparsa la migliore soluzione tecnica mentre per Sabrosa®Candonga non si sono evidenziate differenze statistiche tra le due date di impianto.

Tab. 8.1 - Produzione commerciale mensile in funzione della Varietà, tipologia di pianta ed epoca d'impianto

Varietà	Tipo pianta	Epoca d'impianto	Produzione mensile (g/pianta)						Tot
			Dic	Gen	Feb	Mar	Apr	Mag	
Candonga			4,2 b	15,4 b	68,6 a	149,8 a	72,5 a	58,6 a	369,1 a
Florida Fortuna			31,2 a	39,6 a	46,6 b	131,4 b	73,6 a	51,6 b	373,9 a
	Cima radicata		35,4 a	52,9 a	81,0 a	198,6 a	66,7 b	36,3 b	470,9 a
	radice nuda		0,0 b	2,1 b	34,2 b	82,5 b	79,3 a	73,9 a	272,1 b
		1°	20,6 a	29,0 a	59,2 a	141,1 a	77,3 a	50,6 b	377,7 a
		2°	14,8 b	26,0 b	56,1 a	140,0 a	68,7 b	59,6 a	365,2 a
Interazione Varietà x Tipo di pianta			*	*	*	*	*	*	n.s.
Interazione Varietà x Epoca d'impianto			*	*	*	*	*	*	*
Interazione Tipo di pianta x Epoca d'impianto			*	n.s.	*	*	*	*	n.s.
Interazione Varietà x Tipo di pianta x Epoca d'impianto			*	*	*	*	*	n.s.	n.s.

I valori contrassegnati da lettere diverse differiscono per $P \leq 0,05$

* significatività per $P \leq 0,05$

Tab.8.2 - Caratteristiche qualitative dei frutti in funzione della varietà, tipologia di pianta ed epoca d'impianto

Varietà	Tipo pianta	Epoca d'impianto	Peso medio ponderato (g)	Consistenza della polpa (g)	Contenuto in solidi solubili totali (°brix)	Acidità Totale (meq/100 g)
Candongia			20,0 a	830,8 a	9,5 a	10,6 a
Florida Fortuna			20,6 a	748,0 b	8,9 b	8,4 b
	Cima radicata		21,7 a	706,9 b	9,3 a	8,2 a
	radice nuda		18,8 b	871,9 a	9,0 a	10,9 a
		1°	20,3 a	790,9 a	9,2 a	7,4 b
		2°	20,2 a	787,9 a	9,2 a	11,7 a
Interazione Varietà x Tipo di pianta			n.s.	*	n.s.	n.s.
Interazione Varietà x Epoca d'impianto			n.s.	*	n.s.	n.s.
Interazione Tipo di pianta x Epoca d'impianto			n.s.	*	*	*
Interazione Varietà x Tipo di pianta x Epoca d'impianto			n.s.	*	n.s.	*

I valori contrassegnati da lettere diverse differiscono per $P \leq 0,05$

* significatività per $P \leq 0,05$

Effetti del trattamento pre-impianto al terreno su fragola in Sicilia

9. Introduzione

Nell'ultimo ventennio la fumigazione pre-impianto dei terreni è stata l'azione decisiva per la soluzione delle problematiche legate alla monosuccessione. Fino a qualche anno fa questi trattamenti di geodisinfezione in pre-impianto si basavano quasi esclusivamente sull'impiego del bromuro di metile. Le recenti limitazioni imposte e la messa al bando di questo fumigante (che è avvenuta alla fine del 2004, tranne che per gli usi critici), considerato dannoso allo strato di ozono stratosferico, ha stimolato la ricerca volta alla messa a punto di tecniche alternative in grado di permettere il raggiungimento di soluzioni a breve e lungo termine.

Tra i prodotti chimici, sperimentazioni su fragola, hanno dimostrato che la miscela di cloropicrina e 1,3-D consente di ottenere dei risultati produttivi paragonabili al bromuro di metile. La dose consigliata da applicare al terreno varia tra 20 e 30 g/m² di formulato.

La solarizzazione è un'alternativa a basso impatto ambientale che ha fatto registrare risultati interessanti soprattutto nei climi più caldi mediterranei. Prove di solarizzazione condotte in Sicilia hanno fatto riscontrare produzioni superiori a quelle ottenute con la fumigazione con bromuro di metile (D'Anna, 2003; Bonomo e Catalano, 2003). Solitamente si utilizzano film plastici trasparenti per permettere il passaggio delle radiazioni solari verso il terreno e per intrappolare il calore nello strato suolo-film pacciamante. Negli ultimi anni si sta diffondendo l'utilizzo di un film coestruso verde di spessore 40 µ, ottenuto per coestrusione di 3 strati di EVA di uguale spessore, trasparente e con pigmento verde (fotoselettivo-riduzione per assorbimento della banda del visibile 500-600 nm). I film coestusi colorati in verde sono in grado di realizzare, rispetto ai neri, maggiori incrementi della temperatura del terreno ed inibire del tutto l'eventuale crescita delle erbe infestanti. L'introduzione sul mercato del coestuso verde ha risolto molti

problemi legati allo smaltimento dei film plastici, in particolare nella disinfezione dei fragoletti. Tale tecnica ha determinato produzioni qualitativamente e quantitativamente uguali e/o superiori rispetto a quelle ottenute da piante allevate in terreno fumigato e pacciamato con PE nero (D'Anna *et al.*, 2009). Inoltre, l'utilizzo delle piante fresche "cime radicate" si è confermata di grande interesse per i terreni non fumigati e per le coltivazioni biologiche dove ha evidenziato un miglior comportamento produttivo rispetto a quello delle piante frigoconservate.

Con questa ricerca si è voluto verificare ed ampliare la conoscenza su queste due tecniche di trattamento pre-impianto del terreno (chimico e fisico) e i loro effetti sul comportamento di nuove varietà resistenti e/o tolleranti ai principali patogeni radicali.

9.1. Materiali e Metodo

Lo studio è stato condotto nel 2010-'11, presso i campi sperimentali del Dipartimento dei Sistemi Agro-Ambientali (ex DAAT, sezione di Orticoltura e Floricoltura) a Marsala (TP).

Il protocollo sperimentale ha previsto l'utilizzo di piante fresche "cime radicate" 3 varietà Candonga®Sabrosa, Nora e Florida Fortuna e 3 selezioni: PA 260, PA 3 e PA 10 selezionate a Marsala la prima nel 2005 e le altre nel 2007.

Si è operato in ambiente protetto, utilizzando tunnel multipli con 10 arcate di 4,5 m (larghezza) x 2,4 m (altezza) x 30 m (lunghezza), su un terreno proveniente dalla trasformazione delle tipiche "sciare" siciliane, costituito da prevalente componente sabbiosa (< 80%), a reazione subalcalina (pH 8,5), con alto calcare attivo (8,8 %), ben dotato di K₂O scambiabile (660 ppm), fosforo (68 ppm), azoto totale (2,0 ‰) e di sostanza organica dovuta all'apporto annuale di vinaccia esausta di distilleria (10 t/ha). Il terreno è stato baulato e suddiviso in 3 parti, una è stata pacciamata con polietilene nero (mm 0,08 di spessore) e geodisinfezionata con una miscela di cloropicrina (20 g/m²) +1,3 dicloropropene (20 g/m²), somministrata per *drip fumigation* 30 giorni prima del trapianto; un'altra solarizzata, a partire da luglio e per tutto il mese di agosto, con film plastico verde 0,04 mm di spessore, che è stato mantenuto anche durante la coltivazione come film pacciamante e la terza parte non è stata trattata (controllo). L'irrigazione è stata praticata con manichetta forata posta sotto il film di PE pacciamante.

Le piante fresche "cime radicate" sono state messe a dimora il 20 settembre 2010, a file binate, realizzando una densità di 8 piante/m².

Durante il ciclo vegeto-produttivo sono stati effettuati 15 interventi di fertirrigazione, apportando complessivamente: N 200 Kg/ha, P₂O₅ 150, K₂O 300 e chelato di ferro 60. La

copertura dei tunnel multipli è stata eseguita nella seconda decade di novembre con film plastico in PE trasparente additivato con EVA dello spessore di 120 μ .

È stato adottato un disegno sperimentale a parcella suddivisa (split-plot), con unità elementare di 15 m² ripetute 3 volte, nelle file centrali del tunnel, in cui il fattore principale è il trattamento pre-impianto del terreno e quello secondario è l'accessione varietale.

In ciascuna parcella ed in ogni raccolta sono stati pesati i frutti commerciali (frutti integri con diametro >22 mm) e di scarto (frutti piccoli, deformi e affetti da marciumi) ed è stato calcolato il peso medio ponderato di un campione di 20 frutti commerciali scelti in ogni raccolta.

Su un campione di 10 frutti scelti in ogni parcella, durante le raccolte effettuate in febbraio, marzo e aprile sono stati rilevati i seguenti valori:

- la consistenza della polpa (g) dei frutti con penetrometro (mod. Chatillon con puntale di 6 mm di diametro);
- il residuo secco rifrattometrico (°Brix), con rifrattometro digitale (mod. Atago, PR-32 Alpha) per rilevare i solidi solubili totali;
- l'acidità del succo (meq/100 g), utilizzando idrossido di sodio (NaOH) 0,1 N con blu di bromotimolo, come indicatore di viraggio della soluzione (pH 7,8);

I dati sperimentali rilevati sono stati utilizzati per calcolare: la produzione commerciale a pianta raccolta mensilmente e quella totale, il peso medio ponderato mensile e generale; il valore medio del residuo secco rifrattometrico (°Brix), della consistenza della polpa (g), dell'acidità titolabile (meq/100 g di s.f), del contenuto di acido ascorbico (mg/100 g di s.f), della brillantezza (L) e del valore Chroma dei frutti.

I dati sono stati sottoposti all'ANOVA e le medie messe a confronto col test di Duncan.

9.2. Discussione dei Risultati

La percentuale di attecchimento è risultata elevata (98%). Il ritmo di crescita è stato soddisfacente; a dicembre le piante hanno manifestato un buon accostamento in media 1,8 germogli/pianta, in particolare le piante coltivate su terreno disinfestato con cloripicrina ed 1,3 dicloropropene si sono differenziate dalle altre per aver prodotto un maggior numero di germogli/pianta (1,9). In particolare, tra le accessioni in prova si è distinta la selezione PA 10 con 2,1 germogli/pianta (Tab.9.1). L'interazione trattamento del terreno x accessione è risultata significativa all'analisi della varianza, PA 10 coltivata su terreno trattato con metodo chimico e non trattato ha prodotto il maggior numero di germogli (Fig.9.1).

La produzione è sempre stata influenzata dalla due variabili in studio (Tab. 1).

La raccolta è iniziata a metà dicembre, le piante coltivate su terreno trattato con cloropicrina e 1,3 dicloropropene e su quello non trattato si sono differenziati statisticamente da quelle coltivate su terreno solarizzato per aver prodotto in media 16,5 g/pianta e tra le accessioni le più precoci sono state PA 260 (36,7 g/pianta) e Florida Fortuna (31) mentre Candonga ha fornito solo 3,3 g/pianta. In gennaio, febbraio e marzo le piante più produttive sono state quelle coltivate su terreno trattato con cloropicrina + 1,3 dicloropropene, rispettivamente 57, 84,6 e 160,6 g/pianta. Tra le accessioni, a gennaio si è distinta PA 260 (69,7 g/pianta) seguita da Florida Fortuna (56,7 g/pianta); mentre a febbraio e marzo Candonga ha prodotto rispettivamente 112 e 174,8 g/pianta seguita dalla tre selezioni in prova (in media, a febbraio 77,8 e a marzo 172,4 g/pianta). Ad aprile le tesi solarizzate e quelle trattate con metodo chimico sono state le più produttive, in media 91,5 g/pianta, tra le accessioni in prova si sono distinte le due selezioni PA 3 e PA 10 (mediamente 115,9 g/pianta). Nel mese di Maggio la produzione si è ridotta drasticamente, le piante coltivate su suolo solarizzato sono state le più produttive fornendo 28,9 g/pianta; tra le accessioni sono emerse PA 260, Candonga e Florida Fortuna con una media di 29,6 g/pianta. La produzione commerciale totale di frutti più elevata è stata fornita dalle piante coltivate su terreno trattato con cloropicrina+1,3 dicloropropene; tra le accessioni si sono evidenziate le selezioni PA 260 e PA 3 con una produzione complessiva media di 449,7 g/pianta. L'interazione trattamento pre-impianto x accessione è sempre risultata significativa, ed in particolare a dicembre è emersa la sel PA 260 coltivata sia su terreno trattato con metodo chimico che su controllo (in media 43 g/pianta); a gennaio PA 260 sia su terreno trattato con metodo chimico che su controllo e PA 3 su terreno trattato hanno fornito la maggiore produzione, in media 83 g/pianta; a febbraio Candonga coltivata sia su terreno trattato che su controllo è risultata la più produttiva (in media 115 g/pianta); in marzo PA 10 su controllo e Candonga su terreno trattato con cloropicrina + 1,3 dicloropropene sono state le più produttive fornendo in media 204 g/pianta; nel mese di aprile e maggio si sono distinte su terreno trattato rispettivamente Pa 10 con 151 g/pianta) e Fortuna 40,5 g/pianta; complessivamente la maggiore produzione è stata fornita da PA 260 coltivata su terreno trattato con metodo chimico (518 g/pianta) (Tab. 1). Il peso medio dei frutti non è stato influenzato dal trattamento pre-impianto del terreno ma soltanto dalle accessioni in studio, Candonga, Florida Fortuna PA 10 e PA 260 hanno prodotto frutti di peso medio di 21,2 g (Tab.9.2). Il peso medio dei frutti è stato influenzato dall'interazione trattamento pre-impianto x accessione, in particolare sono

emerse Candonga su suolo solarizzato, Florida Fortuna su suolo trattato con cloropicrina + 1,3 dicloropropene e PA 10 indipendentemente dal trattamento del suolo, in media 21,6 g. Le caratteristiche qualitative dei frutti (consistenza della polpa, contenuto in solidi solubili totali e Acidità totale) sono state influenzate dalle due variabili in studio; le piante coltivate su terreno fumigato hanno prodotto i frutti più consistenti (834 g) e più dolci (9,6 °Brix), mentre le piante coltivate su terreno non trattato hanno fornito i frutti con il più elevato contenuto in acidi totali (9,8 meq/100 g). Tra le accessioni Candonga si è distinta per l'elevata consistenza, 902 g e Nora per l'elevato contenuto in solidi solubili totali (10,1 °Brix) e acidità totale (10,7 meq/100 g). L'interazione tra le due variabili è risultata significativa, per la consistenza dei frutti, sono emerse Nora, Candonga, PA 260 e PA 10 coltivate su terreno solarizzato, le tre varietà su terreno trattato con metodo chimico e Florida Fortuna e Candonga su terreno non trattato; per il contenuto in solidi solubili si sono distinte Nora su terreno trattato e solarizzato, PA 3 e PA 10 su terreno solarizzato (Tab.9.2).

9.3. Conclusioni

In Sicilia, la fragolicoltura è concentrata in aziende diretto coltivatrici medio-piccole, con ritorno frequente nello stesso appezzamento (monocoltura) e ripetuti trattamenti chimici al fine di limitare l'incremento della carica dei patogeni. La geodisinfezione può essere attuata anche con l'utilizzo di metodi ecocompatibili, fisici, come la solarizzazione.

Alla luce dei risultati ottenuti dalla prova condotta nel 2010-'11 su terreno precedentemente coltivato a fragola da diversi anni, si può affermare che, in Sicilia, il trattamento chimico cloropicrina + 1,3 dicloropropene risulta il più efficace dal punto di vista produttivo ma la solarizzazione potrebbe essere una valida alternativa. Certamente occorre ricordare che la solarizzazione pone alcuni limiti legati alla necessità di mantenere il terreno libero da coltura per almeno sei a otto settimane, durante il periodo più caldo dell'anno e allo spettro di azione non sempre sufficiente per garantire una ottimale efficacia contro i diversi parassiti vegetali e animali delle colture agrarie. La tipologia di film plastico di colore verde usato in questa ricerca ha permesso di ottenere buoni risultati sia produttivi che qualitativi dei frutti, nonché una riduzione dei problemi legati allo smaltimento della plastica, infatti utilizzando il film trasparente dopo il trattamento deve essere tolto e sostituito con il film plastico nero, mentre questa tipologia viene utilizzata anche per la pacciamatura del suolo.

Anche la scelta varietale e l'individuazione di nuove selezioni rustiche ed adatte all'areale siciliano è di fondamentale importanza, sia per l'ottenimento di produzioni precoci con elevate caratteristiche qualitative ed organolettiche dei frutti che per la tolleranza della pianta ai principali patogeni fungini, che ne permette la coltivazione con tecniche a basso impatto ambientale. In particolare le selezioni PA 10 e 260 sono emerse per la buona precocità e adattabilità anche in terreni non trattati, utilizzando piante fresche "cime radicate", che sono più tolleranti ai patogeni dell'apparato radicale grazie alla "giovinezza" dei tessuti della pianta.

Tab.9.1 - Produzione commerciale mensile e totale dei frutti e numero di germogli /pianta

Trattamento pre-impianto	Accessione	Produzione mensile (g/pianta)							Tot	germogli
		Dic	Gen	Feb	Mar	Apr	Mag			
Solarizzazione		12,6 b	33,4 c	74,5 b	148 c	90,5 a	29 a	388 b	1,7 b	
Cloropicrina+1,3 dicloropropene		16,7 a	57,0 a	84,6 a	161 a	92,5 a	26 b	438 a	1,9 a	
Controllo		16,2 a	44,9 b	75,4 b	155 b	65,4 b	20 c	377 b	1,7 b	
	Candongia	3,3 e	24,2 d	112 a	175 a	69,7 b	29 a	413 c	1,9 b	
	Florida Fortunata	31,0 b	56,7 b	61,2 c	108 c	73,7 b	29 ab	359 d	1,4 d	
	Nora	10,0 c	37,2 c	62,3 c	127 b	54,6 c	20 c	312 e	1,5 d	
	PA 260	36,7 a	69,7 a	81,5 b	170 a	66,9 b	31,0 a	456 a	1,8 c	
	PA 3	4,4 de	54,7 b	75,5 b	170 a	114,1 a	26 b	444,0 ab	1,7 c	
	PA 10	5,4 d	28,0 d	76,4 b	177,0 a	117,7 a	16 d	420 bc	2,1 a	
Interazione Trattamento pre-impianto x Accessione		*	*	*	*	*	*	*	*	

I valori contrassegnati da lettere diverse differiscono per $P \leq 0,05$

* significatività per $P \leq 0,05$

Tab. 9.2 - Caratteristiche qualitative dei frutti

Trattamento	Accessione	Peso medio	Consistenza della polpa (g)	Contenuto in solidi solubili totali (°brix)	Acidità Totale (meq/100 g)
Solarizzazione		20,8 a	834,0 a	9,6 a	8,8 b
Cloropicrina+1,3 dicloropropene		20,7 a	804,4 b	9,1 b	9,0 b
Controllo		20,6 a	744,4 c	8,9 b	9,8 a
	Candongia	21,2 a	902,6 a	8,9 c	9,7 c
	Florida Fortuna	21,1 a	817,2 c	8,8 c	7,8 d
	Nora	19,1 c	859,0 b	10,1 a	10,7 a
	PA 260	21,0 ab	739,7 d	8,9 c	7,7 d
	PA 3	20,5 b	708,6 e	9,3 b	10,1 b
	PA 10	21,4 a	738,3 d	9,2 b	9,3 c
Interazione Trattamento pre-impianto x Accessione		*	*	*	*

I valori contrassegnati da lettere diverse differiscono per $P \leq 0,05$

* significatività per $P \leq 0,05$

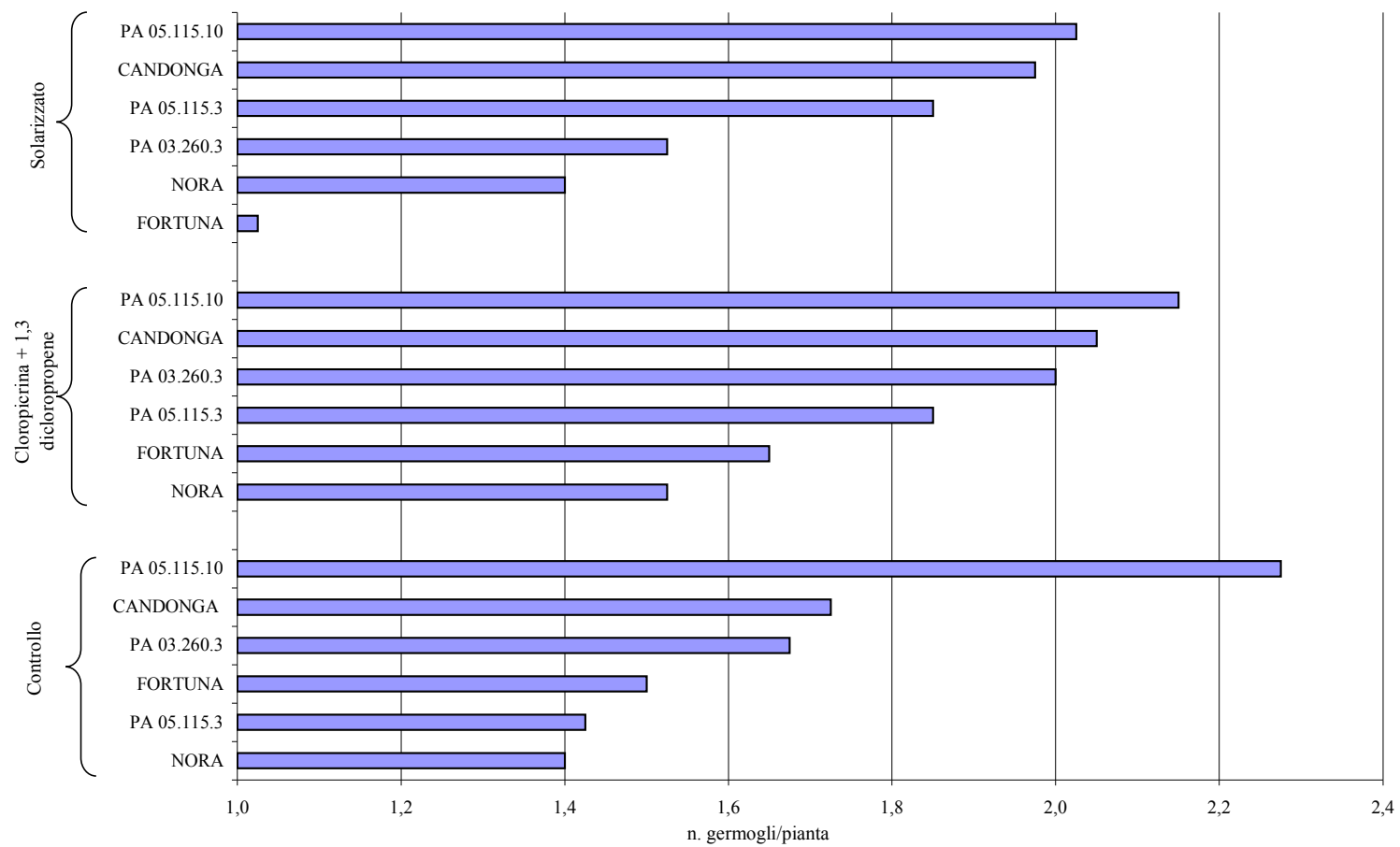


Fig. 9.1- Numero di germogli in funzione del trattamento pre-impianto del terreno e delle accessioni.

Miglioramento della produzione e qualità della fragola: studi varietali e di propagazione in Sicilia

10. Introduzione

Il livello di qualità raggiunto dai frutti di fragola al momento del consumo è fortemente influenzato dal genotipo, dalla tecnica colturale adottata in campo, come pure dalla individuazione dell'epoca ottimale di raccolta e dalla gestione dei frutti nel postraccolta. L'aspetto e le caratteristiche nutrizionali e organolettiche delle fragole sono molto considerati dal consumatore, che preferisce frutti attraenti ed uniformi, con una carica sensoriale ben definita e ricca, corredata da un buon apporto di elementi nutritivi (Testoni e Lovati, 2004). L'attività di breeding, negli ultimi anni, ha portato a decisi miglioramenti delle caratteristiche qualitative della fragola, ma essendo la qualità risultante da numerosi fattori, fra loro interagenti, al fine di massimizzarla occorre coltivare i diversi genotipi nelle aree più vocate e con la tecnica agronomica più idonea (Maltoni *et al.*, 2009). Un esempio è Candonga[®]Sabrosa, che attualmente rappresenta il 60 % dello standard varietale siciliano, è la cultivar che più di altre riesce, se coltivata come pianta fresca, ad unire un'eccellente qualità esteriore del frutto (perfetta forma conico-allungata e colore rosso brillante), un inconfondibile sapore per l'equilibrato rapporto zuccheri/acidi ed una lunga shelf life per l'elevata consistenza e resistenza della superficie alle manipolazioni. Per quel che concerne la tecnica di coltivazione, negli ultimi anni si è assistito ad una continua evoluzione del materiale vivaistico utilizzato negli impianti dei fragoleti (Pagliarani e Faedi, 1995; Lucchi, 2002). In particolare, negli ambienti meridionali, il produttore predilige sempre più la pianta fresca, sia "a radice nuda" che "cima radicata", poiché le condizioni climatiche invernali, piuttosto miti, favoriscono un anticipo di produzione ed un ciclo di fruttificazione più lungo rispetto alle piante frigoconservate (Faedi e Baruzzi, 2002). Studi condotti in Sicilia (D'Anna *et al.*, 2006; 2007; 2010) hanno anche

evidenziato come la pianta fresca fornisca un prodotto qualitativamente migliore, soprattutto in termini di valori di residuo secco rifrattometrico e di consistenza della polpa del frutto rispetto ai frutti delle piante frigoconservate.

Nel presente lavoro vengono illustrate le performance produttive e qualitative dei frutti di nuove selezioni PA ottenute nell'area di Marsala nell'ambito dell'attività di miglioramento genetico, coordinata dal CRA-FRF di Forlì, a confronto con le varietà più diffuse nell'areale siciliano coltivate con due tipologie di piante fresche: “cime radicate” e “a radice nuda”.

10.1. Materiali e Metodo

Lo studio è stato condotto nel 2009-'10, presso i campi sperimentali del Dipartimento dei Sistemi Agro-Ambientali (ex DAAT, sezione di Orticoltura e Floricoltura) a Marsala (TP).

Il protocollo sperimentale ha previsto l'utilizzo di piante fresche “cime radicate” e “a radice nuda” di 3 varietà Candonga® Sabrosa, Naiad® Civ135 e Nora e 3 selezioni: PA 3, PA 8 e PA 10 ottenute dallo stesso incrocio intervartietale e selezionate a Marsala nel 2007.

Si è operato in ambiente protetto, utilizzando tunnel multipli con 10 arcate di 4,5 m (larghezza) x 2,4 m (altezza) x 30 m (lunghezza), su un terreno proveniente dalla trasformazione delle tipiche “sciare” siciliane, costituito da prevalente componente sabbiosa (< 80%), a reazione subalcalina (pH 8,5), con alto calcare attivo (8,8 %), ben dotato di K₂O scambiabile (660 ppm), fosforo (68 ppm), azoto totale (2,0 ‰) e di sostanza organica dovuta all'apporto annuale di vinaccia esausta di distilleria (10 t/ha). L'impianto è stato effettuato su terreno coltivato nell'ultimo biennio a fragola e sottoposto annualmente a geodisinfestazione per *drip fumigation*, con una miscela di cloropicrina (20 g/m²) + 1,3 dicloropropene (20 g/m²), somministrata 30 giorni prima del trapianto. La tecnica colturale adottata è stata quella tipica della coltura protetta di Marsala (D'Anna *et al.*, 2005). In estate il terreno è stato lavorato, livellato e sistemato in prode alte 40 cm, poi pacciamate con film di PE nero, sotto il quale è stato posto l'impianto di irrigazione a microportata.

Le piante fresche “cime radicate” sono state messe a dimora il 23 settembre 2009, a file binate, realizzando una densità di 8 piante/m², mentre quelle “a radice nuda” il 9 ottobre, con una densità di 9 piante/ m².

Durante il ciclo vegeto-produttivo sono stati effettuati 15 interventi di fertirrigazione, apportando complessivamente: N 200 kg ha⁻¹, P₂O₅ 150, K₂O 300 e chelato di ferro 60. La

copertura dei tunnel multipli è stata eseguita nella seconda decade di novembre con film plastico in PE trasparente additivato con EVA dello spessore di 120 μ .

È stato adottato un disegno sperimentale a parcella suddivisa (split-plot), con unità elementare di 15 m² ripetute 3 volte, nelle file centrali del tunnel, in cui il fattore principale è la tipologia di pianta fresca e quello secondario è l'accessione varietale.

In ciascuna parcella ed in ogni raccolta sono stati pesati i frutti commerciali (frutti integri con diametro >22 mm) e di scarto (frutti piccoli, deformi e affetti da marciumi) ed è stato calcolato il peso medio ponderato di un campione di 20 frutti commerciali scelti in ogni raccolta.

Su un campione di 10 frutti scelti in ogni parcella, durante le raccolte effettuate in febbraio, marzo e aprile sono stati rilevati i seguenti valori:

- la consistenza della polpa (g) dei frutti con penetrometro (mod. Chatillon con puntale di 6 mm di diametro);
- il residuo secco rifrattometrico (°Brix), con rifrattometro digitale (mod. Atago, PR-32 Alpha) per rilevare i solidi solubili totali;
- l'acidità del succo (meq/100 g), utilizzando idrossido di sodio (NaOH) 0,1 N con blu di bromotimolo, come indicatore di viraggio della soluzione (pH 7,8);
- il contenuto in acido ascorbico (mg/100g), mediante metodo colorimetrico con strumento digitale Rqflex (Merck), sfruttando il sistema Reflectoquant secondo il principio della riflettanza;
- le caratteristiche colorimetriche dell'epidermide del frutto (L^* = luminosità, a^* = coordinata cromatica rossa, b^* = coordinata cromatica gialla), usando un colorimetro a riflettanza (Minolta mod. Chromater Reflectance II) con apertura del sensore ottico di 8 mm di diametro. Con questi dati è stato poi calcolato il valore di chroma secondo la formula $(a^2 + b^2)^{1/2}$.

I dati sperimentali rilevati sono stati utilizzati per calcolare: la produzione commerciale a pianta raccolta mensilmente e quella totale, il peso medio ponderato mensile e generale; il valore medio del residuo secco rifrattometrico (°Brix), della consistenza della polpa (g), dell'acidità titolabile (meq/100 g di s.f), del contenuto di acido ascorbico (mg/100 g di s.f), della brillantezza (L) e del valore Chroma dei frutti.

I dati sono stati sottoposti all'ANOVA e le medie messe a confronto col test di Duncan.

10.2. Discussione dei Risultati

La raccolta è iniziata nella terza decade di dicembre con le piante fresche “cime radicate”, e dopo 20 giorni con quelle a radice nuda (figura 10.1). Nei mesi di gennaio (71 g/pianta) e febbraio (112) le piante fresche “cime radicate hanno fatto rilevare produzioni doppie rispetto a quelle delle piante fresche a radice nuda, mentre in marzo non ci sono state differenze significative (in media 119) tra le due tipologie di pianta, in aprile le produzioni delle piante a radice nuda sono risultate superiori a quelle delle “cime radicate”; a maggio la produzione si è ridotta notevolmente in entrambe le tipologie di pianta. Complessivamente le piante più produttive sono state quelle “cime radicate” (639 contro 570 g/pianta; tab. 10.1).

Fra le accessioni varietali, la selezione PA 3 è risultata la più precoce (10 giorni prima di Candonga®Sabrosa e Naiad®Civ135, fig. 1), seguita dopo pochi giorni da PA 8 e PA 10. In gennaio la maggiore produzione è stata rilevata in Nora e Naiad®Civ135, rispettivamente con 73 e 65 g/pianta, seguite da PA 8 (58 g/pianta), PA 10 e PA 3 (in media 53 g/pianta), la minor produzione si è registrata nelle piante di Candonga®Sabrosa (44). A febbraio, Candonga®Sabrosa (106 g/pianta) e PA 10 (103) sono risultate le più produttive, seguite da Nora (92), mentre in Naiad®Civ135 (58) si è rilevata la minore resa a pianta. In marzo e aprile, PA 10 confermato elevati valori produttivi, rispettivamente 168 e 370 g/pianta, mentre in maggio si è distinta Naiad®Civ135 con 133 g/pianta, seguita da PA 10 (111). Tutte le altre accessioni hanno fatto rilevare, in quest'ultimo mese, valori produttivi inferiori ai 100 g/pianta. Complessivamente, la selezione PA 10 si è distinta per la maggiore produzione totale (806) seguita da Nora (724), mentre la meno produttiva è risultata PA 8 (509).

L'interazione tra i due fattori allo studio è risultata sempre significativa evidenziando un differente comportamento produttivo delle diverse accessioni coi i due tipi di pianta. Nora e PA 10 come “cima radicata” sono risultate le accessioni più produttive ed in particolare la prima si è distinta per i valori più elevati nel periodo molto precoce (240 g/pianta entro febbraio), mentre da marzo la più produttiva è stata la seconda, che complessivamente ha prodotto 878 g/pianta (fig. 10.2) e la meno produttiva è stata PA 3 “a radice nuda” con solo 426 g. Le piante “a radice nuda” di Candonga®Sabrosa e PA 10 sono state le più tardive, producendo entro gennaio solo 26 e 29 g/pianta. PA 8 è stata l'unica accessione a non aver fatto osservare differenze di produzione fra le due tipologia di pianta.

Per quel che concerne la qualità dei frutti, le piante fresche “a radice nuda” si sono distinte, durante l’intero ciclo produttivo, per i frutti di maggior consistenza, contenuto in solidi solubili totali e colore rosso aranciato brillante. Candonga®Sabrosa e le tre selezioni PA (tab. 2) hanno prodotto frutti di peso medio ponderato superiore ai 21 g, più elevati dei valori medi riscontrati per le piante “cime radicate”; Nora e Naiad®Civ135 quelli con la minor pezzatura. I frutti di PA 3 e Candonga®Sabrosa sono risultati i più consistenti, seguiti da PA 8 e PA 10. Al contrario, Nora e Naiad®Civ135 hanno prodotto frutti con la polpa meno consistente (valori inferiori a 500 g). Per tutti gli altri parametri qualitativi non si sono riscontrate differenze fra i due tipi di piante.

I frutti di PA 3 e PA 8 sono risultati dolci al pari di quelle di Candonga®Sabrosa e Naiad®Civ135. Le stesse accessioni hanno unito anche alti valori di acidità titolabile esprimendo quindi le migliori caratteristiche organolettiche. I frutti di PA 10 e Nora hanno fatto registrare mediamente i valori più bassi di residuo secco rifratto metrico.

Nora si è distinta per il maggior contenuto in acido ascorbico (72 mg/100 g) seguita da Candonga®Sabrosa e Naiad®Civ135. Le tre selezioni PA hanno fatto registrare i più bassi valori di Vitamina C.

La migliore colorazione dei frutti si è registrata in PA 3 seguita da PA 8, mentre Naiad®Civ135 ha presentato frutti non molto brillanti e di tonalità un po’ scura, soprattutto in concomitanza di innalzamenti termici.

L’interazione accessione varietale x tipologia di pianta è risultata sempre significativa, tranne che per il valore di residuo secco rifrattometrico. Naiad®Civ135 e Nora hanno fatto registrare una pezzatura simile nei due tipi di pianta. La maggiore pezzatura del frutto si è registrata nelle piante a radice nuda di PA 10 e PA 3, mentre Candonga®Sabrosa al contrario ha fornito frutti di pezzatura più elevata con le “cime radicate” (fig.10.3). Per quanto riguarda i valori di residuo secco rifrattometrico solo Naiad®Civ135 e Candonga®Sabrosa non hanno fatto registrare differenze fra i due tipi di pianta, mentre per tutte le altre accessioni i frutti più dolci sono risultati quelli della pianta “a radice nuda”. I frutti più consistenti sono stati prodotti dalle piante fresche “a radice nuda” di Candonga®Sabrosa e dalle tre selezioni PA “cime radicate”; Nora indipendentemente dalla tipologia di pianta utilizzata ha fornito i frutti meno consistenti (dati non riportati). PA 8 e PA 3 come pianta fresca “a radice nuda” e Naiad®Civ135 come “cima radicata” hanno fornito i frutti con i migliori rapporti tra residuo secco rifrattometrico ed acidità totale (fig. 10.4). PA 3 indipendentemente dalla tipologia di pianta utilizzata ha fornito i frutti di colore rosso aranciato brillante (dati non riportati).

10.3. Conclusioni

Negli ultimi anni la fragolicoltura siciliana ha conseguito apprezzabili consensi produttivi ed economici grazie alla vocazionalità dell'ambiente climatico, alla buona professionalità raggiunta dagli operatori del settore, al rinnovamento della tecnica colturale e soprattutto delle varietà. Tra le varietà Candonga®Sabrosa, pur non essendo molto precoce e produttiva, è la più coltivata in questo areale poiché, rispetto alle altre varietà ha decisamente migliorato lo standard qualitativo dei frutti.

In questo studio, le piante fresche “cime radicate” hanno confermato la loro precocità con una produzione commerciale apprezzabile già alla fine di dicembre e complessivamente interessanti per le rese raggiunte. Le piante fresche a radice nuda hanno invece fornito i frutti di migliore qualità in termini di dolcezza, consistenza, rapporto zuccheri/acidi e brillantezza della colorazione. Tra le nuove accessioni sono apparse interessanti due selezioni PA, che qui vengono brevemente descritte:

PA 3 – è a maturazione molto precoce, soprattutto facendo ricorso a piante “cime radicate” che ne esaltano anche la produttività; la pianta è rustica e i frutti sono di sapore medio elevato, di bella forma conico-allungata, sempre molto regolare anche nel periodo invernale, di elevata pezzatura; i valori di consistenza, residuo secco rifrattometrico ed acidità non si sono differenziati da quelli di Candonga®Sabrosa. Si è distinta dalle altre accessioni anche per la colorazione del frutto, che è rosso aranciato brillante, anche in concomitanza di innalzamenti termici.

PA 10 – La pianta è risultata molto rustica e produttiva (+ 30% rispetto a Candonga®Sabrosa), soprattutto nel mese di aprile; è mediamente precoce e anticipa solo di qualche giorno Candonga®Sabrosa. Si adatta molto bene ad essere coltivata sia come pianta fresca “a radice nuda” sia come “cima radicata”. I frutti sono di elevata pezzatura, di forma conica, molto regolare, di medie caratteristiche qualitative: la consistenza è inferiore a quella dei frutti di Candonga®Sabrosa, ma superiore ai frutti di Naiad®Civ135 e Nora; i contenuti in solidi solubili totali e di acidità sono risultati simili a quelli di Nora. I frutti sono di colorazione intensa e meno brillante rispetto a quelli di PA 3.

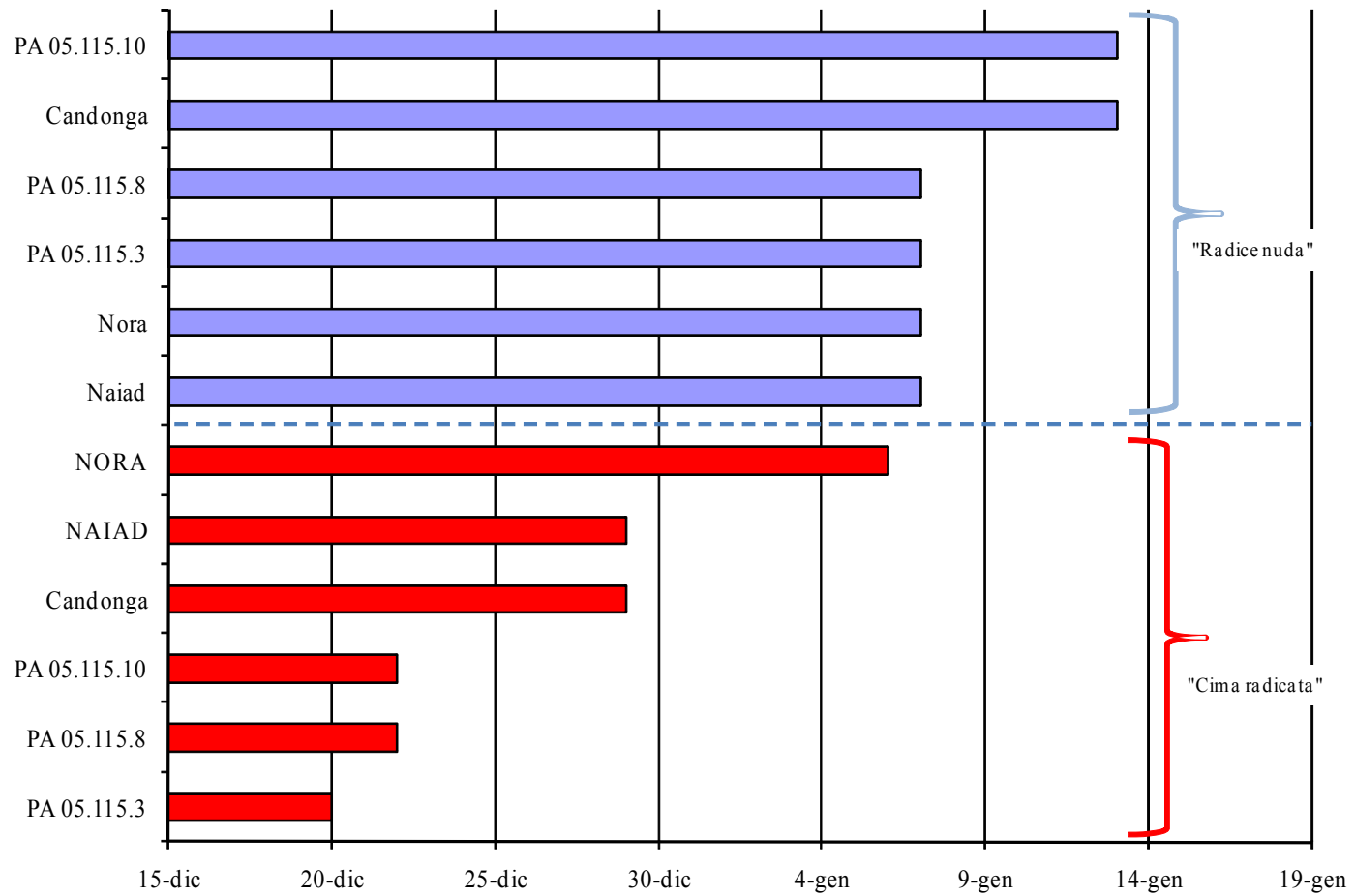


Fig. 10.1 – Data di inizio raccolta delle accessioni varietali in base alla tipologia di pianta fresca

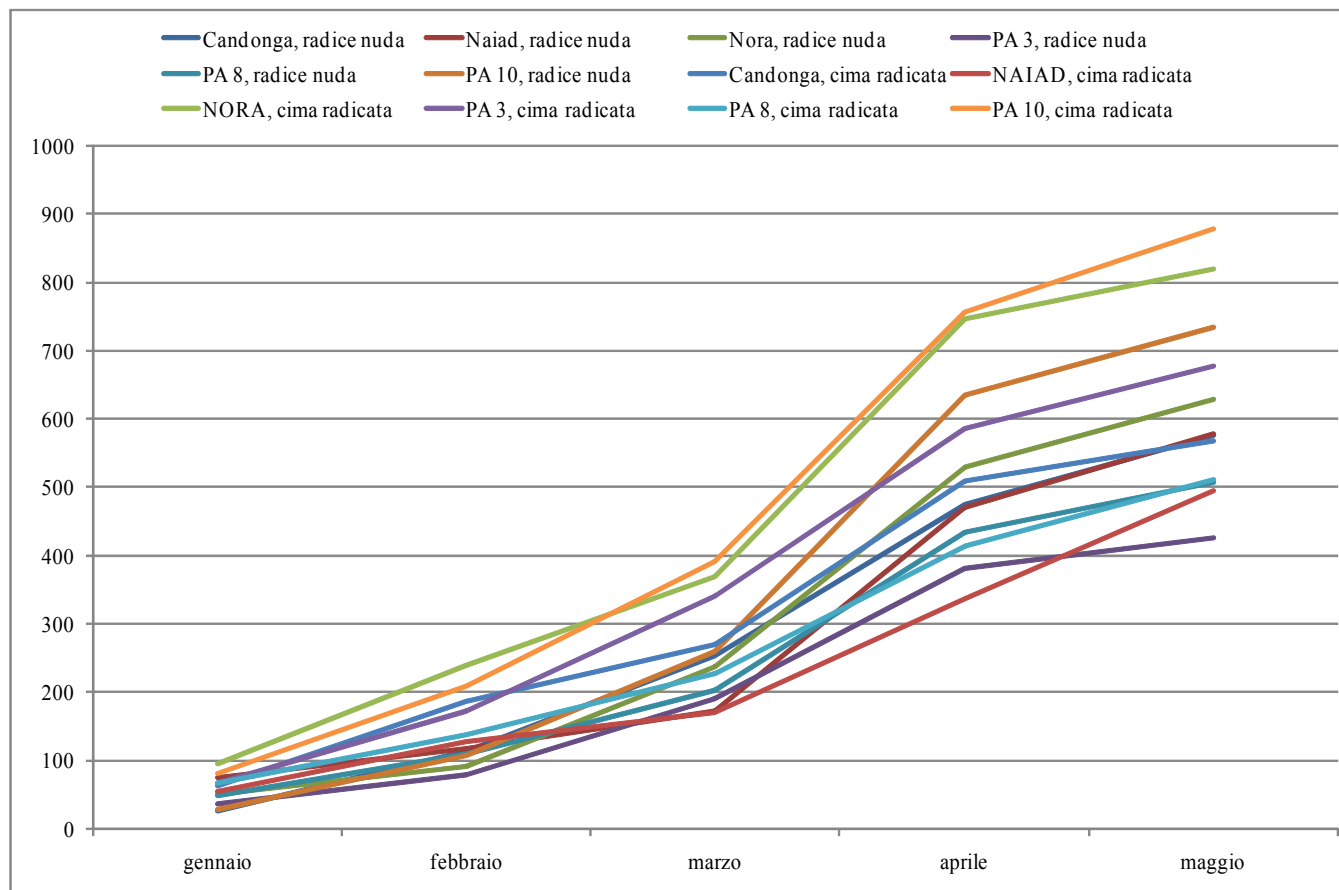


Fig.10.2 – Andamento produttivo delle accessioni varietali in base alle tipologie di pianta

Tab. 10.1 – Marsala, 2009-'10 – Produzione commerciale mensile e totale di 6 accessioni varietali in base alle due tipologie di pianta.

Tipologia pianta	Accessione	Produzione commerciale dei frutti (g/pianta)				
		gennaio	febbraio	marzo	aprile	maggio
<i>cima radicata</i>		71,3 a	111,5 a	117,9 a	240,8 b	97,2 a
<i>a radice nuda</i>		41,4 b	64,6 b	120,4 a	255,6 a	88,0 b
	<i>Candonga</i>	43,8 e	106,0 a	112,4 c	229,7 c	79,6 d
	<i>Naiad</i>	64,7 b	57,6 e	49,3 e	231,5 c	133,4 a
	<i>Nora</i>	73,1 a	92,4 b	138,1 b	334,3 b	85,9 c
	<i>PA 3</i>	51,5 d	74,0 c	140,5 b	217,5 d	68,0 e
	<i>PA 8</i>	57,5 c	65,5 d	91,5 d	209,0 e	85,5 c
	<i>PA 10</i>	54,5 cd	103,0 a	168,0 a	370,0 a	110,5 b
<i>Interazione tipologia pianta x accessione</i>		*	*	*	*	*

I valori contrassegnati da lettere diverse differiscono per $P \leq 0,05$

* significatività per $P \leq 0,05$

Tab. 10.2 - Marsala, 2009-'10 – Caratteristiche qualitative dei frutti delle diverse accessioni in base alle tipologie di pianta.

Tipologia pianta fresca	Accessione	Peso medio ponderato del frutto, g	Consistenza della Polpa, g	Residuo secco rifrattometrico, °brix	Acidità titolabile, meq/100 g	Ac. Ascorbico, mg/100 g	Colore del frutto	
							L	Indice Chroma
<i>cima radicata</i>		20,7 a	560 b	8,4 b	9,4 a	60,9 a	35,9 b	45,3 b
<i>a radice nuda</i>		20,8 a	577 a	8,8 a	9,5 a	57,5 a	36,5 a	46,3 a
	<i>Candongia</i>	21,6 a	622,5 a	8,6 ab	10,1 a	63,2 b	35,8 b	44,7 c
	<i>Naiad</i>	18,6 b	457,0 d	9,1 a	10,0 a	60,0 b	32,8 d	39,3 d
	<i>Nora</i>	19,1 c	492,5 c	8,4 bc	8,5 b	71,7 a	36,6 b	47,1 b
	<i>PA 3</i>	22,0 a	640,5 a	8,6 ab	9,8 a	55,4 c	41,2 a	53,2 a
	<i>PA 8</i>	21,5 a	583,4 b	8,8 ab	10,1 a	53,3 c	36,5 b	46,7 b
	<i>PA 10</i>	21,8 a	565,9 b	8,0 c	9,0 b	52,9 c	34,7 c	46,1 b
<i>Interazione tipologia pianta x accessione</i>		*	*	n.s.	*	*	*	*

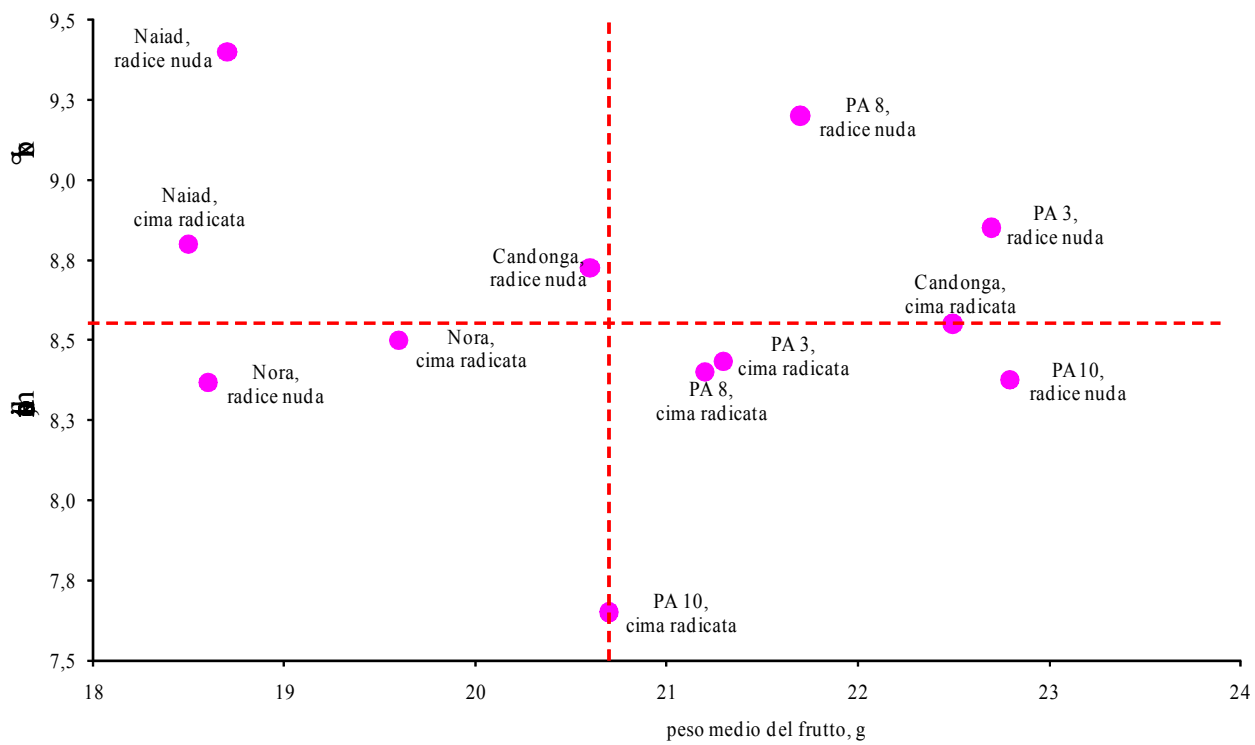


Fig. 10.3 - Marsala, 2009-'10 – Distribuzione in base ai valori di peso medio ponderato e di residuo secco rifrattometrico del frutto delle accessioni varietali/tipologia di pianta

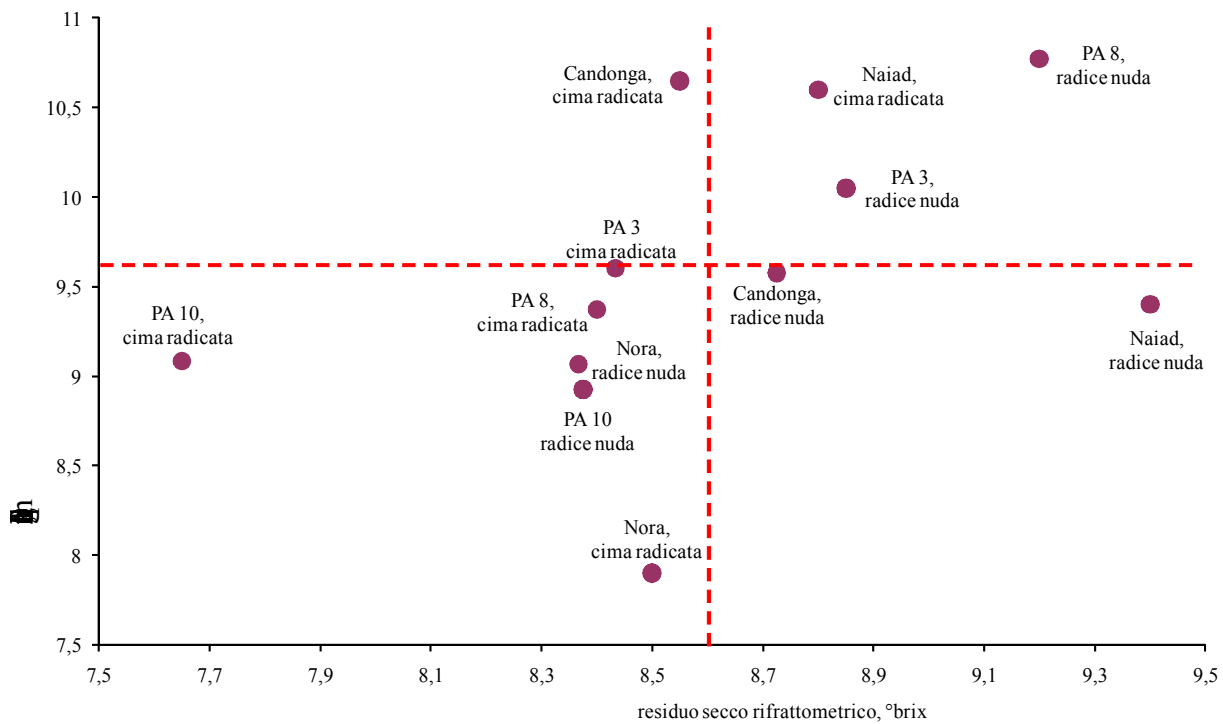


Fig. 10.4 - Marsala, 2009-'10 – Distribuzione in base ai valori di residuo secco rifrattometrico e di acidità totale dei frutti delle accessioni varietali/tipologia di pianta

Qualità organolettica e nutraceutica di fragole prodotte in Sicilia

11. Introduzione

La fragola grazie all'attrattività del suo aspetto, al gusto e all'aroma è uno dei frutti preferiti dal consumatore. L'aspetto dei frutti è un elemento comune di valutazione di tutti i soggetti della filiera e componenti come forma, colore, caratteristiche organolettiche (contenuto in solidi solubili e acidità titolabile), consistenza e freschezza, uniti ad un buon contenuto in sostanze antiossidanti, sono attualmente i parametri oggettivi considerati per la determinazione della qualità delle fragole (Lovati *et al.*, 2000; Arcuti *et al.*, 2001; Nuzzi *et al.*, 2002; Avitabile Leva *et al.*, 2003). Le attese dei consumatori verso alimenti sani e genuini, contenenti sostanze volte ad accrescere il benessere fisico con valenza farmaceutico-terapeutica, sono notevolmente cresciute anche sulla spinta dei “*media*” che estrapolano ed enfatizzano risultati di studi clinico-dietologici su singoli composti (Sansavini, 2003). I composti antiossidanti comprendono una vasta gamma di elementi chimici che, presenti in quantità limitata rispetto a un substrato ossidabile, ne ritardano o prevengono i processi ossidativi. Molte di queste molecole hanno dimostrato effetti protettivi nei confronti del danno cellulare determinato dai radicali liberi e quindi un effetto chemio-protettivo nei confronti del rischio associato a diverse malattie dell'uomo, quali tumori ed ipertensione. Gli effetti benefici determinati dal consumo di prodotti ortofrutticoli sono dovuti alla contemporanea presenza di una miscela di composti antiossidanti che svolgono un'attività sinergica tra loro; nella fragola, l'azione antimutagena e anticancerogena è imputabile all'alto contenuto di vitamina C fino a 80 mg/100 g), alla presenza di polifenoli (circa 200 mg/100 g), con la loro capacità antiradicalica e di un acido fenolico, quale l'acido ellagico (Mariani Costantini *et al.*, 1999; Moore e Sistrunk, 1980).

La scelta del materiale genetico è quella che più di ogni altra condiziona la qualità nutraceutica dei frutti ma essa è influenzata anche dalle condizioni di coltivazione

(ambiente e tecniche agronomiche), dal periodo di maturazione, dalle condizioni pre e post raccolta, dalla shelf life e dal tipo di trasformazione (Cao et al., 1995; Connor et al., 2002; Prior *et al.*, 1998; Proteggente *et al.*, 2002; Wang *et al.*, 1996).

Le ricerche in atto in Italia (Scalzo *et al.*, 2003; Battino *et al.*, 2004; Capocasa *et al.*, 2008) sulla capacità antiossidante di differenti genotipi coltivati sembrano mettere in luce interessanti e significative differenze quantitative che possono concorrere a promuovere una nuova immagine positiva di questo frutto.

La ricerca ha avuto come scopo la caratterizzazione qualitativa dei frutti di fragola ottenuti in ambiente protetto da piante fresche “cime radicate” delle varietà Nora e Candonga®Sabrosa.

11.1. Materiali e metodo

Si è operato in campi sperimentali costituiti in Sicilia, nel marsalese. Sono state valutate le caratteristiche qualitative e nutraceutiche di due cultivar: Nora, diffusa nel 2009 nell’ambito del programma pubblico di miglioramento genetico, è precoce, la pianta è rustica con frutti dolci, di buon sapore e di forma conica, molto regolare di colorazione rosso-aranciata brillante è adatta all’impianto autunnale con pianta fresca; Candonga, di origine spagnola, apprezzata dai consumatori per le eccezionali caratteristiche qualitative ed organolettiche dei frutti (elevata dolcezza e notevole consistenza della polpa che consente una lunga shelf life).

Si è operato in coltura protetta, presso l'azienda Amato, sono state utilizzate piante fresche messe a dimora nella prima decade di ottobre, con una densità di 9 piante/m². Le varietà sono state messe a dimora adottando schemi sperimentali a blocco randomizzato con parcelle di 20 piante ripetute 4 volte.

Durante la fase centrale della raccolta (febbraio, marzo, aprile), sono stati campionati 20 frutti maturi da ciascuna tesi e varietà, al fine di eseguire le seguenti analisi/determinazioni:

- consistenza della polpa (g), con penetrometro (mod. Ametek) dotato di puntale a stella, di 6 mm di diametro;
- residuo secco rifrattometrico (°Brix), con rifrattometro digitale (mod. Atago, PR-32 Alpha) per rilevare i solidi solubili totali;
- acidità titolabile (meq/100g), con titolatore automatico (702 SM Titrimo, Metrom), titolazione con NaOH 0,1 N a pH 7;

- caratteristiche colorimetriche dell'epidermide del frutto (L^* = luminosità, a^* = coordinata cromatica rossa, b^* = coordinata cromatica gialla), usando un colorimetro a riflettanza (mod. Minolta Chroma Meter CR-200) con apertura del sensore ottico di 8 mm di diametro. Con questi dati è stato poi calcolato il valore di chroma secondo la formula $(a^2 + b^2)^{1/2}$;
- contenuto in acido ascorbico (mg/100g), mediante metodo colorimetrico con strumento digitale Rqflex (Merck), sfruttando il sistema Reflectoquant secondo il principio della riflettanza.

Su un campione di 10 frutti raccolti nel mese di marzo in ogni parcella, poi subito congelato alla temperatura di -80°C , successivamente liofilizzato, sono state determinate le seguenti analisi nutraceutiche:

attività antiossidante ($\mu\text{molTE/g}$ di sostanza fresca), mediante biosaggio TEAC (Trolox equivalent antioxidant capacity) che si basa sulla decolorazione di una soluzione contenente il catione radicalico $\text{ABTS}^{\cdot+}$ che in presenza di molecole antiossidanti si riduce a catione non radicalico ABTS^+ . La lettura spettrofotometrica avviene a 734 nm; la determinazione quantitativa è stata fatta sulla base di una curva di calibrazione ottenuta misurando la percentuale di inibizione di diverse soluzioni a concentrazione nota dell'antiossidante sintetico Trolox (Wang H. *et al.*, 1996);

contenuto in polifenoli (mgGAE/g), mediante reattivo di Folin-Ciocalteau e lettura spettrofotometrica a 750nm (Slinkard e Singleton, 1977); la determinazione quantitativa è stata fatta sulla base di una curva di calibrazione ottenuta da uno standard di acido gallico a concentrazioni note;

I dati ottenuti sono stati sottoposti all'analisi della varianza (LSD test; $p < 0,05$).

11.2. Discussione dei Risultati

Nora e Candonga[®]Sabrosa sono varietà molto richieste dai consumatori siciliani poiché uniscono all'elevata attrattività del frutto anche un buon sapore.

Dalla caratterizzazione qualitativa dei frutti è emerso che le due accessioni in studio si distinguono per l'elevato contenuto in solidi solubili totali ma quelli di Candonga[®]Sabrosa sono più consistenti, caratteristica che ne permette una maggiore shelf life.

Le due varietà, quindi, non hanno mostrato differenze significative per quanto riguarda il contenuto in solidi solubili totali, con valori medi di $9,3^{\circ}\text{Brix}$, entrambe hanno fatto rilevare un equilibrato rapporto tra solidi solubili e acidi totali, pari rispettivamente a 0,9 per Candonga[®]Sabrosa ($9,2^{\circ}\text{Brix}$ e $10,6 \text{ meq}/100 \text{ g s.f.}$) e a 0,8 per Nora ($9,3^{\circ}\text{brix}$ e $11,5$

meq/100 g), mentre in quelle di Nora l'elevato contenuto zuccherino rende il rapporto dolcezza/acidità preponderante verso il dolce. I frutti di Candonga® Sabrosa sono risultati più consistenti, 714 g, mentre Nora ha confermato il carattere negativo della maggiore sofficità della polpa, 575 g, che causa maggiori danni per manipolazione, trasporto e una riduzione della conservabilità. Riguardo al colore della superficie dei frutti entrambe le varietà hanno prodotto frutti di colore rosso aranciato (Indice Chroma, in media 46,4) ma quelli di Nora si sono distinti per la maggiore brillantezza (L pari a 37,8).

Il crescente interesse del consumatore verso l'aspetto salutistico della sua dieta alimentare, ha fatto sì che oggi la qualità abbia assunto un significato ancora più ampio, comprensivo del valore nutraceutico del frutto, per la presenza di composti bioattivi che hanno ripercussioni positive sulla salute. La capacità antiossidante più elevata è stata rilevata nei frutti di Candonga (13,31 micromoli Trolox /g s.f), che hanno fatto osservare anche il maggior contenuto in polifenoli (1,89 mgGAE/g s.f) mentre Nora con una CAT di 10,9 micromoli Trolox /g s.f ha fatto rilevare il maggior contenuto in Vitamina C, 48 mg/100 g s.f.

11.3. Conclusioni

L'incremento del livello di antiossidanti nei frutti, attraverso il miglioramento genetico o le biotecnologie, è un'importante strategia per poter incrementare l'apporto di antiossidanti, specialmente quando il consumo di frutti è basso. Se alle componenti nutrizionali si uniscono anche elevate qualità organolettiche del frutto, queste ultime potrebbero incentivarne il consumo a favore del miglioramento della salute del consumatore.

Nora e Candonga® Sabrosa sono varietà molto richieste dai consumatori siciliani poiché uniscono all'elevata attrattività del frutto anche un buon sapore.

Dalla caratterizzazione qualitativa dei frutti è emerso che le due accessioni in studio si distinguono per l'elevato contenuto in solidi solubili totali ma quelli di Candonga® Sabrosa sono più consistenti, caratteristica che ne permette una maggiore shelf life. Quest'ultima varietà ha fatto osservare anche un'attività antiossidante (CAT) ed un contenuto in polifenoli più elevati rispetto a Nora, anche se quest'ultima ha prodotto i frutti con il maggior contenuto in acido ascorbico (Vitamina C).

Tab. 11.1 - Marsala - Analisi Qualitative e nutraceutiche

Varietà	consistenza (g)	RSR (°brix)	Acidità Titolabile (meq/100 g)	Rapporto zuccheri-acidi	L	Chroma	DE	Dp%	CAT (micromol TE/g s.f)	TPH (mg GAE/g di s.f.)	Vit C (mg/100 g)
Nora	575 b	9,3 a	11,54 a	0,81 b	37,8 a	46,7 a	1,9 a	4,3 a	12,5 b	0,8 b	39,5 b
Candongia	714 a	9,2 a	10,57 b	0,87 a	36,3 b	46,0 a	0,9 b	2,7 b	17,3 a	1,5 a	55,8 a

I valori contrassegnati da lettere diverse differiscono per $P \leq 0,05$

Aspetti qualitativi e produttivi di nuove varietà di Fragola prodotte in Sicilia

12. Introduzione

L'aspetto e le caratteristiche nutrizionali e organolettiche delle fragole sono molto considerati dal consumatore, che preferisce frutti attraenti ed uniformi, con una carica sensoriale ben definita e ricca, corredata da un buon apporto di elementi nutritivi (Testoni e Lovati, 2004). L'attività di breeding, ha portato a decisi miglioramenti delle caratteristiche qualitative della fragola, al fine di massimizzarle occorre coltivare i diversi genotipi nelle aree più vocate e con la tecnica agronomica più idonea (Maltoni *et al.*, 2009). Per quel che concerne la tecnica di coltivazione, negli ultimi anni si è assistito ad una continua evoluzione del materiale vivaistico utilizzato negli impianti dei fragoleti (Pagliarani e Faedi, 1995; Lucchi, 2002). In particolare, negli ambienti meridionali, il produttore predilige sempre più la pianta fresca, poiché le condizioni climatiche invernali, piuttosto miti, favoriscono un anticipo di produzione ed un ciclo di fruttificazione più lungo rispetto alle piante frigoconservate (Faedi e Baruzzi, 2002). Studi condotti in Sicilia (D'Anna *et al.*, 2006; 2007; 2010) hanno anche evidenziato come la pianta fresca fornisca un prodotto qualitativamente migliore, soprattutto in termini di valori di residuo secco rifrattometrico e di consistenza della polpa del frutto rispetto ai frutti delle piante frigoconservate.

Nel presente lavoro vengono illustrate le performance produttive e qualitative dei frutti di quattro selezioni ottenute nell'area di Marsala nell'ambito dell'attività di miglioramento genetico, coordinata dal CRA-FRF di Forlì, a confronto con le varietà più diffuse nell'areale siciliano: Nora e Candonga® Sabrosa coltivate con la tipologia di pianta fresca "a radice nuda".

12.1. Materiali e metodo

Lo studio è stato condotto nel 2009-'10, presso i campi sperimentali del Dipartimento dei Sistemi Agro-Ambientali, S.Ag.A. a Marsala (TP).

Il protocollo sperimentale ha previsto l'utilizzo di piante fresche "a radice nuda" di 2 varietà Candonga® Sabrosa e Nora e 4 selezioni: la PA 05.115.03, la PA 05.115.08 e PA 05.115.10, ottenute dall'incrocio tra Nora e Candonga; e la PA 04.228.04 risultato dall'incrocio fra Ventana e Nora; selezionate a Marsala nel 2007.

Si è operato in ambiente protetto, utilizzando tunnel multipli con 10 arcate di 4,5 m (larghezza) x 2,4 m (altezza) x 30 m (lunghezza), su un terreno proveniente dalla trasformazione delle tipiche "sciare" siciliane, costituito da prevalente componente sabbiosa (< 80%), a reazione subalcalina (pH 8,5), con alto calcare attivo (8,8 %), ben dotato di K₂O scambiabile (660 ppm), fosforo (68 ppm), azoto totale (2,0 ‰) e di sostanza organica dovuta all'apporto annuale di vinaccia esausta di distilleria (10 t/ha). L'impianto è stato effettuato su terreno coltivato nell'ultimo biennio a fragola e sottoposto annualmente a geodisinfestazione per *drip fumigation*, con una miscela di cloropicrina (20 g/m²) + 1,3 dicloropropene (20 g/m²), somministrata 30 giorni prima del trapianto. La tecnica colturale adottata è stata quella tipica della coltura protetta di Marsala (D'Anna *et al.*, 2005). In estate il terreno è stato lavorato, livellato e sistemato in prode alte 40 cm, poi pacciamate con film di PE nero, sotto il quale è stato posto l'impianto di irrigazione a microportata.

Le piante fresche "a radice nuda" sono state messe a dimora l'08 ottobre, a file binate, realizzando una densità di 9 piante/ m².

Durante il ciclo vegeto-produttivo sono stati effettuati 15 interventi di fertirrigazione, apportando complessivamente: N 200 Kg/ha, P₂O₅ 150, K₂O 300 e chelato di ferro 60. La copertura dei tunnel multipli è stata eseguita nella seconda decade di novembre con film plastico in PE trasparente additivato con EVA dello spessore di 120 µ.

È stato adottato un disegno sperimentale a blocco randomizzato, con unità elementare di 15 m² ripetute 3 volte.

In ciascuna parcella ed in ogni raccolta sono stati pesati i frutti commerciali (frutti integri con diametro >22 mm) e di scarto (frutti piccoli, deformi e affetti da marciumi) ed è stato calcolato il peso medio ponderato di un campione di 20 frutti commerciali scelti in ogni raccolta.

$$PMP = \sum \frac{f \cdot p}{P}$$

Dove: f = peso medio dei frutti rilevato ad ogni raccolta

p = produzione a pianta di ogni raccolta

P = produzione complessiva a pianta $\sum p$;

Su un campione di 10 frutti scelti in ogni parcella, durante le raccolte effettuate in gennaio febbraio, marzo e aprile sono stati rilevati i seguenti valori:

- la consistenza della polpa (g) dei frutti con penetrometro (mod. Chatillon con puntale di 6 mm di diametro);
- il residuo secco rifrattometrico ($^{\circ}$ Brix), con rifrattometro digitale (mod. Atago, PR-32 Alpha) per rilevare i solidi solubili totali;
- l'acidità del succo (meq/100 g), utilizzando idrossido di sodio (NaOH) 0,1 N con blu di bromotimolo, come indicatore di viraggio della soluzione (pH 7,8);
- il contenuto in acido ascorbico (mg/100g), mediante metodo colorimetrico con strumento digitale Rqflex (Merck), sfruttando il sistema Reflectoquant secondo il principio della riflettanza;
- le caratteristiche colorimetriche dell'epidermide del frutto (L^* = luminosità, a^* = coordinata cromatica rossa, b^* = coordinata cromatica gialla), usando un colorimetro a riflettanza (Minolta mod. Chromater Reflectance II) con apertura del sensore ottico di 8 mm di diametro. Con questi dati è stato poi calcolato il valore di chroma secondo la formula $(a^2 + b^2)^{1/2}$

Nel mese di marzo è stato raccolto un campione di 10 frutti per ogni parcella. Ogni campione è stato subito congelato alla temperatura di -80°C e successivamente liofilizzato e sottoposto alle seguenti analisi nutraceutiche:

- attività antiossidante ($\mu\text{molTE/g}$ di sostanza fresca), mediante biosaggio TEAC (Trolox equivalent antioxidant capacity) che si basa sulla decolorazione di una soluzione contenente il catione radicalico ABTS $^{\cdot+}$ che in presenza di molecole antiossidanti si riduce a catione non radicalico ABTS $^+$. La lettura spettrofotometrica avviene a 734 nm; la determinazione quantitativa è stata fatta sulla base di una curva di calibrazione ottenuta misurando la percentuale di inibizione di diverse soluzioni a concentrazione nota dell'antiossidante sintetico Trolox (Wang H. *et al.*, 1996)
- contenuto in polifenoli (mgGAE/g), mediante reattivo di Folin-Ciocalteu e lettura spettrofotometrica a 750nm (Slinkard e Singleton, 1977); la determinazione quantitativa è stata fatta sulla base di una curva di calibrazione ottenuta da uno standard di acido gallico a concentrazioni note;

I dati sperimentali rilevati sono stati utilizzati per calcolare: la produzione commerciale a pianta raccolta mensilmente e quella totale, il peso medio ponderato generale; il valore medio del residuo secco rifrattometrico (°Brix), della consistenza della polpa (g), dell'acidità titolabile (meq/100 g di s.f), del contenuto di acido ascorbico (mg/100 g di s.f), l'attività antiossidante ($\mu\text{molTE/g}$ di sostanza fresca), il contenuto in polifenoli (mgGAE/g), la brillantezza (L) ed il valore Chroma dei frutti.

I dati sono stati sottoposti all'ANOVA e le medie messe a confronto col test di Duncan.

La raccolta si è conclusa il 13 maggio.

12.2. Discussione dei Risultati

La produzione ha avuto inizio nella prima metà di gennaio. La produzione di tutte le tesi, in genere, ha avuto un andamento crescente dal mese di gennaio ad aprile, mentre successivamente si è verificato un calo produttivo, a causa delle alte temperature che sono state registrate soprattutto a partire da maggio all'interno dei tunnel.

Nel mese di gennaio si è distinta Nora (51g/pianta), seguita dalla selezione Pa 05.115.8 (48g/pianta), Candonga ha prodotto meno, solo 26 g/pianta, ma la sua produttività si è meglio estrinsecata nel mese di febbraio, ove si è dimostrata la più produttiva fra le due varietà (87g/pianta) in prova; per ciò che concerne le selezioni la più produttiva a febbraio è risultata la PA 04.228.4 (105g/pianta), seguita dalla PA 05.115.10. A marzo, periodo di maggior interesse per i produttori siciliani, fra le selezioni la più produttiva è stata nuovamente la PA 05.115.10 (153g/pianta), anche la PA 04.228.4 (144 g/pianta), non ha manifestato cali produttivi, fenomeno a cui è andata invece incontro Candonga. Anche ad aprile Candonga ha prodotto meno fra le accessioni in prova, insieme alla selezione PA 05.115.3. Quest'ultima selezione anche a maggio ha prodotto circa la metà delle accessioni in prova (45g/pianta), le quali tranne la PA 04.228.4 si sono mantenute su una produzione di circa 100 g/pianta. (fig.12.1)

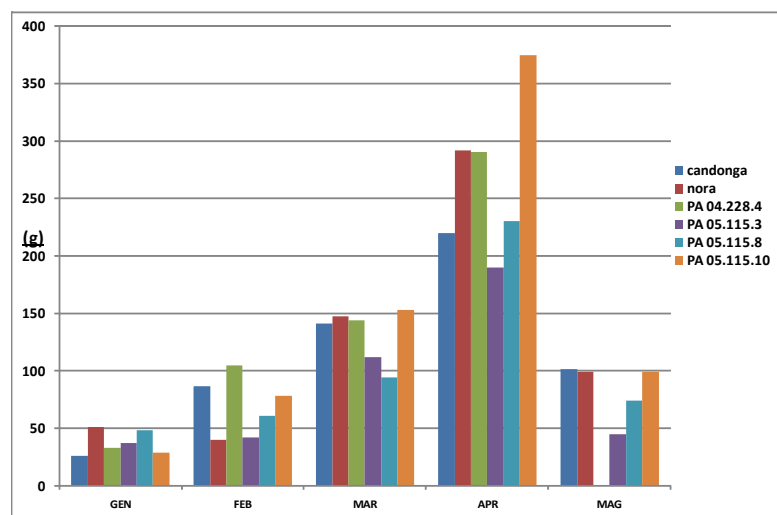


fig. 12.1 – Andamento mensile della produzione commerciale in funzione delle accessioni

Nella combinazione tra peso medio generale dei frutti e la produzione commerciale molto importante ai fini di poter ottenere produzioni elevate con frutti di grossa pezzatura le varietà in prova hanno fatto rilevare produzioni superiori alla media (574 g), così come le accessioni PA 04.228.4 e PA 05.115.10, queste ultime, inoltre, hanno anche prodotto frutti con peso medio superiore ai 21,5 g, rispetto alle due varietà il cui peso medio è risultato minore. Le altre due selezioni hanno invece prodotto frutti con pesi medi elevati (>21g) ma con produzione commerciale totale inferiore alla media.

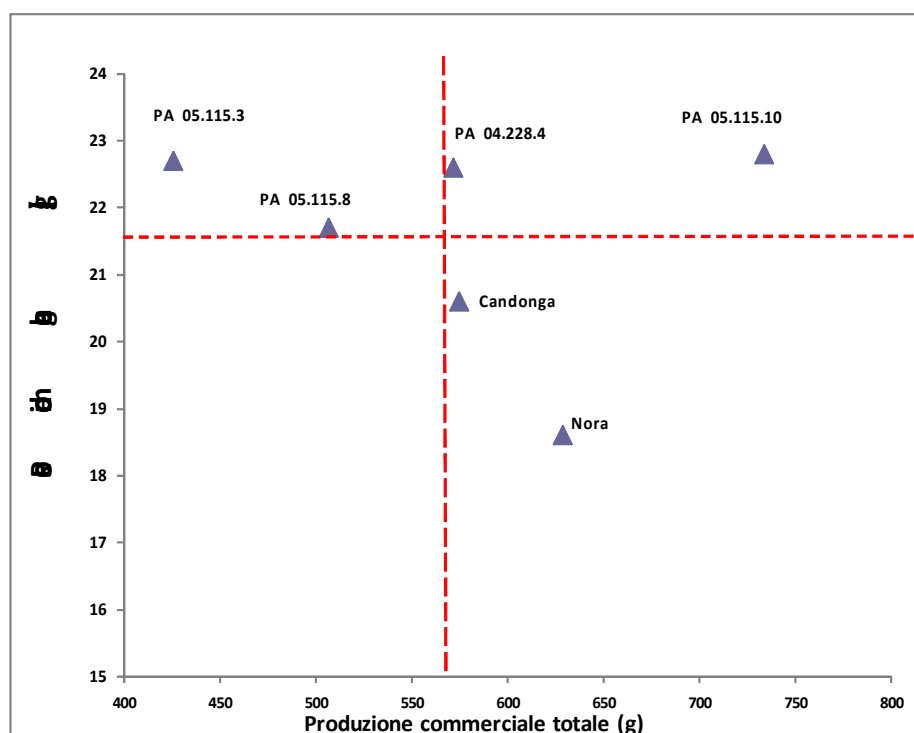


Fig 12.2 Peso medio generale dei frutti (g) – Produzione commerciale totale (g/pianta)

Dopo la raccolta sono state analizzate alcune caratteristiche dei frutti commerciabili.

Tab 12.1– Caratteristiche qualitative dei frutti in funzione dell'accessione.

Accessione	Consistenza della polpa al penetrometro, g	Residuo secco rifrattometrico, °Brix	Acidità titolabile, meq/100g	L	Indice Chroma
Candongga	754,99 <i>b</i>	8,71 <i>bc</i>	9,59 <i>bc</i>	36,29 <i>c</i>	46,01 <i>c</i>
Nora	508,16 <i>e</i>	8,39 <i>c</i>	9,09 <i>c</i>	36,50 <i>c</i>	46,57 <i>c</i>
PA 04.228.4	828,83 <i>a</i>	9,50 <i>a</i>	10,08 <i>ab</i>	38,60 <i>b</i>	48,52 <i>b</i>
PA 05.115.3	599,92 <i>c</i>	8,88 <i>ac</i>	10,08 <i>ab</i>	42,70 <i>a</i>	54,35 <i>a</i>
PA 05.115.8	555,87 <i>d</i>	9,20 <i>ab</i>	10,79 <i>a</i>	37,02 <i>c</i>	47,52 <i>bc</i>
PA 05.115.10	524,91 <i>de</i>	8,39 <i>c</i>	8,91 <i>c</i>	34,91 <i>d</i>	47,03 <i>bc</i>

i valori contrassegnati da lettere diverse differiscono per $P \leq 0,05$

Fra le varietà la più consistente è risultata Candonga (755 g), mentre fra le selezioni la PA. 04.228.4 (828 g) e la PA. 05.115.3 (600 g) sono risultate idonee alla commercializzazione. L'accessione meno consistente è stata Nora (508 g). (fig. 12.3)

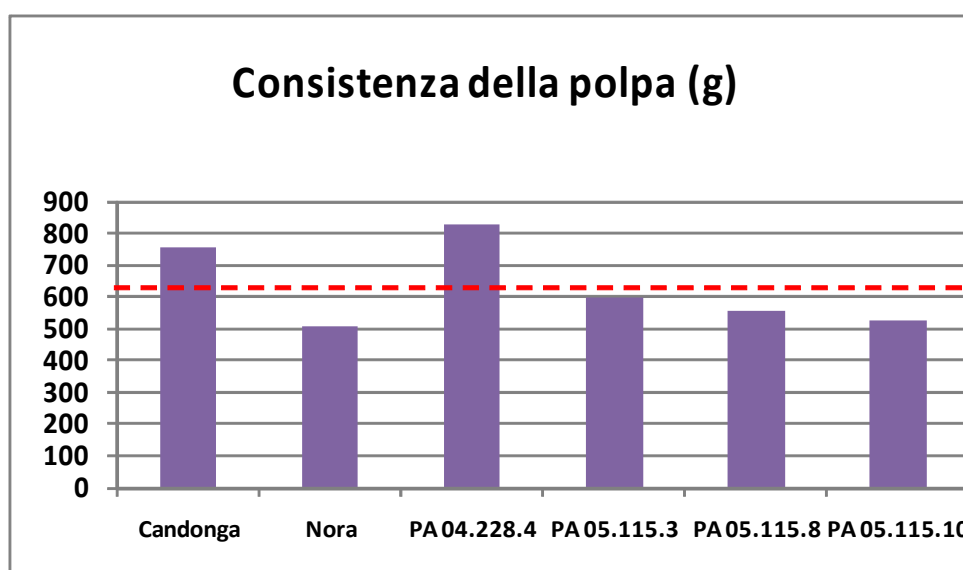


Fig 12.3 Consistenza della polpa al penetrometro (g) in funzione delle diverse accessioni

Dalla misurazione del residuo secco rifrattometrico, al fine di saggiare il gradimento da parte del consumatore. Tre sono state le selezioni superiori alla media (8,5°Brix): la PA 04.228.4 (9,5), la PA 05.115.8 (9,2) e la PA 05.115.3 (8,8). Seguite da Candonga (8,7), mentre Nora e la PA 05.115.10 (8,4) sono risultate al di sotto.(fig 12.4)

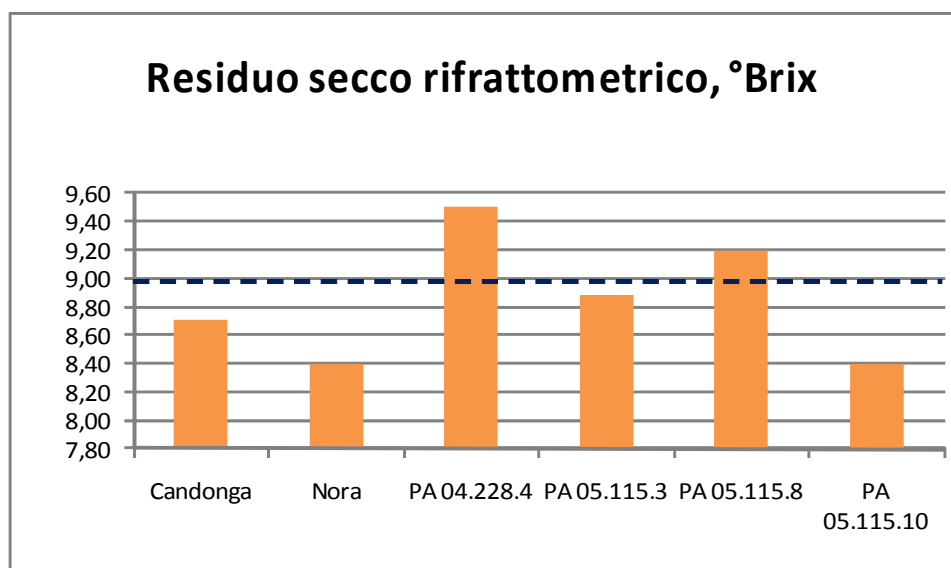


Fig. 12.4– RSR dei frutti delle accessioni in prova

Combinando i valori di residuo secco rifrattometrico e quelli di consistenza solo la selezione PA.04.228.4 ha realizzato per entrambi i parametri valori pregevoli. Delle due varietà in prova: Nora ha prodotto frutti meno consistenti e zuccherini rispetto a Candonga, mentre le altre selezioni hanno assunto valori compresi fra i loro parentali. (Fig.12.5)

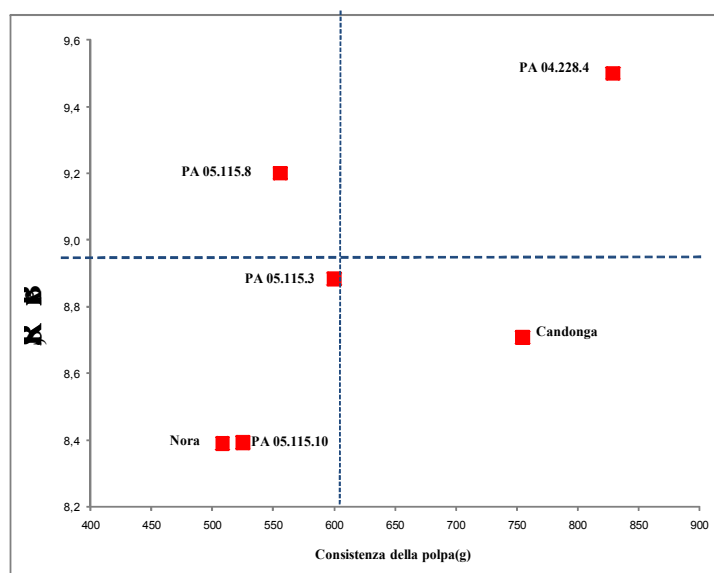


Fig.12.5-Consistenza e RSR

Per quanto riguarda le dimensioni e la dolcezza dei frutti le selezioni PA 05.115.3, PA 05.115.8 e PA .04.228.4 hanno realizzato valori superiori alle medie (21,5g e 8,84). Fra le due varietà Candonga ha prodotto frutti di buon grado zuccherino (8,7) ma con minor peso medio, mentre Nora ha prodotto frutti superiori ai 22 g ma con minor grado zuccherino.

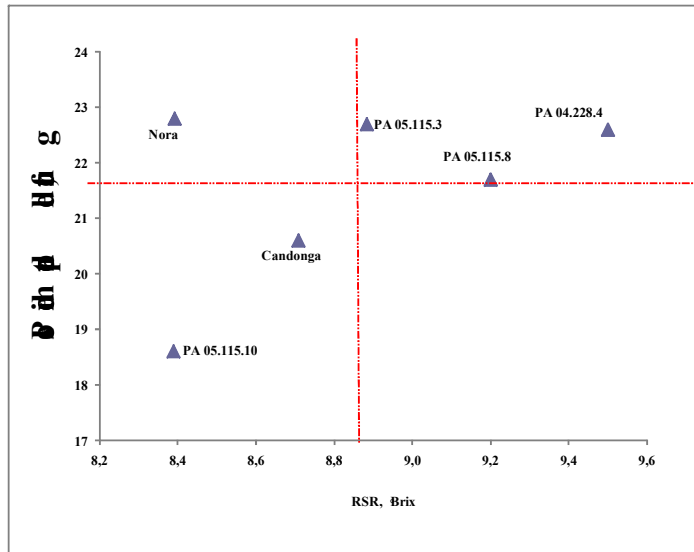


Fig. 12.6 – Peso medio ponderato del frutto e RSR in funzione dell'accessione

Per ciò che concerne l'acidità dei frutti tre sono state le accessioni superiori alla media (9,76): la PA 05.115.8, la PA 05.115.3 e la PA 04.228.4, seguite dalla due varietà e per ultimo dalla PA 05.115.10 (8,9). (Fig.12.7)

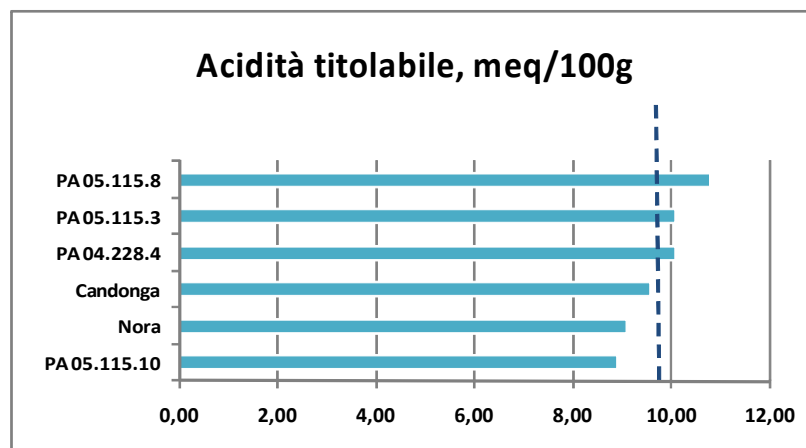


Fig.12.7- Acidità totale dei frutti (meq/100 g s.f).

Le selezioni PA05.115.8, nella 05.115.3 e nella PA 04.228.4, hanno dimostrato di avere un buon rapporto zuccheri/acidi mentre per la PA 05.115.10 si notano valori al di sotto anche delle due varietà.

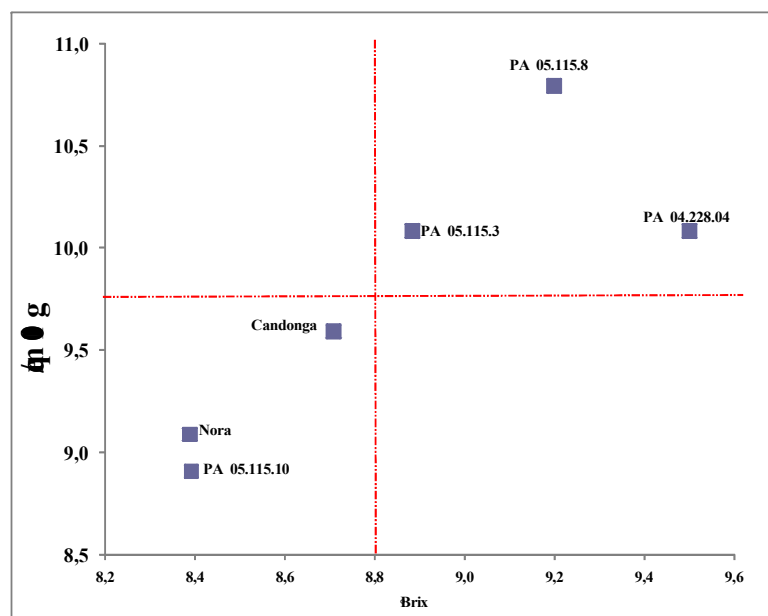


Fig.12.8 – Residuo secco rifrattometrico e acidità totale del frutto in funzione dell'accessione.

Per ciò che concerne il colore si distinguono la PA 05.115.3 e la PA 04.228.4 con valori più alti di indice Chroma, mentre per le altre accessioni in studio si sono registrati valori più bassi sia di brillantezza che di Indice Chroma.

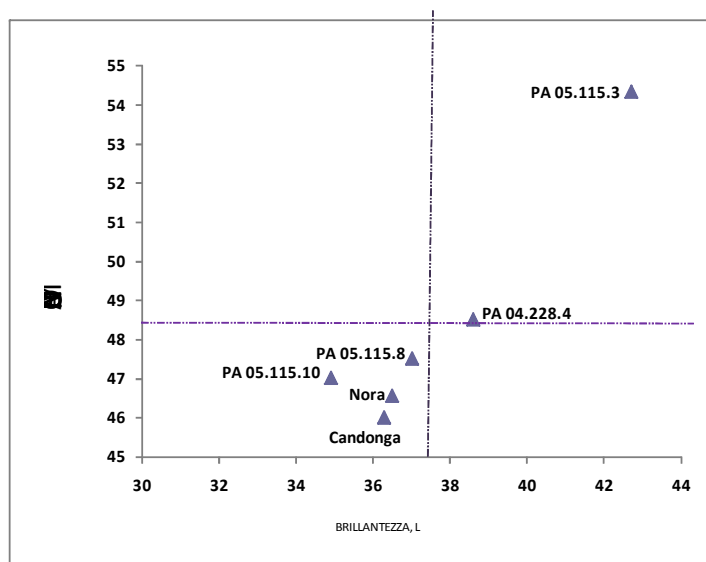


Fig.12.9 – Brillantezza e tonalità del colore della superficie del frutto delle accessioni.

Candongga risulta la selezione che ha fatto registrare valori altamente significativi sia di CAT che di PFT, a cui sono corrisposti dei modesti valori in Acido Ascorbico (43,3). Per ciò che concerne la CAT risultano egualmente significativi i valori trovati per la varietà

Nora, e per le accessioni PA 05.115.8 (10,7), PA05.115.10 (10,3) e per la PA 04.228.4 (11). Il contenuto minore si evidenzia nella PA 05.115.3. (Tab 12.2)

Il PFT oltre Candonga ha fornito apprezzabili valori per le accessioni PA 05.115.10 (1,7) e per la PA 04.228.4 (1,68), in Nora il contenuto in polifenoli è risultato minore delle accessioni in prova tranne che per la Pa 05.115.3. In Nora di contro si è trovato il più alto contenuto in Vit. C (66), seguito dalla due selezioni PA 04.228.4 (63) e Pa 05.115.8 (62), smentre Candonga e la PA 05.115.3 hanno evidenziato valori < ai 50 mg.

Tab 12.2 Contenuto in sostanze antiossidanti nelle diverse accessioni in prova

Accessione	CAT - micromoli Trolox/g peso fresco	PFT - mgGAE/g	Vit C - mg/100 g
PA 05.115.3	8,56 <i>c</i>	1,09 <i>d</i>	52,50 <i>c</i>
PA 05.115.8	10,67 <i>b</i>	1,46 <i>c</i>	62,00 <i>ab</i>
PA 05.115.10	10,33 <i>b</i>	1,74 <i>b</i>	60,00 <i>b</i>
PA 04.228.4	11,08 <i>b</i>	1,68 <i>b</i>	63,00 <i>ab</i>
Candonga	13,31 <i>a</i>	1,89 <i>a</i>	49,30 <i>c</i>
Nora	10,50 <i>b</i>	1,34 <i>c</i>	66,00 <i>a</i>

i valori contrassegnati da lettere diverse differiscono per $P \leq 0,05$

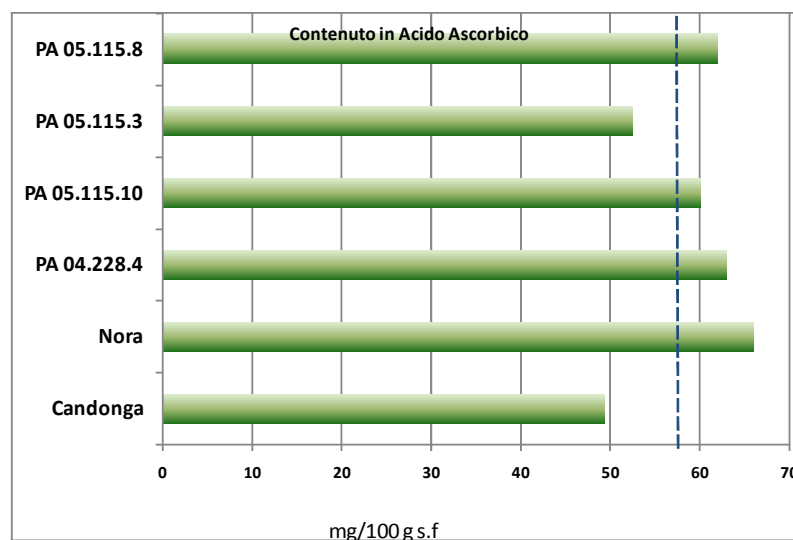


Fig.12.10 Contenuto in Ac.Asorbico (vit C) nelle diverse accessioni in prova

12.3. Conclusioni

La fragolicoltura siciliana, per le particolari condizioni ambientali dell'area in cui si sviluppa, si distingue per la maggior precocità di maturazione dei frutti, accentuata dal ricorso alle piante fresche rispetto a quelle frigo conservate, che permettono di anticipare e quindi ampliare il calendario di raccolta da dicembre a maggio e di ottenere frutti di migliore qualità e bellezza. Purtroppo non tutte le varietà sono idonee all'impianto con

questa tipologia di piante. L'attuale standard varietale della fragolicoltura siciliana è fortemente dipendente da varietà estere (Candonga®Sabrosa, Tudla®Milsei). È chiaro, quindi, che la ricerca di nuove cultivar a maturazione precoce, adatte ad essere impiegate anche con piante fresche, rimane un'esigenza di primaria importanza per l'attività di ricerca per gli ambienti meridionali.

A seguito delle analisi sperimentali effettuate su quattro accessioni derivanti dall'attività di breeding siciliano coltivate come piante fresche a "radice nuda" paragonate alle due varietà più note nell'ambiente marsalese, è stato possibile effettuare alcune considerazioni relativamente alla loro risposta quali-quantitativa. Per ciò che concerne la produzione le accessioni più produttive entro il mese di marzo sono state Nora, la PA 05.115.8 e la Pa 04.228.4. Quest'ultima ha realizzato anche ottime pezzature rispetto alle due varietà in prova. La pezzatura più elevata si è riscontrata nella PA. 05.115.10.

Per ciò che riguarda le caratteristiche di qualità delle accessioni in prova utilizzate come piante fresche a "radice nuda", interessanti risultano i valori ottenuti dalla PA 04.228.4, questa selezione dimostra infatti un'ottima consistenza, un buon rapporto zuccheri/acidi e buon grado di colore, abbinati a buoni contenuti in CAT e acido Ascorbico.

Candongia, in quanto varietà, dimostra se coltivata come pianta fresca a "radice nuda" nell'ambiente marsalese, di non spiccare per produzione e precocità, anche se il frutto risulta di elevate caratteristiche qualitative, soprattutto in termini di consistenza, rapporto zuccheri/acidi e contenuto in sostanze antiossidanti. Le selezioni PA. 05.115, tutte figlie di Nora per Candonga, hanno dimostrato migliori valori in consistenza rispetto alla carente Nora, soprattutto la PA.05.115.3, la quale si è distinta anche per un ottimo valore di colore ed un buon rapporto zuccheri/acidi. La PA.05.115.8 ha dimostrato un buon rapporto zuccheri/acidi, un medio contenuto in acido Ascorbico ed in sostanze antiossidanti ma risulta carente in consistenza. La PA.05.115.10, se coltivata come pianta fresca a "radice nuda", come Nora difetta in consistenza benché abbia buoni contenuti in sostanze antiossidanti.

Ricerche sull'influenza della tipologia di pianta su produttività e qualità di nuove varietà di fragola per la Sicilia

13. Introduzione

Lo standard varietale siciliano è in continua evoluzione. Le varietà maggiormente coltivate sono quelle provenienti dal breeding spagnolo (Tudla[®]Milsei, Candonga[®]Sabrosa), californiano (Camarosa) ed italiano (Naiad[®]Civl35). Attraverso il progetto “Liste Varietali Fruttiferi - Fragola” finanziato dal MiPAAF, vengono annualmente valutate in Sicilia numerose accessioni provenienti dal breeding mondiale.

Il Progetto redige annualmente una lista di varietà più consigliate per ciascun areale di produzione: aree meridionali (Sicilia, Basilicata, Campania, Calabria), settentrionali (Verona, Cesena) e di alta montagna (Val del Martello, Trento, Cuneo).

La Lista 2010 e 2011 per gli ambienti meridionali ed in particolare per la Sicilia sono composte dalle cultivar: Nora, Camarosa, Candonga[®]Sabrosa, Naiad[®]Civl35 Amiga, Cristal, Fortuna, Pircinque, Primoris, Rania, Sabrina, Splendor. (Baruzzi *et al.*, 2011).

Sono varietà che hanno dimostrato un buon adattamento all'areale siciliano per produttività, precocità di maturazione dei frutti e buone caratteristiche qualitative ed organolettiche.

Nel lavoro si descrivono le performance produttive e qualitative dei frutti delle nuove varietà a confronto con quelle delle varietà standard di riferimento in Lista, coltivate utilizzando tre diverse tipologie di piante: “frigoconservate”, “fresche a radice nuda” e con pane di terra “cime radicate”.

13.1. Materiali e Metodo

Lo studio varietale è stato condotto in ambiente protetto, presso i campi sperimentali

di Marsala (TP). Nel 2010-'11 sono state provate complessivamente 44 varietà, di cui 28 in avanzata fase di studio e 16 in prova per il primo anno. Il Progetto “Liste varietali” ha previsto la valutazione di nuove varietà, provenienti da diversi programmi di miglioramento genetico internazionali, utilizzando tre tipologie di piante: a) piante fresche con pane di terra “cime radicate”; b) piante fresche “a radice nuda”; c) piante frigoconservate.

Le nuove accessioni osservate sono state messe a confronto con le varietà presenti nella Lista 2010 per l'areale meridionale: Camarosa, Candonga[®]Sabrosa, Naiad[®]Civ135 e Tudla[®]Milsei.

Si è operato su terra rossa mediterranea, di media fertilità a tessitura franco sabbiosa, a reazione subalcalina (pH 8,4), con calcare attivo alto (compreso tra 8,0-8,8%), ricco di sostanza organica (2,7%), ben dotato di potassio scambiabile (660 ppm), di fosforo (67 ppm) e di azoto totale (1,8 ‰).

L'impianto è stato effettuato su un terreno coltivato nell'ultimo triennio a fragola e annualmente sottoposto a fumigazione pre-impianto. La tecnica colturale adottata è stata quella tipica della coltura protetta di Marsala (D'Anna *et al.*, 2005). In estate, il terreno è stato lavorato, baulato e sistemato in prode alte 40 cm, poi pacciamate con film di polietilene nero, sotto il quale si è posto l'impianto di irrigazione a microportata con tubo di polietilene con fori distanti 20 cm. Ogni prode è stata geodisinfestata, in *drip fumigation*, con la miscela cloropicrina + 1,3-dicloropropene alla dose di 18 g/m² somministrata 30 giorni prima della piantagione.

Le piante frigoconservate sono state poste a dimora il prima decade di settembre 2010 così come le piante fresche “cime radicate”, mentre quelle “a radice nuda” a ottobre, adottando densità di piantagione variabili secondo le diverse tipologie di piante, rispettivamente, di 70.000, 80.000 e 90.000 piante/ha. La diversa densità utilizzata per i tre tipi di piante è giustificata dal noto maggiore sviluppo vegetativo delle piante frigoconservate rispetto alle piante fresche e delle piante fresche “cime radicate” rispetto a quelle a radice nuda.

Lo studio è stato effettuato in un campo parcellare predisposto per essere protetto con tunnel singoli realizzati con archi metallici zincati con campate larghe 4,5 m, alti 2,4 m e lunghi 70 m. La copertura del tunnel con film di PE è stata eseguita nella seconda decade di novembre per le piante fresche, nella seconda decade di dicembre per le piante frigoconservate.

Durante il ciclo vegeto-produttivo delle piante sono stati apportati, tramite 17

interventi di fertirrigazione con concimi idrosolubili: 230 kg/ha di N, 160 kg/ha di P₂O₅, 270 kg/ha di K₂O e 60 Kg/ha di chelato di ferro.

E' stato adottato uno schema sperimentale a blocco randomizzato con unità elementare di 15 m² ripetuta 4 volte.

In ciascuna parcella ed in ogni raccolta sono stati rilevati: la produzione commerciale (frutti integri con diametro > 22 mm), il peso medio ponderato di 20 frutti scelti a caso, attraverso la formula:

$$PMP = \sum \frac{f \cdot p}{P}$$

Dove: f = peso medio dei frutti rilevato ad ogni raccolta

p = produzione a pianta di ogni raccolta

P = produzione complessiva a pianta (Σp)

Su un campione di 10 frutti scelti durante le raccolte effettuate in marzo ed aprile è stato rilevato il residuo secco rifrattometrico (°Brix) mediante un rifrattometro digitale e la consistenza della polpa (g) dei frutti con penetrometro (mod. Chatillon con puntale di 6 mm di diametro), la caratterizzazione del colore della superficie del frutto su due punti diametralmente opposti, mediante colorimetro automatico a riflettanza (Minolta mod. Chromater Reflectance II) che rileva la tonalità rossa (a*), gialla (b*) e la brillantezza (L*), si è poi calcolato l'indice Chroma secondo la formula: $[(a^2+b^2)]^{1/2}$; l'acidità del succo acidità espressa in meq/100 g s.f., utilizzando idrossido di sodio (NaOH) 0,1 N con blu di bromotimolo come indicatore di viraggio della soluzione (pH 7,8) ed il contenuto in acido ascorbico (vit. c) espresso in mg/100 g s.f. con strumento digitale *Rqflex* che ne permette la determinazione quantitativa con cartine colorimetriche, sfruttando il sistema Reflectoquant secondo il principio della riflettanza. Si è calcolato, come indice di qualità dei frutti, il rapporto fra acidità titolabile e RSR.

I dati sperimentali sono stati utilizzati per calcolare: la produzione commerciale raccolta mensilmente e complessiva a pianta, il peso medio ponderato calcolato mensilmente e complessivo; il valore medio del residuo secco rifrattometrico e della consistenza della polpa, dell'acidità titolabile, della vitamina C, della brillantezza (L) e della tonalità del colore (Indice Chroma).

I dati sono stati sottoposti all'analisi della varianza (test di Duncan).

VARIETA'	Tipologia di pianta									
	Frigoconservate	Piante Fresche						Frigoconservate	Piante Fresche	
		"cime radicate"	"a radice nuda"						"cime radicate"	"a radice nuda"
AGUEDILLA	X			MOJAVE			X			
ALBION (RIF)	X	X	X	MONTEREY (RIF)	X	X	X			
ALINA		X		NABILA		X	X			
AMIGA	X		X	NAIAD	X	X	X			
ANTILLA			X	NF 111		X				
BENICIA			X	NORA	X	X	X			
BETTY	X			PALATINA	X					
CAMAROSA		X	X	PALOMAR	X	X	X			
CANDONGA	X	X	X	PIRCINQUE	X	X	X			
CORAL	X	X		PORTOLA (rif)	X	X	X			
CRISTAL (rif)	X		X	PRIMORIS	X	X	X			
DELY	X			RANIA		X	X			
EVE'S DELIGHT (RIF)	X			SABRINA		X	X			
EVIE 3 (RIF)	X			SAN ANDREAS (RIF)	X	X	X			
FLORIDA FESTIVAL		X		SIBA	X	X	X			
FLORIDA FORTUNA	X	X	X	SPLENDOR			X			
FUENTEPINA	X		X	THELMA		X				
JOLY	X			TUDLA			X			
KAMILA	X	X	X	VALE	X					
KIEWA	X	X		VENTANA	X	X	X			
KILO	X	X		W6Y1-10	X					
LUISE		X		W6Y1-8	X					
MACARENA	X									

13.2. Discussione dei Risultati

Si riportano i risultati delle sole nuove varietà che hanno estrinsecato il maggior interesse in questa area

Piante fresche “cime radicate”

La raccolta delle piante fresche “cime radicate” è iniziata la prima settimana di dicembre (6 dicembre) con le varietà Florida Fortuna, Kiewa, Kilo, Nora; una settimana dopo (il 14 dicembre) hanno prodotto anche Camarosa, Cristal, Naiad, Palomar, Portola, Sabrina, Ventana, le altre sono entrate in produzione tra fine dicembre e inizio gennaio. La produzione si è conclusa a metà maggio per tutte le varietà.

Piante fresche “a radice nuda”

Le piante fresche “a radice nuda” sono entrate in produzione nel mese di gennaio e febbraio, le più precoci sono state Albion, Florida Fortuna, Cristal, Rania, San Andreas (10 gen) mentre Amiga ha iniziato a produrre solo il 24 febbraio; l’ultima staccata è stata effettuata, per tutte le varietà a metà maggio.

Piante frigo conservate

Le piante frigoconservate hanno iniziato a fiorire nei mesi di dicembre e gennaio e la piena fioritura è stata raggiunta tra fine gennaio e metà febbraio. La raccolta è iniziata il 10 gennaio con Aguedilla, Cristal e Palomar (le altre hanno prodotto i primi frutti da metà gennaio a febbraio) e si è conclusa per tutte le accessioni a metà maggio

Nella tabella 13.2 A sono riportati i risultati vegeto-produttivi e qualitativi dell'ultimo biennio delle varietà in prova osservate come piante frigoconservate e nelle 13.2 B quelli delle varietà osservate per il primo anno come piante frigoconservate;

13.3 Conclusioni

Considerazioni conclusive

L'Attività che ho svolto durante il corso di Dottorato di Ricerca, è stata finalizzata a verificare nuove strategie per il miglioramento della tecnica colturale della fragola in ambiente protetto in Sicilia.

In Sicilia, la fragolicoltura è concentrata in aziende diretto coltivatrici medio-grandi, con ritorno frequente nello stesso appezzamento (monocoltura) e ripetute fumigazioni del terreno al fine di limitare l'incremento della carica dei patogeni. La geodisinfezione è infatti, ormai una pratica fondamentale nella coltivazione della fragola, che può essere attuata anche con l'utilizzo di metodi ecocompatibili, sia fisici, come la solarizzazione che agronomici, quali l'aggiunta di sostanza organica e il sovescio con piante biocide (biofumigazione).

La Sicilia rappresenta nel contesto fragolicolo nazionale la zona di produzione più precoce. L'utilizzo delle piante fresche "cime radicate" impiantate già nella prima decade di settembre permette di ottenere buone produzioni di qualità già nel mese di gennaio. L'individuazione della tecnica di coltivazione più idonea dai trattamenti pre-impianto fino alla gestione dei frutti nel *post* raccolta permette di ottimizzare le potenzialità della coltura.

La ricerca condotta sugli effetti dell'azoto, elemento che è in grado di influenzare i parametri vegeto-produttivi e qualitativi della fragola evidenzia una variabilità dei risultati piuttosto ampia, dipendente dai livelli di azoto disponibile per le piante e dalle dosi somministrate alla coltura. Dal punto di vista qualitativo le tesi che hanno ricevuto le minori dosi dell'elemento N (120 e 170 kg ha⁻¹) hanno fornito valori qualitativi più interessanti.

Considerando le tecniche d'impianto alla luce dei risultati ottenuti dalla prova condotta nel 2010-'11 su terreno precedentemente coltivato a fragola da diversi anni, si può affermare

che, in Sicilia, il trattamento chimico cloropicrina + 1,3 dicloropropene risulta ancora il più efficace dal punto di vista produttivo ma la solarizzazione potrebbe essere una valida alternativa. L'utilizzo del film plastico di colore verde ha permesso di ottenere risultati uguali o superiori rispetto film plastico trasparente, riducendo i problemi legati allo smaltimento della plastica, poiché trascorsi i due mesi per la solarizzazione lo stesso film è stato forato e la coltura è stata messa a dimora.

La Sicilia rappresenta nel contesto fragolicolo nazionale, grazie anche alle favorevoli condizioni climatiche, la zona più precoce con indici di precocità uguale o superiore alla Spagna (Huelva, Andalusia). L'utilizzo della pianta fresca consente di anticipare la raccolta, di ottenere frutti di migliori caratteristiche qualitative, oltre che una maggiore tolleranza ai patogeni dell'apparato radicale, dovuta alla "giovinezza" dei tessuti (le "cime radicate" vengono messe a dimora in campo dopo appena 20-25 giorni di radicazione in vasetto riempito di fibra di cocco o di torba).

Le piante fresche "a radice nuda" spesso vengono messe a dimora in ritardo (oltre la prima decade di ottobre) a causa della tardiva disponibilità del materiale vivaistico di origine estera (Spagna e Polonia). Queste piante, sottoposte a forti stress per i lunghi tempi di trasporto, manifestano difficoltà nella ripresa vegetativa in campo e conseguenti limitati livelli produttivi.

È necessario trapiantare anticipatamente, in modo che le piante raggiungano un buon sviluppo vegetativo e siano resistenti, prima che sopraggiungano i freddi invernali, ottenendo produzioni precoci e rese elevate con minori input durante la coltivazione.

Anche la scelta varietale e l'individuazione di nuove selezioni rustiche ed adatte all'areale siciliano risultano di fondamentale importanza, sia per l'ottenimento di produzioni precoci con elevate caratteristiche qualitative ed organolettiche dei frutti sia per la tolleranza della pianta ai principali patogeni fungini, che consentono la coltivazione con tecniche a più basso impatto ambientale.

Attraverso il progetto "Liste di orientamento varietale – Fragola" sono state valutate in Sicilia numerose accessioni provenienti dal breeding mondiale. Tra le nuove varietà, oltre Nora, anche Aguedilla, Albion, Coral®Rociera, Macarena Florida®Fortuna hanno mostrato una discreta adattabilità all'areale siciliano per produttività, precocità di maturazione dei frutti e buone caratteristiche qualitative ed organolettiche.

Tra le nuove selezioni, valutate nell'ultimo triennio, sono emerse: PA 04.228.4, PA 03.260.3, PA 05.115.3, PA 05.115.8 e PA 05.115.10, che sono rustiche, tolleranti ai patogeni dell'apparato radicale, adatte alla coltivazione con piante fresche, produttive e

con frutti di buona qualità. Nei prossimi anni si effettuerà il collaudo finale prima dell'eventuale loro licenziamento, si valuteranno anche gli aspetti commerciali e la risposta del mercato a queste nuove varietà.

Dalla caratterizzazione qualitativa dei frutti è emerso che le accessioni in studio si distinguono per l'elevato contenuto in solidi solubili totali, l'attività antiossidante (CAT) e per il contenuto in polifenoli e acido ascorbico (Vitamina C).

BIBLIOGRAFIA

- A.A. V.V., 2002. Monografia di cultivar di fragole coord. Faedi W., Baruzzi G., Lovati F., Sbrighi P., Lucchi P., Progetto finalizzato MiPAAF “Liste di orientamento varietale dei fruttiferi”, pubbl. 201.
- A.A.V.V., 2009. Monografia di cultivar di Fragole. coord. Faedi W., Baruzzi G., Sbrighi P., Lucchi P., Progetto finalizzato MiPAAF “Liste di orientamento varietale dei fruttiferi”
- AA.VV.,. *La fragola*, coordinamento scientifico di W. Faedi. Collana Coltura&Cultura, ideata e coordinata da R. Angelini, Bayer Cropscience, Ed.Script, Bologna, pp 548. 2010.
- Ajwa H. A. e Winterbottom C. Q., 2006. Alternative al bromuro di metile nella fragolicoltura californiana – Frutticoltura n°4: 28-32.
- Ajwa H. A., Klose S., Nelson S.D., Minuto A., Gullino M.L., Lamberti F., Lopez-Aranda J.M, 2003. Alternatives to methyl bromide in strawberry production in the United States of America and the Mediterranean region. *Phytopathologia Mediterranea*, pp: 220-244.
- Ajwa H.A., Schutter M., Nelson S.D., Trout T., Winterbottom C.Q., 2001. Efficacious application rates of propargyl bromide and iodomethane /chloropicrin for strawberry production. In: Proceedings Annual International Research Conference on Methyl Bromide Alternatives and Emissions Reductions, November 5–9, 2001, San Diego, CA, USA, 1–3 (abstract), <http://www.mbao.org>.
- Ajwa H. and Traut T., 1999. Application of Methyl Bromide alternative fumigants by drip irrigation system for strawberry production in California. *Methyl Bromide alternatives*, 5: 8-10.

- Andersen M., Fossen T., Torskangerpoll K., Fossen A., Auge U., 2004. Anthocyanin from strawberry (*Fragraria x Ananassa*) with the novel aglycone, 5-carboxypyranopelargonidin, *Phytochemistry*, 65: 405-410.
- Anonymous, 1992. United Nations Environment Programme, 1992. Montreal Protocol Assessment. Methyl Bromide: Its Atmospheric Science, Technology and Economics. Synthesis report of the methyl bromide interim scientific assessment and methyl bromide interim technology and economic assessment. 41 pp. <http://www.epa.gov/ozone/mbr/>.
- Anonymous, 1993a. The Biologic and Economic Assessment of Methyl Bromide. The National Agricultural Pesticide Impact Assessment Program. United States Department of Agriculture, Washington, D.C., USA, 99 pp.
- Anonymous, 1993b. Alternatives to methyl bromide: Assessment of research needs and priorities. In: Proceedings from the USDA Workshop on Alternatives to methyl bromide. United States Department of Agriculture, June 29 – July 1, 1993, Arlington, VA, USA.
- Arcuti P., Baruzzi G., Di Stefano A., Lovati F., Muntoni M., Sbrighi P., Siddu G., Testoni A., Faedi W., 2001. Speciale fragola. *Terra e Vita*. Supplemento n. 1 al n. 18. Speciale Liste Varietali Frutticole, 26-33.
- Arcuti P., Damiano C., D'Anna F., Faedi W., Lucchi P., Recupero S., Rosati P., 1994. Eglà, Clea and Teodora: tre nuove cultivar italiane per gli ambienti meridionali. *Rivista di frutticoltura*, 1: 49-56.
- Avitabile Leva A., Baruzzi G., Botoli M., Castellari L., Faedi W., Figiani M., Lovati F., Magnani S., Maltoni M.L., Nuzzi M., Testoni A., 2003. Fragole più buone grazie al miglioramento genetico. *Frutticoltura*, 5: 41-49.
- Awuah R.T. and J.W. Lobeer, 1991. Methyl bromide and steam treatment of an organic soil for control of Fusarium yellows of celery. *Plant Disease* 75: 123–125.
- Baldini E., Scaramuzzi F., 1980. La fragola. Ed. Reda.
- Baruzzi G., 1998. Aspetti del miglioramento genetico della fragola in Italia. *Frutticoltura* LX (12): 55-66.
- Baruzzi G., Lòpez-Aranda J.M., Faedi W., 2005. Alternative al bromuro alcuni risultati. *Colture protette*, 4, pp: 63-68.
- Baruzzi G., Ballini L., Capriolo G., Lucchi P., Maltoni M. L., Mennone C., Migani M., Quinto G., Zenti F. e Faedi W., 2006 – Ulteriori ricerche sull'impiego di nuovi fumiganti in alternativa al bromuro di metile – *Frutticoltura* n°4: 49-55

- Baruzzi G., Capriolo G., Cerbino D., Faedi W., Funaro M., Lucchi P., Marano A., Mennone C., Migani M., Quinto G.R., Spagnolo G., 2007. Potenzialità e limiti per lo sviluppo di un vivaismo fragolicolo nel sud Italia. *Frutticoltura*, n.4: 34-40
- Baruzzi G., Faedi W., Lucchi P., Migani M., Sbrighi P., Turci P., 2008a. Studi pluriennali per lo sviluppo della fragola in terreni non fumigati e in conduzione biologica. *Frutticoltura*, n. 9: 44-48.
- Baruzzi G., Capriolo G., Lucchi P., Magnani S., Sbrighi P., Faedi W., 2008b. Le varietà di fragola per il 2008. *L'Informatore Agrario* 17: 52-57.
- Baruzzi G., Faedi W., 2008c. Usa e Spagna rilanciano con l'innovazione varietale. *Terra e Vita*, 18: 50-55.
- Baruzzi G., Baroni G., Baudino M., Capriolo G., D'Anna F., Giacomelli M., Lucchi P., Migani M., Placchi L., Savini G., Sbrighi P., Faedi W., 2009a. L'attività di breeding pubblico italiano su fragola. Atti del VII convegno Nazionale "La Fragola presente e futuro", pp: 59-68.
- Baruzzi G., Capriolo G., Lucchi P., Marinucci R., Sbrighi P., Faedi W., 2009b. Le varietà di fragola per il 2009. *L'informatore Agrario*, 8/14 maggio.
- Battino, B. Mezzetti, J. Scalzò. *Fragola e antiossidanti: un primato nutrizionale. Frutticoltura*, in press (2004).
- Battino M., Scalzò J., Capocasa F., Palandrani A., Mezzetti B., 2004. Fragole e antiossidanti: un primato nutrizionale. *Frutticoltura* LXVI (4): 54-56.
- Beverly R.B., Latimer J.G., Smittle D.A., 1993. Preharvest physiological and cultural effects on postharvest quality, p.73-98. In R.L. Shewfelt and S.E. Prussia (eds). *Postharvest handling: a system approach*. Academic, Toronto.
- Bill C.E., 1993. Soil solarization for pest control in the low desert. *Imperial Agricultural Briefs*. University of California Cooperative Extension, June 1993, Davis, CA, USA.
- Bleve-Zacheo T., G. Zacheo, M.T. Melillo, F. Lamberti and O. Arrigoni, 1980. Cytological changes induced by the stem nematode *Ditylenchus dipsaci* in strawberry leaves. *Nematologia Mediterranea* 8: 153-163.
- Bonciarelli F., Bonciarelli U., 1995. *Coltivazioni erbacee*. Edagricole, cap 9: 243-247.
- Bonomo G., Catalano G., 2003. Bene la solarizzazione per la fragola. *Supplemento a L'Informatore Agrario*, 24: 1-2.
- Bonomo G., Catalano G., 2007. Più precoci, grandi e colorate le nuove fragole siciliane. *Terra e vita*, 13,59-60.

- Bonomo G, Maltese V., Catalano G., 2008. Effetti delle concimazioni sulla fragola del marsalese colture protette n.8, pp
- Branzanti E., 1985 – La fragola. Edagricole, cap 3: 19-28.
- Brighenti F., Valtueña S., Pellegrini N., Ardigò D., Del Rio D., Salvatore S., Piatti P. M., Serafini M., Zavaroni I., 2005. Total antioxidant capacity of the diet is inversely and independently related to plasma concentration of high-sensitivity c-reactive protein in adult Italian subjects. *Br., J. Nutr.*, 93: 619-625.
- Brown P.D. and Morra M..J., 1997. Control of soil-borne plant pests using glucosinolate-containing. *Plants Advances in Agronomy*, 61: 167-231.
- Cao G., Verdon C. P., Wu A.H.B., Wang H., Prior R. L. *Automated-assay of oxygen radical absorbance capacity with the COBAS FARA-II*. *Clinical Chemistry*, 41, 1738–1744 (1995).
- Capocasa F., Scalzo J., Mezzetti B., Battino M., 2008. Combining quality and antioxidant attributes in the strawberry: the role of genotype. *Food Chemistry* 111 (4): 872-878.
- Caracciolo G., Migani M., Sbrighi P., 2009. Superfici in aumento sia in Sicilia che in Veneto – Dossier Fragola. *Terra e Vita*, n. 18, pp: 48-51.
- Caruso P., Sciortino A., 1975. Materiale di propagazione ed epoca di impianto dei fragoleti in coltura protetta e di pien'area in Sicilia. *Atti dell'incontro frutticolo sulla coltura della fragola*, Treviso.
- Caruso P. e D'Anna F., 1995. Epoca d'impianto del fragoleto con piantine frigoconservate. *Colture protette*, 4: 87-95.
- Cayuela J. A., Vidueira J. M., Albi M. A., Gutierrez F., 1997. Influence of the Ecological Cultivation of Strawberries (*Fragaria x ananassa* cv. Chandler) on the quality of the fruit and on Their Capacity for Conservation. *J. Agric. Food Chem.*, 45: 1736-1740.
- Chandler C.K., Legare D.E., Noling J.W., 2001. Performance of strawberry cultivars on fumigated and no fumigated soil in Florida. *Hort Technology*, 1, 69-71.
- Connor A. M., Stephens M. J., Hall H. K., Ispach P. A. *Variation and heritabilities of antioxidant activity and total phenolic content estimated from a red raspberry factorial experiment*. *Journal of the American Society for Horticultural Science*, 130, 3 (2005).
- Csimos, A.S., Sumner, D.R., Johnson, A.W., McPherson, R.M. and Dowler, C.C. 2000. Methyl Bromide Alternatives in tobacco, tomato and pepper transplant production. *Crop Protection*, 19: 39-49.

- Curto G., Dallavalle E., Lazzeri L., 2005. Life cycle duration of *Meloidogyne incognita* and host status of *Brassicaceae* and *Capparaceae* selected for glucosinolate content. *Nematology*, 7: 203-212.
- Curto G., Lazzeri L., Dallavalle E., Santi R., 2008. Management of *Meloidogyne incognita* (Kofoid et White) Chitw. in organic horticulture. *Redia* Vol XCL: 81-84.
- D'Anna F. e Curatolo G., 1991. Effects of dates planting on earlyness and total yield of greenhouse strawberry. *Acta Horticulture* 176.
- D'Anna F., Accardi S. 1991. Comportamento di piante vegetanti di fragola in rapporto all'ambiente di moltiplicazione. *Colture Protette*, 3: 73-76.
- D'Anna F., 1993. La fragola in Sicilia: l'effetto dell'epoca d'impianto. *Colture protette*, 5: 75-80.
- D'Anna F., 1994. Comportamento vegeto-produttivo della fragola allevata sotto apprestamenti protettivi diversi. II Giornate scientifiche S.O.I., San Benedetto del Tronto 22-24 giugno.
- D'Anna F., 1999. Quale tunnel per la fragola. *L'Informatore Agrario* 6: 45-49.
- D'Anna F., Moncada A., Miceli A., 2000. Ricerca sull'epoca di impianto della fragola con piante fresche. *Atti Giornate scientifiche della SOI*. Sirmione, 28-30 marzo: 551-552.
- D'Anna F., Iapichino G., 2000. Effects runner order on strawberry plug plant fruit production. 4 TH International Strawberry Symposium, 9-14 July Tampere Finland.
- D'Anna F., Prinzevalli C., 2002. Le novità varietali per la fragola. *Informatore Agrario*. vol. suppl. n. 1 al n. 4: 59-66.
- D'Anna F., 2003. Funziona la solarizzazione con film plastici su fragola. *Colture Protette*, 5: 87-95
- D'Anna F., Moncada A., 2003. Evoluzione della fragolicoltura siciliana nell'ultimo cinquantennio. *Italus Hortus* vol. 10, n° 3
- D'Anna F., Moncada A., 2003. Innovazione delle tecniche vivaistiche per la produzione di piante di fragola. *ITALUS HORTUS*. vol. 5, pp. 63-68.
- D'Anna F., Iapichino G., Incalcaterra G., 2003. Influence of planting date and runner order on strawberry plug plants grown under plastic tunnels. Sixth International Symposium on Protected Cultivation in Mild Winter Climate: Product and Process Innovation, Ragusa 5-8 marzo, 123-127.
- D'Anna F., Prinzevalli C., 2004. Valutazione di cultivar di fragola in ambiente protetto in Sicilia. *L'Informatore Agrario*, n. 27

- D'Anna F., Bonomo G., Moncada A., Guarino L., Catalano G., Prinzivalli C., 2005a. Alternative al bromuro di metile nella disinfestazione del terreno coltivato a fragola – L'informatore agrario n°25: 37-40.
- D'Anna F., Prinzivalli C., Pappalardo G., Camerata Scovazzo G., Moncada A., Giovino A., 2005b. Cultivar e selezioni di Fragola per le aree meridionali. L'informatore Agrario, 2: 45-50.
- D'Anna F., Iapichino G., Moncada A., Prinzivalli C., Bongiovì C., Bono M., 2006. Effetti della tipologia di pianta sugli esiti produttivi e qualitativi della fragolicoltura siciliana. Frutticoltura, speciale fragola, 4: 62-68.
- D'Anna F., Moncada A., Caracciolo G., Prinzivalli C., Virzi A., Spata P., 2007. In Sicilia cresce l'interesse per le piante fresche di fragola. L'Informatore Agrario, 39: 56-60.
- D'Anna F., Moncada A., Prinzivalli C., Caracciolo G., 2007. Sicilia: meglio usare le piante fresche ma dipende dalla varietà impiegata. Frutticoltura, speciale fragola, 4: 26-33.
- D'Anna F., Bonomo G., Moncada A., Catalano G., Iapichino G., Prinzivalli C., Marino V. 2007. Effetto della fumigazione e della solarizzazione del suolo sulla fragola in Sicilia. Colture Protette, 11: 97-102.
- D'Anna F., Moncada A., Caracciolo G., Guarino L., Virzi A., Spata P., 2008 - Performances of Strawberry fresh plants produced in Sicilian nurseries. Acta Horticulturae ISHS
- D'Anna F., Caracciolo G., Moncada A., 2008. La precocità della fragola inizia dalle piantine da vivaio. L'Informatore agrario n.4, pp. 51-54.
- D'Anna F., Palermo M.L., Caracciolo G., Moncada A., Prinzivalli C., Amato F., Angileri G., Fici G., Mezzapelle V., Signorino G., 2009. Alternatives to Methyl Bromide in strawberry cultivation. Proceedings of the International Symposium on Strategies Towards Sustainability of Protected Cultivation in Mild Winter Climate, Acta Horticultura 807, vol. 2: 745-750.
- D'Anna F., Caracciolo G., Moncada A., Prinzivalli C., Alessandro R., 2010. Piante fresche e nuove varietà rilanciano la fragola al Sud. L'Informatore agrario, n. 27: 31-33.
- D'Antuono L.F., Fiori R., Baruzzi G., Faedi W., 2000. La qualità delle fragole in tre sistemi di coltivazione. Frutticoltura LXII (12): 69-76.

- D'Antuono L. F., Maltoni M. L., Foschi S., Elementi S., Borgini E., Baruzzi G., Faedi W., 2004. Differenze qualitative tra cultivar di fragola in coltura biologica e integrata. *Frutticoltura*, n. 5, pp.: 64-66.
- D'Antuono L. F., Maltoni M. L., Foschi S., Elementi S., Borgini E., Baruzzi G., Faedi W., 2005. Differenze qualitative tra cultivar di fragola in coltura biologica e integrata. *Italus Hortus* 12, (3), 83-92.
- D'Avino L., 2005. Biofumigazione con allil-isotiocianato: destino ambientale ed effetto sui microartropodi edafici, PhD thesis, Env Sci Dept, University of Siena (IT).
- Darrow G.M., Wilcox M.S., Scott D.H., Hutchins M.C., 1947. Breeding strawberries for vitamin C. *The Journal of Heredity* 38 (12): 363-365.
- Davik J., Bakken A.K., Holte K., Blomhoff R., 2006. Effects of genotype and environment on total anti-oxidant capacity and the content of sugars and acids in strawberries (*Fragaria x ananassa* Duch.). *Journal of Hortic. Scien. & Biotech.* Vol. 81 (6): 1057-1063.
- De Larderel J. A., Shende R., Mercado C., Gilfilian C. e Kikwe S. R., 2001. Sourcebook of technologies for protecting the ozone layer: alternatives to methyl bromide – United Nations Environment Programme, Division of Technology, Industry and Economics, OzoneAction Programme.
- Della Casa, 2009. Un nuovo concetto di stagionalità per il marketing della fragola italiana. *Atti del VII Convegno nazionale “La fragola presente e futuro”*, p.: 46.
- Duniway J.M., 2002a. Chemical alternatives to methyl bromide for soil treatment particularly in strawberry production. In: *Proceedings International Conference on Alternatives to Methyl Bromide Sevilla, Spain*, 47–50 (abstract).
- Duniway J.M., 2002b. Status of chemical alternatives to methyl bromide for pre-plant fumigation of soil. *Phytopathology* 92: 1337–1343.
- Duniway J.M., J.J. Hao, D.M. Dopkins, H.A. Ajwa and G.T. Browne, 2001. Chemical, cultural, and biological alternatives to methyl bromide for strawberry. In: *Proceedings Annual International Research Conference on Methyl Bromide Alternatives and Emissions Reductions, November 5–9, 2001, San Diego, CA, USA*, 41 (abstract), <http://www.mbao.org/>
- Duranti A. e Cuocilo L., 1988. Fragola: indagine su densità ed epoca d'impianto. *L'Informatore Agrario*, 46: 47-49.
- Eayre C.G., J.J. Sims, H.D. Ohr and B. Mackey, 2000. Evaluation of methyl iodide for control of peach replant disorder. *Plant Disease* 84: 1177–1179.

- Ekstrom A. M., Serafini M., Nyren O., Hansson L. E., Ye W., Wolk A., 2000. Dietary antioxidant intake and the risk of cardia cancer and noncardia cancer of the intestinal and diffuse types: a population-based case-control study in Sweden, *Int. J. Cancer*, 87: 133–140.
- Elia A., Conversa G., Miccolis V. “La produzione orticola italiana per la moderna distribuzione e le nuove esigenze di mercato”. *Italus Hortus*, 17(2), Pp 11-15. 2010.
- Elmore C.L., Roncoroni J.A., Giraud D.D., 1993. Perennial weeds respond to control by soil solarization. *California Agriculture* 47(1): 19–22.
- Faedi W., Gufo G., Bernardini D., 1986. Piantagioni autunnali di piante fresche di fragola in Sicilia. *Informatore Agrario*, 6: 85-87.
- Faedi W., Pagliarani M., 1995. Nuovi tipi di piante per i fragoleti. *Frutticoltura* LVII (6): 51-54.
- Faedi W., Arcuti P., Baruzzi G., Cubicciotti G., Del Vaglio M., Di Stefano A., Lateana V., Lucchi P., Mezzetti B., Murri g., Recupero S., Rosati P., 1998. Paros, nuova cultivar di fragola per il centro-sud. *Frutticoltura* 12: 67-69.
- Faedi W. Baruzzi G., 2002. Innovazioni nelle tecniche di coltivazione della fragola. *Frutticoltura* Frutticoltura LXIV (6): 19-26.
- Faedi W., Arcuti P., Ballini L., Barini G., Baruzzi G., Baudino M., D'Anna F., Lucchi P., Mezzetti B., Murri g., Recupero S., Rosati P., Zenti F., 2003. Monografia varietale del progetto Finalizzato Frutticoltura - miglioramento genetico: fragola: 29-54.
- Faedi W., Baruzzi G., Capriolo G., 2004. Piante fresche: opportunità da sfruttare, ma attenzione ai rischi. *L'informatore Agrario, speciale fragola*, 41: 51-53.
- Faedi W., Baruzzi G., Capriolo G., Di Milano F., Di Stefano A., Lucchi P., Maltoni M.L., Magnani S., Martelli G., Mennone C., Parrillo R., Quinto G., Sbrighi P., 2004. Studi varietali per la fragolicoltura del Sud Italia. *Frutticoltura* 4: 20-27.
- Faedi W., Baruzzi G., Capriolo G., D'Anna F., Di Chio B., Funaro M., Lucchi P., Magnani S., Maltoni M.L., Marano A., Martelli G., Muntoni M., Nardiello I., Parrillo R., Prinzivalli C., Quinto G., Rondinelli G., Spagnolo G., 2005. Novità varietali per la fragolicoltura meridionale. *Frutticoltura, Speciale fragola*, 4: 14-21.
- Faedi W; Baruzzi G., Lucchi P., Sorrenti G., Tagliavini M., 2006. Effetto della fertilizzazione azotata e potassica sulle caratteristiche quali-quantitative della fragola. *Italus Hortus*, 3.90-95

- Faedi W., Baruzzi G., Lucchi P., Maltoni M.L., Magnani S., Migani M., Sbrighi P., Turci P., 2006b. Nuove varietà e selezioni emergenti per la fragolicoltura del Nord Italia. *Frutticoltura*, 4: 12-21.
- Faedi W., Baruzzi G., Baudino M., Dutto D., Giordano R., Sbrighi P., 2007. Piante fresche “cime radicate” e cultivar riflorenti per il Piemonte. *Frutticoltura* LXIX (4): 18-24.
- Faedi W., Baruzzi G., Capriolo G., D’Anna F., Lucchi P., Marano A., Martelli G., Mennone C., Prinzivalli C., 2008. Three New Italian Strawberry Cultivars for Southern Areas. VI International Strawberry Symposium, Huelva, March 3rd-7th .
- Faedi W., Baruzzi G., Capriolo G., 2009. Evoluzione della fragola in Italia. Atti del VII Convegno “La fragola presente e futuro”, pp.: 32-42.
- Furlan L., Bonetto C., Patalano G., Lazzeri L. 2004. Potential of biocidal meals to control wireworm populations. Proceedings of the first International Symposium on “Biofumigation: a possible alternative to methyl bromide?” Firenze, Italia 31 Marzo -1 Aprile. *Agroindustria* Vol. 3 n°3: 313-316.
- Garibaldi A., 1983. The use of suppressive soils as substrate for ornamental and flowering plants. *Acta Horticulturae*, 150: 103-111.
- Garibaldi A., Minuto A., Salvi D., 2001. Disinfection of nutrient solution in closed soilless systems in Italy. *Acta Horticulturae* 382, 21-36.
- Gengotti S., Tisselli V., Lucchi C., 2002. Gli accorgimenti tecnici per una miglior coltivazione. *Agricoltura* 4: 20-22.
- Genovese G., Acampora A., Miraglia N. e Cannolo N., 2002. Valutazione dell’esposizione professionale al bromuro di metile nell’attività di fumigazione – 3° seminario aggiornamento dei professionisti CONTARP.
- Ghini R., 1993. A solar collector for soil disinfestations. *Netherlands Journal of Plant Pathology* 99: 45–50.
- Gilgun-Sherki Y., Melamed E., Offen D., 2004. The role of oxidative stress in the pathogenesis of multiple sclerosis: the need for effective antioxidant therapy, *J. Neurol.*, 251: 261–268.
- Greco N., A. Brandonisio and F. Elia, 1985. Control of *Ditylenchus dipsaci*, *Heterodera carotae* and *Meloidogyne javanica* by solarization. *Nematologia Mediterranea* 13, 191–197.
- Gullino M.L., 1992. Methyl bromide alternatives in Italy. In: Methyl bromide. Proceedings of the International Workshops on Alternatives to Methyl Bromide for

- Soil Fumigation. October 1992, Rotterdam, The Netherlands, and Rome, Italy, 242–254 (abstract).
- Guo C., Yang J., Wie J., Li Y., Xu J., Jiang Y., 2003. Antioxidant activities of peel, pulp and seed fraction of common fruits as determined by FRAP assay. *Nutrition research*, 23: 1719-1726.
- Hancock J.F., Bringham R.S., 1988. Yield component interactions in wild populations of California *Fragaria*. *HortScience* 23: 889-890.
- Hansche P.E., Bringham R.S., Voth V. 1968. Estimates of genetic and environmental parameters in the strawberry. *Proc. Am. Soc. Hort. Sci.* 92: 338-345.
- Hertog M. G., Feskens E. J., Kromhout D., 1997. Antioxidant flavonols and coronary heart disease risk, *Lancet*, 349: 699.
- Hoitink H.A.J., Fahy P.C. (1986) - Basis for the control of soilborne plant pathogens with composts. *Annual Review of Phytopathology*, 24: 93-114.
- Hortiński J.A., Zebrowska J., Gawroński J., Hulewicz T., 1991. Factors influencing fruit size in the strawberry (*Fragaria ananassa* Duch.). *Euphytica* 56: 67-74.
- Janick J., Eggert D.A., 1968. Factors affecting fruit size in the strawberry. *Proc. Am. Soc. Hort. Sci.* 93: 311-316.
- Kader A.A., 1988. Influence of preharvest and postharvest environment on nutritional composition of fruits and vegetables. p. 18-32. In: B. Quebedeaux and F.A. Bliss (eds). *Horticulture and human health: contribution of fruits and vegetables. proc. Of 1st International Symposium on Horticulture and Human health*. Prentice – Hall, Englewood Cliffs, N.J.
- Katan J. and J.E. DeVay, 1991. *Soil Solarization*. CRC Press Inc.. Boca Raton, FL, USA, pp.: 267.
- Katan J., 1981. Solar heating (solarization) of soil for control of soilborne pests. *Annual Review of Phytopathology* 19: 211–236.
- Katan J., 2000. Soil and substrate disinfestations as influenced by new technologies and constrains. *Acta Horticulture* 532, 29–35.
- Kidmose U., Andersen H., Vang-Petersen O., 1996. Yield and quality attributes of strawberry cultivars grown in Denmark 1990-1991. *Fruit Varieties Journal* 50 (3): 160-167.
- Kim S.H., 1988. Technological advances in plant disease diagnostics. *Plant Disease* 72, 802.

- La Malfa G., Noto G., 2004. Le colture protte in Sicilia. Atti del Convegno nazionale “La produzione in serra dopo l'era del bromuro di Metile”, pp: 25-37.
- Lamberti F., T. D'Addabbo, P. Greco and A. Garella, 2002. Efficacy of the liquid formulation of some nematicides. Medical Faculty Landbouww. University Gent 67(3): 699–702.
- Lamberti F., A. Minuto and L. Filippini, 2003. I fumiganti per la disinfestazione, *Informatore Fitopatologico* 53(10): 38–43.
- Lazzeri L., Leoni O., Manici L.M., Palmieri S., Patalano G., 2002. Brevetto N. BO 2002 A 000544. Uso di farine vegetali come agenti biotossici ad azione ammendante. Ufficio Italiano Brevetti e Marchi.
- Lazzeri L., Baruzzi G., Malaguti L., Antoniaci L., 2003a. Replacing methyl-bromide in annual strawberry production with glucosinolate containing green manure crops. *Pest Management Science* 59: 983-990.
- Lazzeri L., Curto G., Leoni O. , Dallavalle E., 2004. Effects of glucosinolates and their enzymatic hydrolysis products via myrosinase on the root knot nematode *Meloidogyne incognita* (Kofoid et White) Chitw. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 52 : 6703-6707.
- Lazzeri L., Malaguti L., Cinti S., Baruzzi G., 2003b. I sovesci di piante biocide nella rotazione. *Colture protette* 1: 53-56.
- Lazzeri, L., Leoni, O. and Patalano, G. 2004. Biocidal Plants And Pellets For Biofumigation. Presentazione Orale al 6th International Symposium On Chemical And Non – Chemical Soil And Substrate Disinfection. Corfù (Grecia) 4-8 Ottobre 2004.
- Lazzeri L., Leoni O., De Nicola G., Cinti S., Malaguti L., Curto G., Patalano G., 2008. Brevetto n° BO2008A000010. Concime ammendante con controlli dei parassiti e dei patogeni ipofiti; uso e metodo d'uso di tale concime. Ufficio Italiano Brevetti e Marchi.
- Lazzeri L., Malaguti L., D'Avino L., Lazzari A., Moncada A., Palermo M.L., 2009. Potenzialità applicative dei nuovi materiali solidi e liquidi per biofumigazione nella coltivazione della fragola. Atti del VII Convegno Nazionale “La fragola presente e futuro”.
- Leonardi C., Noto G., 2005. Nuovi scenari per l'orticoltura protetta mediterranea. Atti del Convegno Nazionale “Strategie per il miglioramento dell'orticoltura protetta in Sicilia”, pp: 19-28.

- Lovati F., Nuzzi M., Avitabile Leva A., De Colellis G., Testoni A., Magnani S., Lucchi P., 2000. Valutazione della qualità delle fragole in post-raccolta. *Frutticoltura*, 12, 36-41.
- Lucchi P., 2002. L'evoluzione delle tecniche vivaistiche in funzione delle nuove esigenze produttive e commerciali della fragola. *Frutticoltura* LXIV (6): 37-42.
- Lucchi P., Baruzzi G., 2002. Le alternative al bromuro di metile. *ErmesAgricoltura*.
- Maltoni M.L., Magnani S., Ranieri M., Faedi W., 2009. Principali fattori che influenzano la qualità delle fragole. *Frutticoltura*, 9:
- Magnani S., Baruzzi G., D'Antuono L. F., Elementi S., Faedi W., 2007. Composti nutraceutici e funzionali: le sostanze presenti nei frutti. *Frutticoltura*, n. 4: 50-56.
- Mariani Costantini A., Cannella C., Tomassi G., 1999. *Fondamenti di nutrizione umana*. Ed. il pensiero scientifico, p. 544.
- Medina, J.J., Miranda, L., Romero, F., De Los Santos, B. and Lopez-Aranda, J.M. 2003. Six-year work on alternatives to Methyl Bromide (MB) for strawberry production in Huelva (Spain). In: *Proceedings COST 836 Final Workshop. Euro Berry Symposium*, October 9-11, 2003, Ancona, Italy, 40-41 (abstract).
- Messenger B., Braun A., 2000. Alternatives to methyl bromide for the control of soil-borne diseases and pests in California. http://www.cdpr.ca.gov/docs/dprdocs/methbrom/mb_main.htm.
- Mezzetti B., Scalzo J., Capocasa F., Palandrani A., Battino M., 2005. Il miglioramento genetico per aumentare qualità e capacità antiossidante delle fragole. *Frutticoltura*, 4: 26-29.
- Minuto A., Clini C., Garibaldi A. e Gullino L., 2003. Replacement of methyl bromide on vegetables in Northern Italy – S.I.A.R.
- Moncada A., Caracciolo G., Prinzevalli C., D'Anna F., 2008. Study on New Strawberry Varieties Evaluated in Sicily, 2008. VI International Strawberry Symposium, Huelva, March 3rd-7th .
- Montonen J., Knekt P., Jarvinen R., Reunanen A., 2004. Dietary antioxidant intake and risk of type 2 diabetes, *Diabetes Care*, 27: 362–366.
- Morris J.R., Sistrunk W. A., 1991. The Strawberry. p.181-206. In: N.A.M. Eskin (ed.). *Quality and preservation of fruits*. CRC Press.

- Nelson J.W., Barrit B.H., Wolford E.R., 1972. Influence of location and cultivar on colour and chemical composition of strawberry fruit. Technical Bulletin 74, Washington, Agricultural Experiment Station.
- Nestby R., Tagliavini M 2005;Journal of Horticultural Science &Biotechnology, 80(2):272-275.
- Noto G., 1975. Sul valore agrario di Stoloni di Fragolain rapporto all'ambiente di moltiplicazione. *Culture Protette*, 10.
- Nuzzi M., Lovati F., Avitabile Leva A., Lorni P., Testoni A., 2002. Le valutazioni strumentali e sensoriali di nuove accessioni di fragola. *Frutticoltura*, 12: 59-67.
- Ohr H.D., J. Sims, N.M. Grech, J.O. Becker and M.E.McGiffen, 1996. Methyl iodide, an ozone-safe alternative to methyl bromide as a soil fumigant. *Plant Disease* 80, 731–735.
- Poncet C., Antonini C., Bettacchini A., Bonnet G., Drapier S.M., Heridier D., Julien P., 1999. La désinfection des eaux de drainage. *La vie agricole et coopérative dans les Alpes-Maritimes*, 1029, 12.
- Prior R. L., Cao G, Martin A., Sofic McEwen J., O'Brien C. *Antioxidant capacity as influenced by total phenolic and anthocyanin content, maturity and variety of Vaccinium species*. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 46, 2686–2693 (1998).
- Proteggente A. R, Pannala A. S., Pagana G., Van Buren L., Wagner E., Wiszman S. *The antioxidant activity of regular consumed fruit and vegetables reflects their phenolic and vitamin C composition*. *Free Radical Research*, 36, 217–233 (2002).
- Raynal-Lacroix, C., Bardet, A., Freixinos, E., 1999. Fraisier—La fertilisation azotée. *Infos-Ctifl*. 49: 34–39.
- Raynal Lacroix C., Tagliavini M., 2005. Influence of mineral nutrients on strawberry fruit quality and their accumulation in plant organs:a review.*International Journal of Fruit Science*,5 (1), 139-156.
- Recamales Á. F., Medina J. L., Hernanz D., 2007. Physiochemical characteristics and mineral content of strawberries grown in soil and soilless system. *Journal of Food Quality* vol. 30 (5): 837-853.
- Recupero S., D'Anna F., Arcuti P., 1995. Le produzioni precocissime di fragola negli ambienti meridionali. *Frutticoltura – Speciale Fragola*, 6: 35-39.
- Ristaino J. B. e Thomas W., 1997. Agricolture, methyl bromide and the ozonehole – *Plant Disease* vol. 81 n°9: 964-977

- Rosa E.A.S., Heaney R.K., Fenwick G.R., Portas C.A.M., 1997. Glucosinolates in crop plants. *Horticultural Reviews* 19: 99-215.
- Rosati P, 1975. Influenza del tipo di piante e dell'epoca di piantagione sulla coltura estiva di piante di fragola. Atti incontro frutticolo sulla coltura della fragola. Treviso, 15 novembre.
- Rossi Pisa P., Tosi T., 1988. L'irrigazione della fragola. Atti del Convegno "L'irrigazione in ortofrutticoltura". Cassa di Risparmio di Verona, Vicenza e Belluno. Verona, 307-324.
- Runia W. T., 1994. Elimination of root infecting pathogens in recirculating water from closed cultivation system by ultra violet radiation. *Acta Horticulturae*, 316: 361-372.
- Runia W.T., Van Os E., Bollen J. G., 1988. Disinfection of drainwater from soilless culture by heat treatment. *Neth. J. Agric. Sci.*, 36, 231-238.
- Sambo P., Innovazione in coltura protetta dal portainnesto all'agroenergia. *L'informatore agrario*. Edagricole Bologna. 2011 n°37 pp 54-56.
- Sanchi S., Odorizzi S., Lazzeri L., Marciano P., 2005. Effect of Brassica carinata seed meal treatment on the Trichoderma harzianum T39-Sclerotinia species interaction. *Acta Horticulturae* 698: 287-292.
- Sansavini S., 2003. I traguardi, le priorità e le prospettive della ricerca italiana in frutticoltura. *Italus Hortus*, 5, 8-28.
- Savini G., Mercadante L., Molari G., Magnani D., Capriolo G., 2004. Analisi dell'architettura della pianta di fragola durante la produzione e la propagazione. VII Giornate Scientifiche SOI, Napoli.
- Scalzo J., Capocasa F., Palandrini A., Battino M., Mezzetti B., 2003. Quality and nutritional value in strawberry breeding and variety evaluation.
- Scherz H. and Senser F., Wissenschaftliche Verlagsgesellschaft, Stuttgart, 1989 – *Food Composition and Nutrition Tables*. IV edizione.
- Serafini M., Bellocco R., Wolk A., Ekstrom A. M., 2002. Total antioxidant potential of fruit and vegetables and risk of gastric cancer, *Gastroenterology*, 123: 985–991.
- Shaw D.V., 1990. Response to selection and associated changes in genetic variance for soluble solids and titratable acids contents in strawberry. *J. Amer. Soc. Hort. Science* 115 (5): 839-843.
- Sherman W.B., Janick J., 1966. Greenhouse evaluation of fruit size and maturity in strawberry. *Proc. Am. Soc. Hort. Sci.* 89: 309-317.

- Sistrunk W.A., Moore J.N., 1971. Strawberry quality studies in relation to new variety development. *Arkansas Agr. Exp. Sta. Bull.* 761: 31.
- Smelt J.H. and M. Leistra, 1974. Soil fumigation with dichloropropene and metam sodium: Effects of soil cultivations on dose patterns. *Pesticide Science* 5: 419–428.
- Smelt J.H., S.J.H. Crum and W. Teunissen, 1989. Accelerated transformation of the fumigant methyl isothiocyanate in soil after repeated application of metam sodium. *Journal Environmental Science Health*, B24(5): 437–455.
- Spotti C., 2009. Lotta ai parassiti tellurici della fragola. Risultati e prospettive di un'esperienza collaudata su vasta scala. *Atti del VII Convegno Nazionale "La fragola presente e futuro"*, pp.: 337-343.
- Stanghellini M.E., Rasmussen S.L., 1994. Hydroponics. A solution for zoosporic plant pathogens. *Plant disease*, 78, 1129-1138.
- Stanghellini M.E., Rasmussen S.L., Kim D. H., Rorabaugh P.A., 1996. efficacy of nonionic surfactants in the control of zoospore spread of *Pythium aphanidermatum* in a recirculating hydroponic system. *Plant disease*, 80: 422- 428.
- Tacconi R. and F. Lamberti, 1987. I principali nematodi della fragola. *Informatore Fitopatologico* 37(6): 31–38.
- Tagliavini M., Scudellari D., Antonelli M., Faedi W., Lucchi P., Guillemine A., Magnani S., 2000. Dinamica delle asportazioni di nutrienti da parte della coltura della fragola. *Frutticoltura*, 12: 77-81.
- Tagliavini M., Lucchi P., Antonelli M., Sorrenti G., Scudellari D., Faedi W., 2001. Root uptake, storage and rebomilisation of nitrogen in strawberry plants. 3rd Meeting working group 4 of Cost Action 836 Intgrared Research in Berries. Conthey (CH), 15-17 febbraio.
- Tagliavini M., E. Baldi, P. Lucchi, M. Antonelli, G. Sorrenti, G. Baruzzi, W. Faedi, 2005. Dynamics of nutrients uptake by strawberry plants (*Fragaria* × *Ananassa* Dutch.) grown in soil and soilless culture *European Journal of Agronomy*, Volume 23, Issue 1, July 2005, pp.: 15-25.
- Tagliavini M., Andreotti c., Baruzzi G., 2009. Esigenze nutrizionali e tecniche sostenibili di concimazione della fragola. *Atti del VII Convegno nazionale "La fragola presente e futuro"*, pp: 199-205.
- Testoni A., Lovati F. (1998) – Considerazioni su alcuni aspetti qualitativi dei frutti di fragola. *Atti del convegno La fragola verso il 2000*, 263-277.

- Testoni A., Lovati F., 2004. La qualità delle fragole in rapporto alle aspettative dei consumatori e alle innovazioni di prodotto. *Frutticoltura*, n. 4, pp: 47-53.
- Thompson R.B., M.R. Granados, J.C. Gázquez, J.S. Rodríguez-López, M.D. Fernández, M. Gallardo, C. Martínez-Gaitan and C. Giménez, 2006. "Nitrate leaching losses from a recently developed intensive horticultural system in a previously disadvantaged region". In: J.J. Schroder and J.J. Neeteson, Editors, *N Management in Agroecosystems in Relation to the Water Framework Directive*, Proceedings of 14th N Workshop, Plant Research International, B.V. Wageningen, The Netherlands (2006), pp. 420–422.
- Tisselli V., Antoniaci L., Gengotti S , 2002. A practical case of crop protection strategies in Emilia Romagna (Italy). In: *Integrated and Ecological Crop Protection*. W. Sukkel and A. Garcia (Eds.) VEGINECO Report 4. Applied Plant Research. Lelystad.
- Tognoni F., Serra G., 1994. New technologies for protected cultivation to face environmental constraints and to meet consumer's requirements. *Acta Horticulturae*, 361: 31-38.
- Van Os E., Postma J., 2000. Prevention of root diseases in closed soilless growing systems by microbial optimisation and slow sand filtration. *Acta Horticulturae* 532, 97-102.
- Van Os E., Stanghellini C., 2001. Diffusion and environmental aspects of soilless growing systems. *Italus Hortus*, 8 (6): 9-15.
- Vankuik A. J., 1994. Eliminating *Phitophtora cinnamomi* in a ricirculated irrigation system by slow sand filtration. *Med. Fac. Landboww. Univ. Gent*, 59/3a, 1059-1063.
- Voća S., Dralija B., Družić J., Skendrović Babojelić M., Dobričević N., Čmelik Z., 2006. Influence of cultivation systems on physical and chemical composition of strawberry fruits cv. Elsanta. *Agriculturae Conspectus Scientificus* vol. 71 (4): 171-174.
- Voth V., 1989. The effect of nursery location latitude on california winter planted strawberries. *Acta horticultura*, 265: 2883-2884.
- Voth V., Bringhurst R.S., 1970 Influence of nursery harvest date, cold storage and planting date on performance of winter planted California strawberries. *Journal of American society of Horticultural Science*, 95.
- Voth V., Bringhurst R. S., 1990. Culture and physiological manipulation of California strawberries. *HortScience*, 25: 889-892.
- Wang H., cao G., Prior R.L., 1996. Total antioxidant capacity of fruits, *J. Agric. Food Chem.*, 44:701-705.

- Wang S.Y., Camp M.J., 2000. Temperatures after bloom affect plant growth and fruit quality of strawberry. *Scientia Horticulturae* 85: 183-199.
- Wang S.Y., Zheng W., 2001. Effect of plant growth temperature on antioxidant capacity in strawberry. *Journal Agric. Food Chem.* 49: 4977-4982.
- Wilhelm S. and E.C. Koch, 1956. Verticillium wilt controlled. *California Agriculture* 10, 3-14.
- Wilhelm S. and G.C. Pavlou, 1980. How soil fumigation benefits the California strawberry industry. *Plant Disease* 64: 264-270.
- Wohanka W., 1995. Disinfestation of recirculating nutrient solutions by slow sand filtration. *Acta horticulturae*, 382: 246-255.
- Yashiro K., Tomita K., Ezura H., 2002. Is it possible to breed strawberry cultivars which confer firmness and sweetness. *Acta Horticulturae n. 567 ISHS*: 223-226.
- Zinnen M., 1988. Assessment of plant diseases in hydroponic culture. *Plant disease*, 72: 96-99.